



**ХӨДӨЛМӨРИЙН ГАВЬЯАНЫ УЛААН ТУГИЙН ОДОНТ
ШИНЖЛЭХ УХААН, ТЕХНОЛОГИЙН ИХ СУРГУУЛЬ
ГЕОЛОГИ, УУЛ УУРХАЙН СУРГУУЛЬ**

**УУЛ УУРХАЙН ТЕХНОЛОГИ, ЭДИЙН ЗАСАГ, ЭКОЛОГИ
ГЕОДЕЗИ, МАРКШЕЙДЕР
53-Р ХУРАЛ**

ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ БҮТЭЭЛИЙН ЭМХЭТГЭЛ

№25(19)366

УЛААНБААТАР ХОТ 2025

ISSN 1560-8794

Бүтээлийн эмхэтгэл хянан магадалсан:

Редакцын зөвлөлийн дарга:

ГУУС-ийн уурхайн технологийн тэнхимийн зөвлөх, доктор (Ph.D), профессор С.Цэдэндорж

Редакцын зөвлөлийн гишүүд:

ГУУС-ийн Уурхайн технологийн тэнхимийн дэд профессор, доктор (Ph.D) Г.Уранбайгаль

ГУУС-ийн Чанарын менежер, доктор (Ph.D) С.Нандинцэцэг

ГУУС-ийн Эрдэс боловсруулалт инженерчлэлийн тэнхимийн дэд профессор, доктор /Ph.D/
Д.Энхбат

ГУУС-ийн Геодезийн тэнхимийн эрхлэгч, доктор /Ph.D/ Э.Ганзориг

ГУУС-ийн Уурхайн технологийн тэнхимийн багш, магистр (M.Sc) Х.Мөнхнасан

ГУУС-ийн Уурхайн технологийн тэнхимийн багш, магистр (M.Sc) А.Нямтулга

Эрдэнэт үйлдвэр ТӨҮГ, доктор /Ph.D/ Б.Батболд

Кью Эм Си ХХК, доктор /Ph.D/ Н.Даваасамбуу

Монголын маркшейдерийн холбоо, доктор /Ph.D/ Ц.Даваадорж

Аж үйлдвэр, эрдэс баялгийн яам Д.Дамба

Эмхэтгэсэн: Х.Мөнхнасан

Хуудасны хэмжээ: А4

Бодит хэвлэлийн хуудас: 23,8 х.х

Үсгийн гарнитур: Times New Roman

Тоо хэмжээ: Цахим

ГАРЧИГ

НЭГ. УУЛ УУРХАЙН АШИГЛАЛТЫН ТЕХНОЛОГИ

1. Алтны шороон ордыг далд аргаар ашиглах хэвтээ малталт нэвтрэх үеийн бэхэлгээний сонголт <i>Доктор(Ph.D), дэд профессор Б.Ганзориг</i>	6
2. Алтны шороон ордын хэвтээ малталтын нэвтрэлт, бэхэлгээний ажил ба зардал <i>Доктор(Ph.D), дэд профессор Б.Ганзориг</i>	15
3. Тэсрэх бодис, тэсэлгээний хэрэгслийн хор аюулын нөлөөлөл <i>Докторант Г.Амартүвшин</i>	22
4. Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хуурай хаягдлыг нэгтгэн хуримтлуулах байгууламжийн хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээ <i>Докторант Д.Ганзориг</i>	26
5. Нүүрсний баяжуулах үйлдвэрийн хаягдал хураагуурын хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээ <i>Докторант Д.Ганзориг</i>	32
6. Баржин-уулын алтны үндсэн ордыг далд аргаар ашиглах асуудалд <i>Доктор(Ph.D), Ж.Ижилмаа</i>	37

ХОЁР. УУЛ УУРХАЙН СТРАТЕГИ, НӨХӨН СЭРГЭЭЛТ

7. Бүс нутагт аж үйлдвэрийг хөгжүүлэх стратеги төлөвлөлт боловсруулах онол арга зүй <i>/говийн бүсийн жишээ-дорноговь аймаг/</i> <i>Докторант Б.Артагбат</i>	41
8. Бүсчилсэн хөгжлийн чиг баримтлалд түлхэц өгөх эрдсийн баялгийн нөөц, боломжуудыг үйлдвэржилтийн суурь үндэс болгох асуудалд <i>Докторант Д.Ганзориг</i>	50
9. Уурхайн орчин, нөхөн сэргээлтийн зардлын тооцооллын асуудалд <i>Доктор (Ph.D) Б.Улаанбаатар</i>	54
10. Уул уурхайн салбарын төр-сургууль-компанийн хөрөнгө оруулалтын асуудалд <i>Доктор (Ph.D) Б.Улаанбаатар</i>	58

ГУРАВ. УУЛ УУРХАЙН ҮЙЛДВЭРИЙН ГЕОТЕХНИК БА ЧУЛУУЛГИЙН СУДАЛГАА

11. Алтны ил уурхайн параметруудийг тодорхойлох геотехникийн судалгаа <i>Доктор (Ph.D) Б.Ганзориг</i>	63
12. Уул уурхайн геотехникийн туршилт, судалгааны лабораторийн хөгжлийн сорилт, боломж <i>Магистр Э.Орхон</i>	72

13.	Хайлуур жоншны ордын ил, далд уурхайн уулын цулын үнэлгээ	
	<i>Доктор (Ph.D) Б.Ганзориг</i>	76
14.	Алтны шороон ордын геотехникийн судалгаа	
	<i>Доктор (Ph.D) Б.Ганзориг</i>	81
15.	Ил уурхайн хажуугийн эвдрэл, нурал үүссэн бүсийн геотехникийн үнэлгээ ба тогтворжилтын шинжилгээ	
	<i>Доктор (Ph.D) Ц.Амарсайхан, Докторант А.Нямтулга, Магистр Д.Батбаяр</i>	91

ДӨРӨВ. ГЕОДЕЗИ, ГАЗАР ЗОХИОН БАЙГУУЛАЛТ

16.	Үйлдвэрийн технологийн тоног төхөөрөмж суурилуулах үеийн геодезийн хэмжилт	
	<i>Докторант Д.Түмэннаст, Доктор (Ph.D) Э.Ганзориг</i>	103

ТАВ. БУСАД

17.	Уул уурхайн инженерийн мэргэжлийн тасралтгүй хөгжлийн үнэлгээний судалгаа	
	<i>Доктор (Ph.D) Б.Улаанбаатар</i>	108
18.	Эрчим хүчний хэмнэлт, эрчим хүчний хэрэглээний өгөөжийг дээшлүүлэх процессын удирдлагын стратеги	
	<i>Докторант Ө.Соёлцэцэг, Доктор (Ph.D) Б.Эрдэнэцэцэг</i>	111
19.	Текст кластерлалт ашиглан гүүгл сколарын хайлтын үр дүнг сэдвээр ялгах нь	
	<i>Докторант Ч.Зэндмэнэ</i>	115

НЭГ. УУЛ УУРХАЙН АШИГЛАЛТЫН ТЕХНОЛОГИ

АЛТНЫ ШОРООН ОРДЫГ ДАЛД АРГААР АШИГЛАХ ХЭВТЭЭ МАЛТАЛТ НЭВТРЭХ ҮЕИЙН БЭХЭЛГЭЭНИЙ СОНГОЛТ

Батчулууны ГАНЗОРИГ¹

¹Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Геологи, уул уурхайн сургууль, Уурхайн технологийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: chelikesur79@must.edu.mn¹

Хураангуй: Төв аймгийн Заамар суманд байрлах “Ар наймган дунд хэсэг” алтны шороон ордын 108 дугаар геологийн хайгуулын шугамын хөндлөн зүсэлт, геотехникийн 9,10,11-р цооногийн дээжийн геотехникийн бичиглэл, тус цооногуудаас гарсан дээжүүдийн лабораторийн шинжилгээний үр дүн зэргийг ашиглан хүдрийн биетийн дундуур 38.9 м² хөндлөн огтлолын талбай бүхий эллипсоид хэлбэртэй хэвтээ малталт нэвтрэх үеийн бэхэлгээний сонголтыг гүйцэтгэв. Бэхэлгээний ажлыг 4 мм-ийн голчтой төмөр утсаар тор зангидаж, бетон зурмагаар бүрж, 30 см-ийн зузаан бүхий төмөр бетонон бэхэлгээгээр гүйцэтгэх боломжийг судлав. Хэвтээ малталт нэвтрэх үеийн бэхэлгээний геотехникийн шинжилгээнүүдийн үр дүнг төгсгөлөг элементийн аргаар Фэйс² (Phase²) хоёр хэмжээст геотехникийн программ хангамжийг ашиглан уулын даралт, чулуулгийн шинж чанарын үзүүлэлтүүдийг харгалзан үзэж тодорхойлов.

Түлхүүр үг: Уулын даралт, тогтворжилт, геотехникийн шинжилгээ, зардал

I. УДИРТГАЛ

Ар Наймганы дунд хэсгийн алтны шороон орд нь Төв аймгийн Заамар сумын Хайлааст багийн нутаг дэвсгэрт Заамарын нурууны төв хэсэг, Туул голын баруун цутгал болох Ар Наймганы хөндийн дунд хэсэгт оршдог [1].

“Ар наймганы дунд хэсэг” алтны шороон ордыг далд аргаар ашиглах боломжийг судлах зорилгоор геотехникийн судалгааны ажлыг гүйцэтгэж, хэвтээ малталтын хажууд үйлчлэх уулын даралтыг тэсвэрлэх боломжтой хэвтээ малталт нэвтрэх үеийн бэхэлгээний сонголтыг гарах зардалтай уялдуулан хийсэн.

Энэхүү судалгааны ажлыг гүйцэтгэхэд хүчин чармайлт гаргаж хамтарч ажилласан “Монгол Майнинг энд Эксплорэйшн” ХХК-ийн хамт олон, түүнчлэн геотехникийн өрөмдлөгийн ажлыг гүйцэтгэсэн “Стийл айрон” ХХК, лабораторийн шинжилгээнүүдийн үр дүнг гаргасан “Инженер Геодези” ХХК-ийн хамт олонд талархал илэрхийлж байна.

II. СУДАЛГААНЫ АРГА

Төгсгөлөг элементийн арга

(3 ба 4-р тэгшитгэл).

$$C_{trial} = \frac{c}{SRF} \quad (3)$$

$$\phi_{trial} = \tan^{-1} \left(\frac{c}{SRF} \right) \quad (4)$$

Эдгээр үзүүлэлтүүд нь шилжрэлтийн бат бөхийн хязгаарыг бууруулах ба хажуугийн тогтворжилтын итгэлцүүр (SRF)-тэй урвуу хамааралтай. хажуугийн тогтворжилтын итгэлцүүр (SRF)-г тоон системийн

Төгсгөлөг элементийн аргаар хажуугийн тогтворжилтын итгэлцүүрийг дараах тэгшитгэлээр тодорхойлно [8].

$$SRF = \frac{\tau}{\tau_f} \quad (1)$$

τ-Мор-Колумбын шалгуураар тооцдог бөгөөд ил уурхайн ажлын бус хажууд агуулагдаж буй чулуулгийн шилжрэлтийн бөхийн хязгаарыг 2-р тэгшитгэлээр тодорхойлно.

$$\tau = c + \sigma_n \tan \phi \quad (2)$$

Боломжит барьцалдалтын хүч (с) нь системтэйгээр буурах ба дотоод үрэлтийн өнцөг(φ) нь геотехникийн гол үзүүлэлтүүд бөгөөд ил уурхайн хажуугийн тогтворжилтыг хангах эсэхийг хажуугийн тогтворжилтын итгэлцүүрээр тодорхойлдог.

$$\tau_f = c_f + \sigma_n \tan \phi_f \quad (3)$$

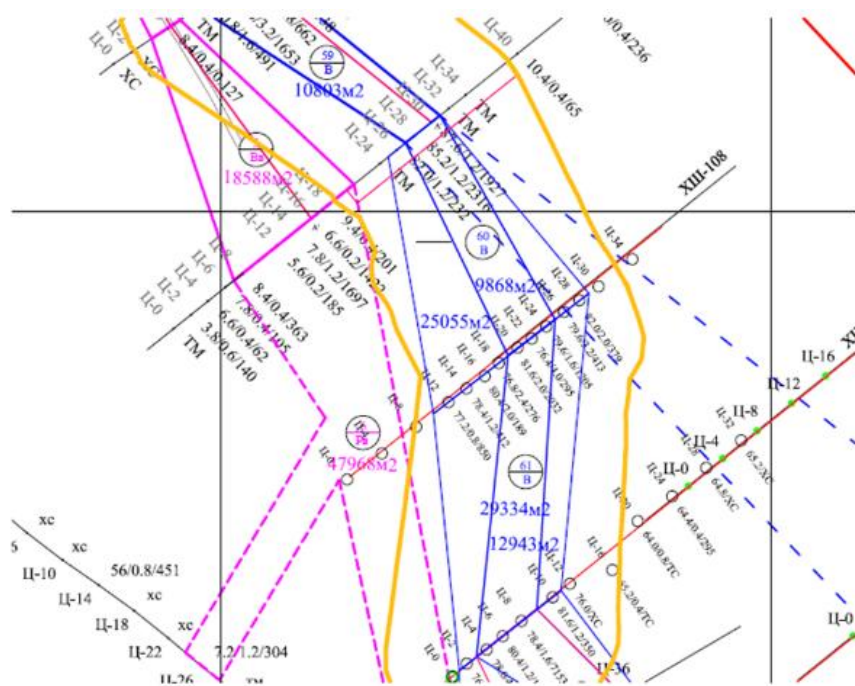
Барьцалдалтын хүчний алдааг C_{trial} болон дотоод үрэлтийн өнцгийн алдааг φ_{trial} үзүүлэлтээр тус тус тодорхойлдог шинжилгээгээр Фэйс² геотехникийн программ хангамжийг ашиглан тодорхойлдог.

III. ГЕОТЕХНИКИЙН ӨРӨМДЛӨГИЙН АЖИЛ

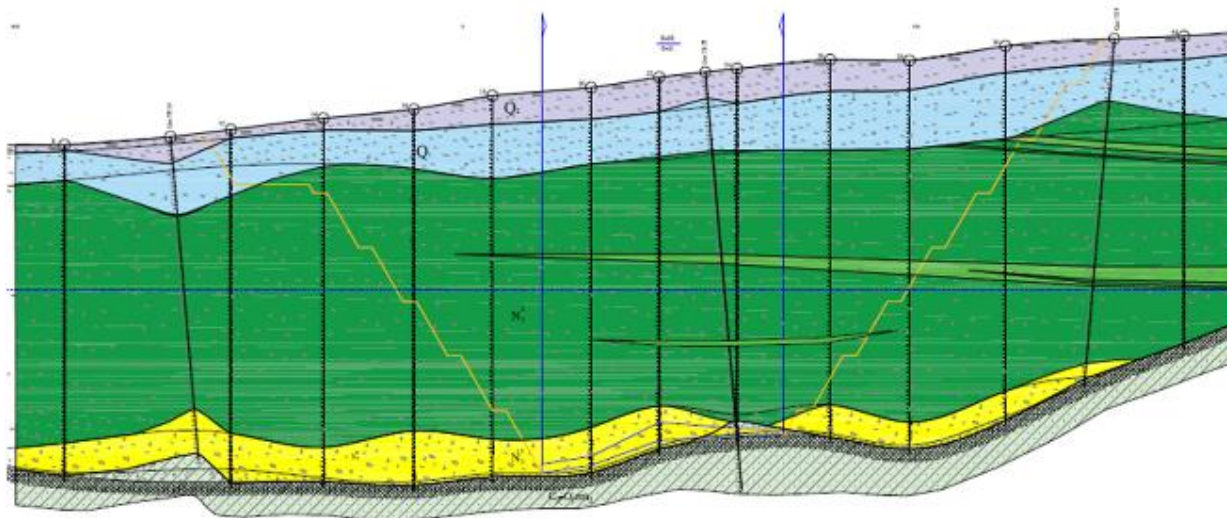
108 дугаар бүхий геологийн хайгуулын шугамыг төлөөлүүлэн өрөмдсөн геологийн хайгуулын цооног, уурхайн хүрээг үндэслэн, геотехникийн мэдээлэл авах цооногуудын байршлыг сонгосон бөгөөд нийт 3 цооногийн 241.8 тууш метр өрөмдлөгийн ажлыг хийж гүйцэтгэсэн [8].

“Стийл айрон” ХХК нь HQ буюу 63,5 мм, PQ буюу 85 мм диаметр бүхий геотехникийн дээж авахаар 85

градусын налуутайгаар геотехникийн өрөмдлөгийн ажлыг гүйцэтгэсэн.



1-р зураг. Хайгуулын дэвсгэр зураг дээрх XIII-108 геологийн хайгуулын шугамын хөндлөн зүсэлт [2]



2-р зураг. XIII-108 геологийн хайгуулын шугамын хөндлөн зүсэлт, чулуулгийн литологи, геотехникийн цооногуудын байршил [2]

III. ГЕОТЕХНИКИЙН ДЭЭЖИЙН БИЧИГЛЭЛ

Өрөмдлөгөөр гарсан дээжүүдийн зураг авалт, бичиглэл, дээжлэлтийг геотехникийн бичиглэлийн заавар, зөвлөгөөний дагуу хийж гүйцэтгэсэн.

GEO_TS009, GEO_TS010, GEO_TS011 дугаар бүхий геотехникийн өрөмдлөгийн цооногуудын хувьд хийгдсэн геотехникийн дээжийн бичиглэлийг 1-р хүснэгтэд үзүүлэв. Геотехникийн дээжлэлт хийснийг 3-р зурагт харуулав.

ГЕОТЕХНИКИЙН ДЭЭЖИЙН БИЧИГЛЭЛ

1-Р ХҮСНЭГТ

Чөмгөн дээжийн геотехникийн хуудас								Хуудас: 3 - 1	
Цооногийн дугаар: GEO TS - 009								Өдөр: 2020.02.01	
								Бичиглэл хийсэн:	Г.Батболд
Эхлэх интервал	Кернийн гарц		Ан цавын төрөл	Тоо/ширхэг	Чулуулгийн гадаргуугийн хэлбэр	Дүүргэгчийн хэлбэр	Дүүргэгч	Дүүргэгчийн зузаан /м/	Чулуулагт нөлөөлсөн байдал
8.60м	10 см дээш бүхэл дээж /м/	0.36м	1		2	-2			BNK
	Хатуулаг	R2	2						
Төгсөх интервал	Өгөршил	F/UW	3						
11.60м	Чулуулгийн төрөл	CLY/BG	Цементлэгдсэн ан цав						
	Ан цавын төрлийн тоо		Судал						
	RMR бодогдохгүй	☒	Хагарлын бүс	Gouge ☒		CFA		Discing - Stress indicator	
				Shear ☐				From	To
	Хөрс	☒		Broken ☐					
Geotechnical Comments: Бор саарал өнгийн жижиг, дунд харгатай шавар. LOSS-2.4м									



2-р зураг. Геотехникийн дээжлэлт

IV. АЛТНЫ ШОРООН ОРДЫГ ДАЛД АРГААР АШИГЛАХ ХЭВТЭЭ МАЛТАЛТ НЭВТРЭХ ҮЕИЙН БЭХЭЛГЭЭНИЙ СОНГОЛТ

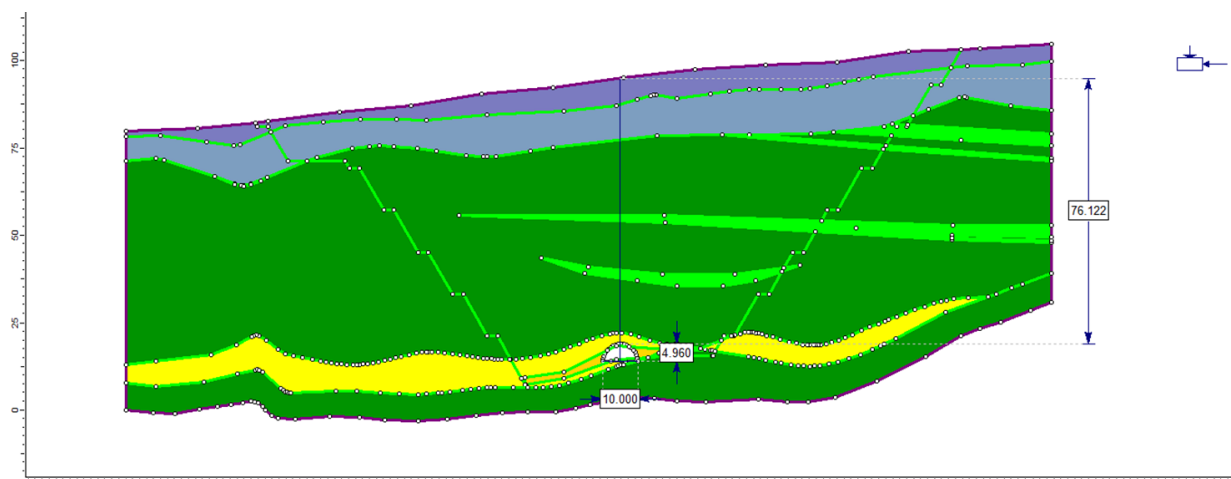
108-р геологийн хайгуулын шугамын хөндлөн зүсэлт, геотехникийн 9,10,11-р өрөмдлөгийн дээжийн геотехникийн бичиглэл, тус цооногуудаас гарсан дээжүүдийн лабораторийн шинжилгээний үр дүн зэргийг ашиглан хүдрийн биетийн дундуур 38.9 м² хөндлөн огтлолын талбай бүхий эллипсоид ба дугуй хэлбэртэй хэвтээ малталт нэвтрэх бэхэлгээний сонголтыг гүйцэтгэв. Бэхэлгээний ажлыг 4 мм-ийн голчтой төмөр утсаар тор зангидаж, бетон зурмагаар бүрж, 30 см-ийн зузаан бүхий төмөр бетонон бэхэлгээгээр гүйцэтгэх боломжтойг тогтоов.

Vlachopoulos ба Diederichs нарын арга, аргачлаар хэвтээ малталтын бүх талаас дарах уулын даралтыг тооцож, хэвтээ малталтын бүх талаас ирэх хэв гажилтыг тооцсон. 108-р геологийн хөндлөн зүсэлтэнд тулгуурлан төгсгөлөг элементийн аргаар Фэйс (Phase2) хажуугийн тогтворжилтын програм хангамжийг ашиглан уулын даралт, чулуулгийн шинж чанарын үзүүлэлт зэргийг харгалзан үзэж, хэвтээ малталтын хажуугийн хоёр хэмжээст тогтворжилтын шинжилгээг гүйцэтгэсэн. Шинжилгээний үр дүнд 4 мм-ийн голчтой төмөр утсаар тор зангидаж, бетонон зурмагаар бүрж, 30 см-ийн зузаан бүхий төмөр бетонон бэхэлгээ нь 38.9 м² бүхий хөндлөн огтлолын талбайтай хэвтээ малталтын тогтворжилтыг хангах боломжтойг тогтоов.

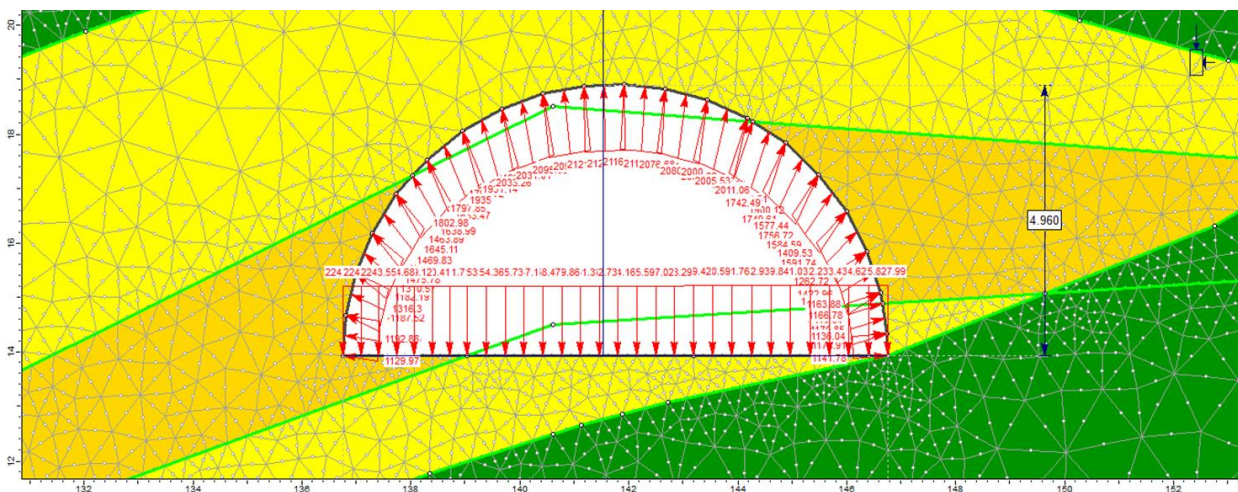
АГУУЛАГЧ ЧУЛУУЛАГ, УЛ ЧУЛУУЛГИЙН ШИНЖ ЧАНАРЫН ҮЗҮҮЛЭЛТ

2-р ХҮСНЭГТ

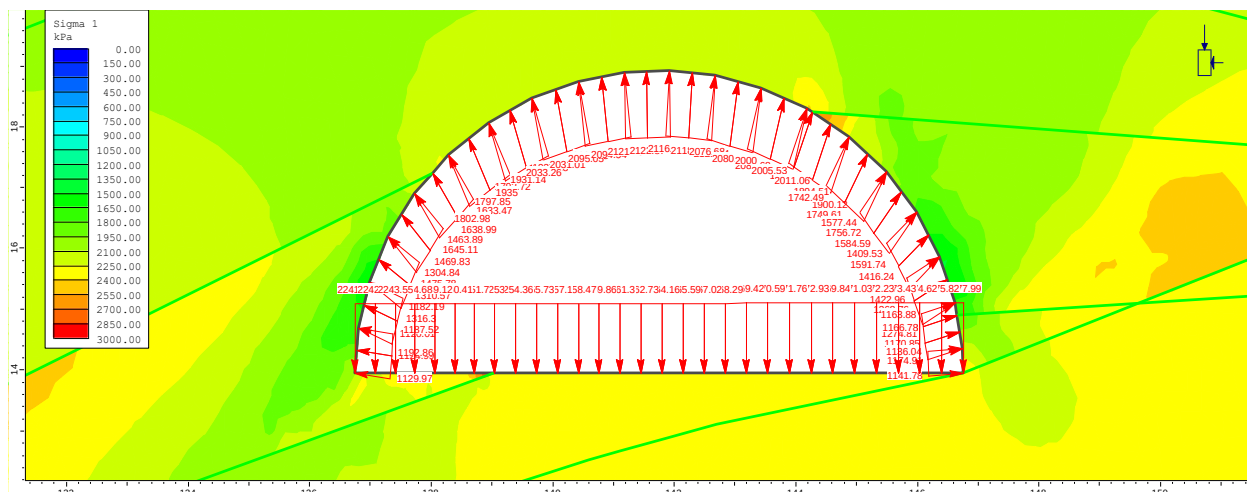
Material Name	Color	Initial Element Loading	Unit Weight (kN/m3)	Elastic Type	Young's Modulus (kPa)	Poisson's Ratio	Failure Criterion	Material Type	Tensile Strength (kPa)	Tensile Strength (residual) (kPa)	Dilation Angle (deg)	Friction Angle (peak) (deg)	Friction Angle (residual) (deg)	Cohesion (peak) (kPa)	Cohesion (residual) (kPa)	Intact Compressive Strength (kPa)	mb (peak)	mb (residual)	c (peak)	s (residual)	a (peak)	a (residual)	Dilation Parameter	Piezo Line	Ru
Q2-GeoT5009		Field Stress and Body Force	27	Isotropic	10000	0.3	Mohr Coulomb	Plastic	0	0	0	22	22	48	48								None	0	
Q1-GeoT5009		Field Stress and Body Force	28	Isotropic	20000	0.3	Mohr Coulomb	Plastic	0	0	0	29	29	63	63								None	0	
Hemidest ulsan shaver1-GeoT5009		Field Stress and Body Force	28	Isotropic	70000	0.3	Mohr Coulomb	Plastic	0	0	0	24	24	50.2	50.2								None	0	
Ulsan shaver1-GeoT5009		Field Stress and Body Force	28	Isotropic	2000	0.3	Mohr Coulomb	Plastic	0	0	0	23	23	75.3	75.3								None	0	
Ulsan shaver2-GeoT5009		Field Stress and Body Force	28	Isotropic	3000	0.3	Mohr Coulomb	Plastic	0	0	0	24	24	68.3	68.3								None	0	
Hemidest ulsan shaver2-GeoT5009		Field Stress and Body Force	28	Isotropic	80000	0.3	Mohr Coulomb	Plastic	0	0	0	21	21	83	83								None	0	
Ulsan shaver3-GeoT5009		Field Stress and Body Force	28	Isotropic	14000	0.3	Mohr Coulomb	Plastic	0	0	0	24	24	143	143								None	0	
Hemidest ulsan shaver3-GeoT5009		Field Stress and Body Force	28	Isotropic	90000	0.3	Mohr Coulomb	Plastic	0	0	0	26.2	26.2	53.2	53.2								None	0	
Shaverlag hurda-GeoT5009		Field Stress and Body Force	28	Isotropic	100000	0.3	Mohr Coulomb	Plastic	0	0	0	24	24	57.1	57.1								None	0	
Bedrock		Field Stress and Body Force	26.2	Isotropic	2e+007	0.3	Mohr Coulomb	Plastic	0	0	6.4	36.4	36.4	420	420								None	0	
Q2-GeoT5010		Field Stress and Body Force	27.4	Isotropic	10000	0.3	Mohr Coulomb	Plastic	0	0	4.5	34.5	34.5	43.4	43.4								None	0	
Q1-GeoT5010		Field Stress and Body Force	28	Isotropic	20000	0.3	Mohr Coulomb	Plastic	0	0	0	29	29	63	63								None	0	
Ulsan shaver-GeoT5010		Field Stress and Body Force	28	Isotropic	3000	0.3	Mohr Coulomb	Plastic	0	0	0	24	24	56	56								None	0	
Hemidest ulsan shaver-GeoT5010		Field Stress and Body Force	28	Isotropic	70000	0.3	Mohr Coulomb	Plastic	0	0	0	27	27	51	51								None	0	
Shaverlag hurda-GeoT5010		Field Stress and Body Force	28	Isotropic	100000	0.3	Mohr Coulomb	Plastic	0	0	3	33	33	37	37								None	0	
Altai eis		Field Stress and Body Force	27	Isotropic	6.14372e+06	0.42	Generalized Hoek-Brown	Plastic								300	1.67677	1.67677	0.003866	0.003866	0.303734	0.303734	0	None	0
Hemidest ulsan shaver-GeoT5011		Field Stress and Body Force	28	Isotropic	75000	0.3	Mohr Coulomb	Plastic	0	0	0	23	23	80	80								None	0	
Ulsan shaver1-GeoT5011		Field Stress and Body Force	28	Isotropic	80000	0.3	Mohr Coulomb	Plastic	0	0	3	33	33	101	101								None	0	
Ulsan shaver2-GeoT5011		Field Stress and Body Force	28.1	Isotropic	90000	0.3	Mohr Coulomb	Plastic	0	0	0	22.5	22.5	93.5	93.5								None	0	



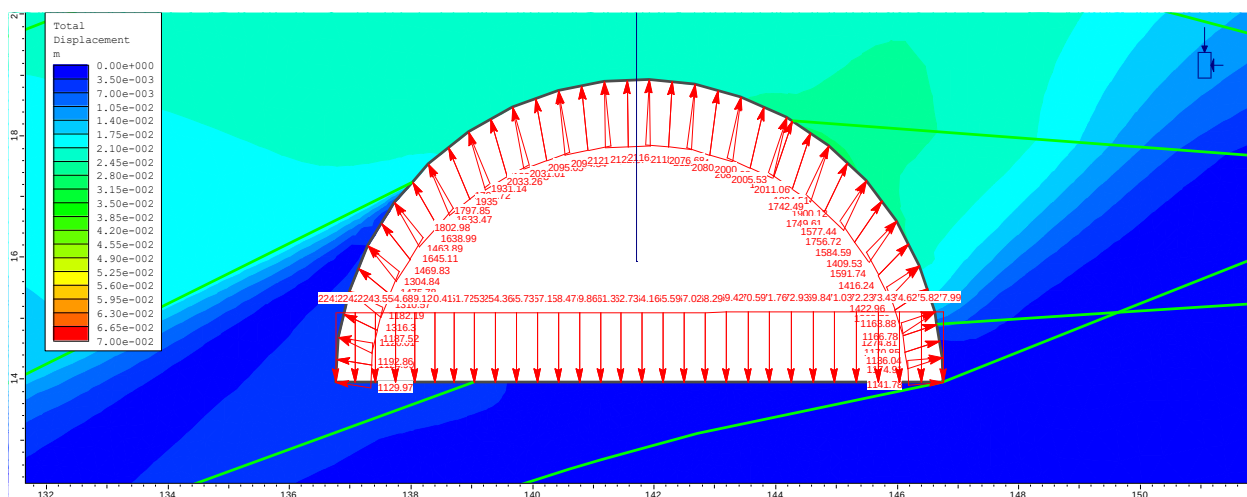
3-р зураг. Хэвтээ малталтын геометр модел



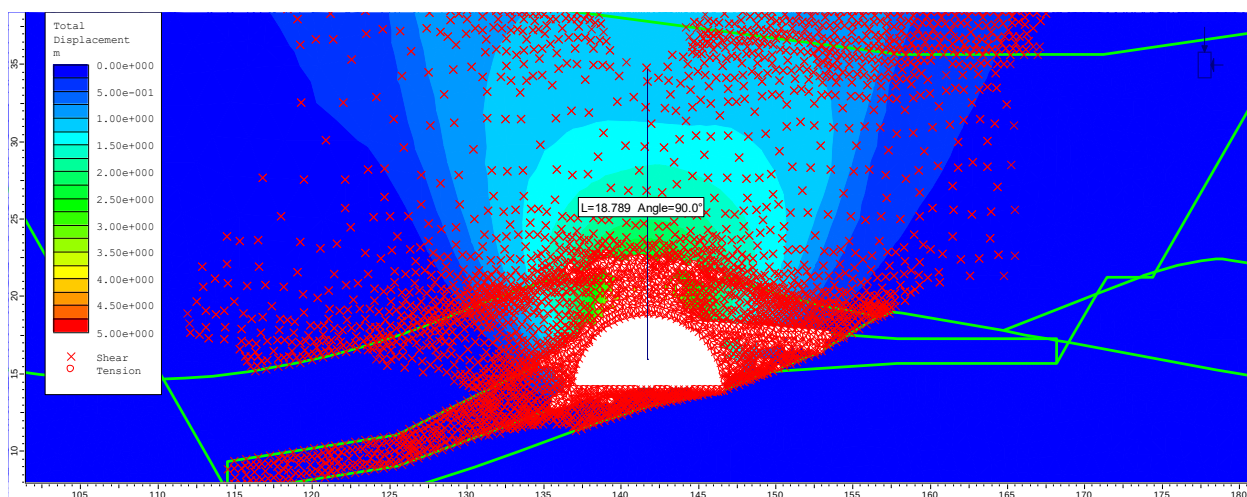
4-р зураг. Хэвтээ малталтын бүх хажууд үүссэн уулын даралт



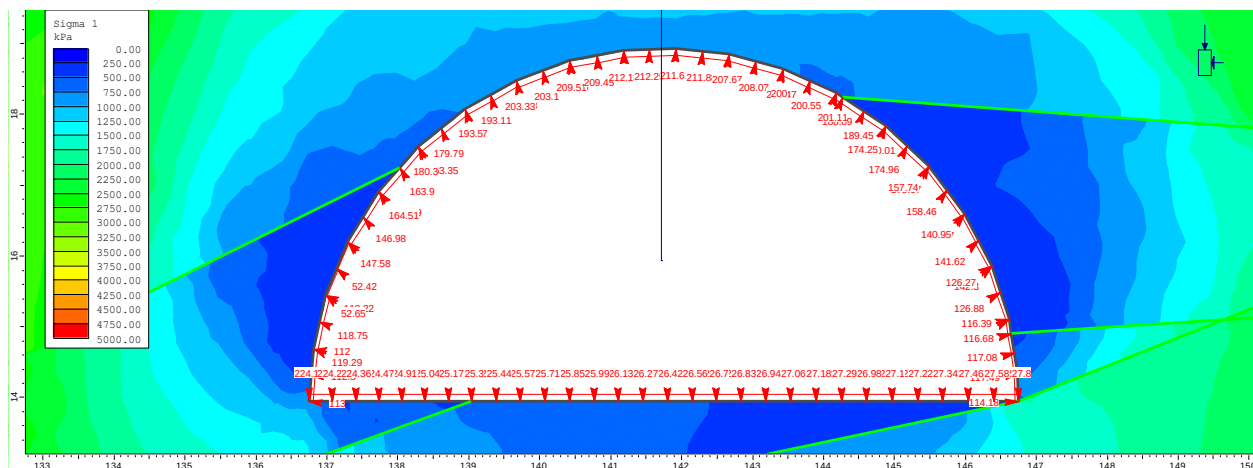
5-р зураг. Хэвтээ малталтын бүх хэсгүүд үүссэн хэв гажилт



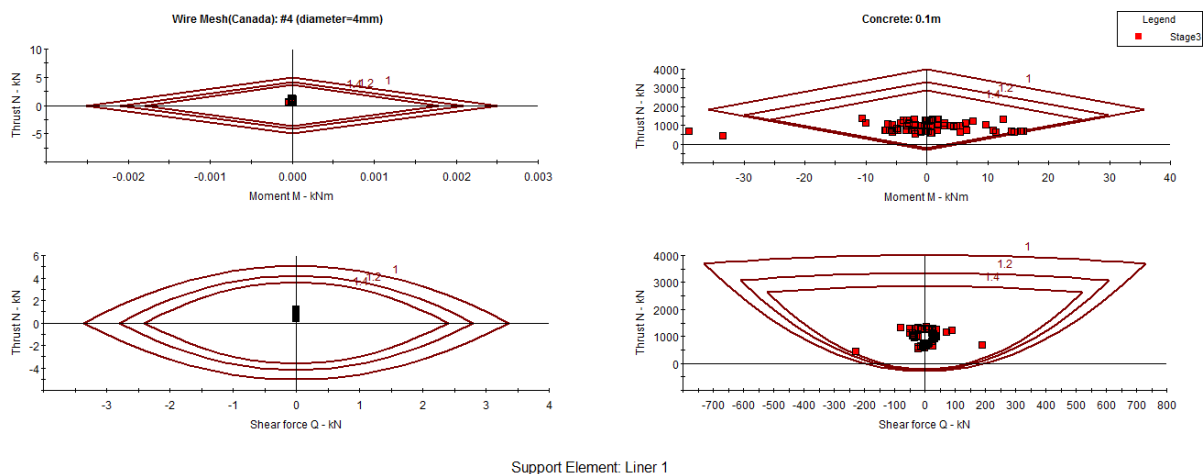
6-р зураг. Хэвтээ малталтын бүх хэсгүүд үүссэн шилжилт хөдөлгөөн



7-р зураг. Хэвтээ малталтын төвөөс хамгийн хол зайд үйлчилсэн уулын даралт

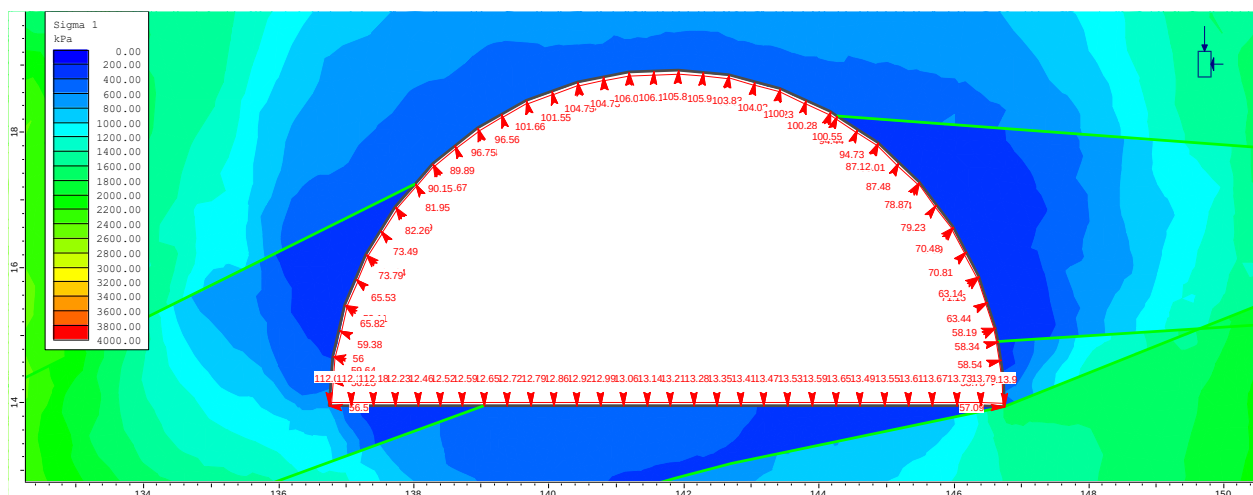


8-р зураг. Хэвтээ малталтын тогтворжилтыг хангах үүднээс 4 мм-ийн голчтой арматур зангидсан 0.1 м-ийн зузаантай төмөр бетон бэхэлгээ хийхэд буурсан уулын даралт

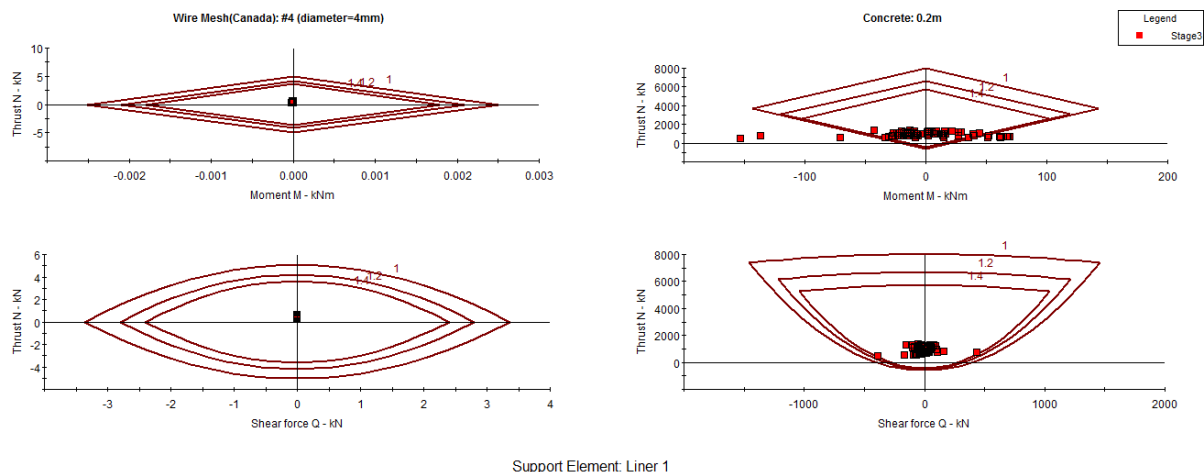


Support Element: Liner 1

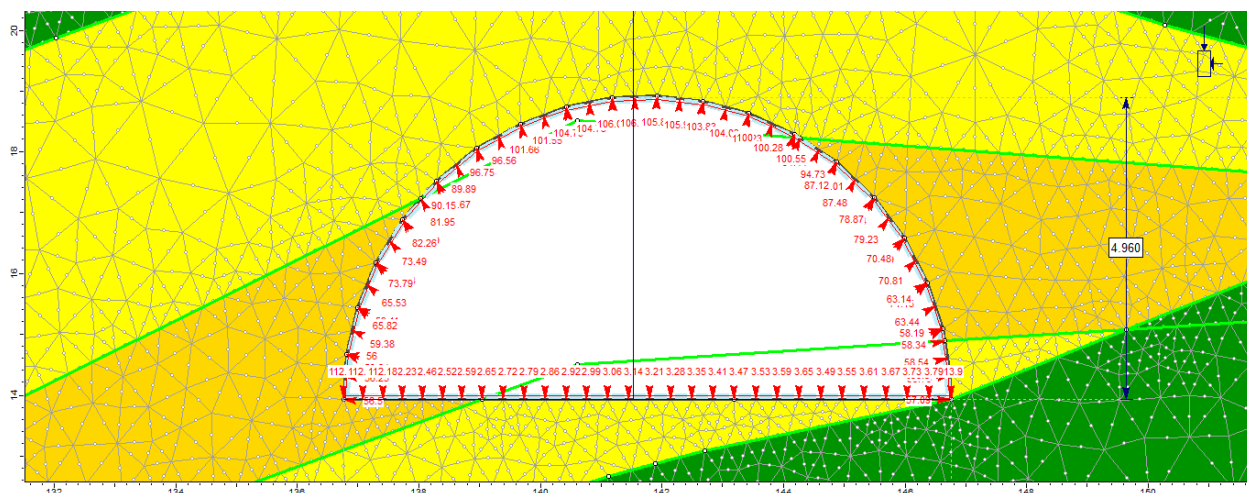
9-р зураг. 4 мм-ийн голчтой арматур зангидсан 0.1 м-ийн зузаан бүхий төмөр бетон бэхэлгээ хийсний дараах хэвтээ малталтын геотехникийн шинжилгээний үр дүн



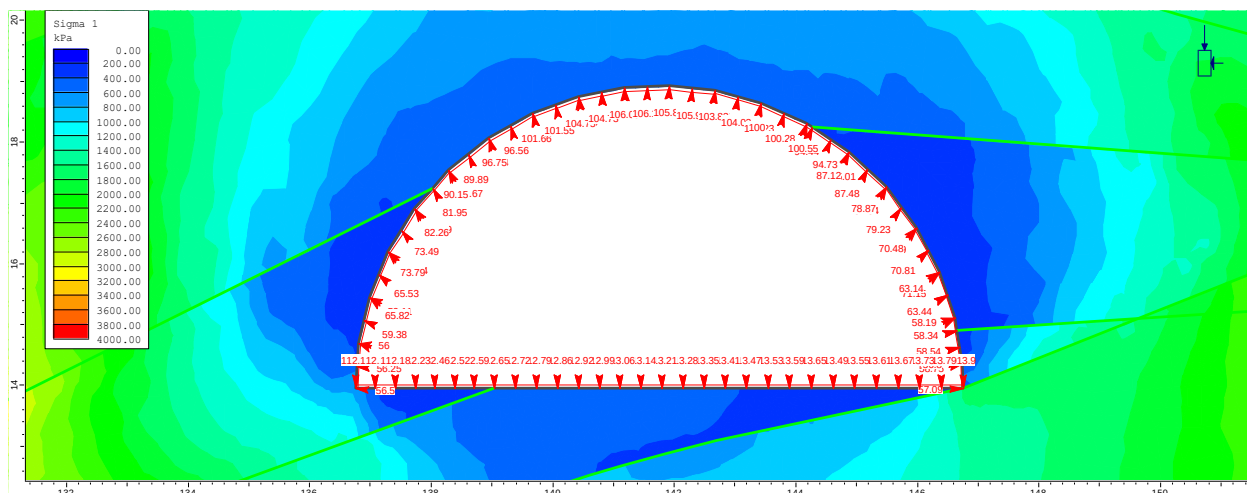
10-р зураг. Хэвтээ малталтын тогтворжилтыг хангах үүднээс 4 мм-ийн голчтой арматур зангидсан 0.2 м-ийн зузаантай төмөр бетон бэхэлгээ хийхэд буурсан уулын даралт



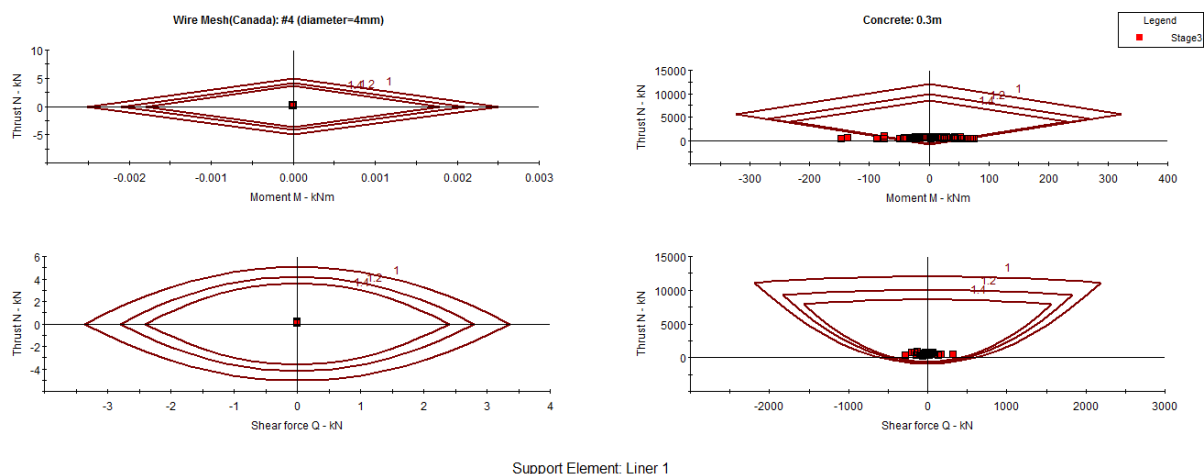
11-р зураг. 4 мм-ийн голчтой арматур зангидсан 0.2 м-ийн зузаан бүхий төмөр бетон бэхлэгээ хийсний дараах хэвтээ малталтын геотехникийн шинжилгээний үр дүн



12-р зураг. Хэвтээ малталтын тогтворжилтыг хангах үүднээс 4 мм-ийн голчтой арматур зангидсан 0.3 м-ийн зузаантай төмөр бетон бэхлэгээ хийхэд буурсан уулын даралт



13-р зураг. 4 мм-ийн голчтой арматур зангидсан 0.3 м-ийн зузаан бүхий төмөр бетон бэхлэгээ хийсний дараах хэвтээ малталтын хажууд үүссэн уулын даралт



14-р зураг. 4 мм-ийн голчтой арматур зангидсан 0.3 м-ийн зузаан бүхий төмөр бетон бэхлэгээ хийсний дараах хэвтээ малталтын геотехникийн шинжилгээний үр дүн

Бэхэлгээний зардал

1 МЕТР БЭХЭЛГЭЭНИЙ ЗАРДАЛ

2-Р ХҮСНЭГТ

Үзүүлэлт	Нэгж	Тоо хэмжээ
Хөндлөн огтлолын талбай	м ²	38.9
Периметр	м	25.6
Зурмагийн зузаан	м	0.3
Зурмагийн эзэлхүүн	м ³	8.19
Арматурын дундаж зарцуулалт	кг/м	1300
Бетон зарцуулалт	м ³ /м	4.5
1 тонн арматур үнэ	төг	1,620,000.0
1 м ³ БМ-400 маркийн зуурмагийн үнэ	төг	189,000.0
Арматурын зардал	Төг/м	2,106,000.0
Зурмагийн зардал	Төг/м	2,205,630.0
Бетон бэхлэгээ тавигчийн бүтээл	м ³ /цаг	10.0
Тоног төхөөрөмжийн цагийн түрээсийн зардал	Төг/цаг	23,667.0
Тоног төхөөрөмжийн түрээсийн зардал	Төг/м	60,587.52
Бусад		218,610.9
Бүгд	Төг/м	4,590,828.42
Бүгд	\$/м	1648.4

Тайлбар: Бэхэлгээнд зориулах материалын болон түрээсийн зардлуудыг 2020 оны байдлаар тооцсон болно.

Судалгаагаар нэг метр бэхэлгээний зардлыг тооцоолж, нэг километрийн урттай хэвтээ малталтыг алттай элсний давхарга дундуур нэвтрэх үеийн сонгосон бэхлэгээгээр бэхлэх зардал 4,590,828,420 төгрөг гарсан бөгөөд уурхайн жилийн хүчин чадлаас хамаарч, жилд 200 метр блокоор ахихад 5 жилийн хугацаанд үлдсэн блокийг ашиглах боломжтой.

ДҮГНЭЛТ

- Хэвтээ малталтын хоёр хэмжээст геотехникийн шинжилгээнүүдийн үр дүнг уулын даралт, чулуулгийн шинж чанарын үзүүлэлтүүдийг харгалзан үзэж тодорхойлов.
- Хүдрийн биетийн дундуур 38.9 м² хөндлөн огтлолын талбай бүхий эллипсоид ба дугуй хэлбэртэй хэвтээ малталт нэвтрэхэд хэвтээ малталын уланд 2241.29-2277.99 кПа-ийн уулын даралт, тааз, хоёр хажуу талаас 1120.01-2122.87 кПа-ийн уулын даралт үйлчлэхийг тогтоосон бөгөөд тогтоогдсон уулын даралтыг тэсвэрлэхэд 4 мм-ийн голчтой арматураар 0.6 м-ийн зайтай тор зангидаж бэхэлгээний боолтоор тогтоож, бетонон зурмагаар бүрж, 30 см-ийн зузаан бүхий төмөр бетонон бэхэлгээ хийх боломжтой болохыг тодорхойлов.
- 1000 метрийн хэвтээ малталт нэвтрэх үеийн сонгосон бэхэлгээний зардал 4,590,828,420 төгрөг болохыг тооцож гаргав.
- Судалгаагаар сонгосон эллипсоид ба дугуй хэлбэртэй хэвтээ малталтын бэхэлгээ нь хэвтээ малталанд үйлчлэх уулын даралтыг 5 жилийн хугацаагаар тэсвэрлэх боломжтойг тогтоов.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] Төв аймгийн Заамар сумын нутагт орших Ар Наймганы алтны шороон ордын дунд хэсэгт /хш 94-106/ 2017-2018 онуудад гүйцэтгэсэн нэмэлт нарийвчилсан хайгуулын ажлын үр дүнгийн тайлан, 2018 он.
- [2] Ар Наймганы дунд хэсэг алтны шороон ордын ил уурхайн параметруудийг тодорхойлох геотехникийн судалгааны ажлын тайлан, 2020 он.
- [3] Л.Пүрэв, Х.Жаргалсайхан, Д.Пүрэвсүрэн Далд уурхайн малталт нэвтрэлт, бэхэлгээ: Курсын төсөл зохиох гарын авлага, УБ хот, 2001 он.
- [4] Stefan Gueorguiev, Thomas L. Dyer, Michael Lindholm, ба бусад 2014 он. Amended Ni 43-101 Technical Report Feasibility Study Of The Santa Rosa Gold Project, Red Eagle Mining Corporation.
- [5] Abramson. L.W., Thomas. S. L and Sharma. S., Slope Stability and Stabilization Methods, John Wiley & Sons. Inc, 2002
- [6] Ganzorig.B, The investigation of stability problems of dump site in Baganuur lignite mine in Mongolia, Ph.D thesis, 2014
- [7] Duncan J.M., 1996, State of the art: Limit equilibrium and finite element analysis of slopes, Journal of Geotechnical engineering, 122 (7), 577-596.
- [8] Rocscience, Phase2 v. 8.0 Tutorials.
https://www.rocsience.com/help/phase2/webhelp/tutorials/Phase2_Tutorials.htm

АЛТНЫ ШОРООН ОРДЫН ХЭВТЭЭ МАЛТАЛТЫН НЭВТРЭЛТ, БЭХЭЛГЭЭНИЙ АЖИЛ БА ЗАРДАЛ

Батчулууны ГАНЗОРИГ¹

¹Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Геологи, уул уурхайн сургууль, Уурхайн технологийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: chelikesur79@must.edu.mn¹

Хураангуй: Ар Наймганы дунд хэсгийн алтны шороон ордын хүдрийн биетийн дундуур 42.7 м² хөндлөн огтлолын талбай бүхий хэвтээ малталт нэвтрэх үеийн нэвтрэлт, бэхэлгээний ажил ба зардлын тооцооллыг гүйцэтгэв. 95-р геологийн хайгуулын шугамын хөндлөн зүсэлтийн хувьд төгсгөлөг элементийн аргаар Фэйс² (Phase²) хоёр хэмжээст геотехникийн программ хангамжийг ашиглан гүний ус, уулын даралт, чулуулгийн шинж чанарын үзүүлэлтүүдийг харгалзан хэвтээ малталт нэвтрэх үеийн бэхэлгээний геотехникийн шинжилгээнүүдийн үр дүнгээр хэвтээ малталтын хажуугийн тогтворжилт хангагдах эсэхийг тогтоов.

Түлхүүр үг: гүний ус, уулын даралт, хажуугийн тогтворжилт, зардал

I. УДИРТГАЛ

Ар Наймганы дунд хэсгийн алтны шороон орд нь Төв аймгийн Заамар сумын Хайлааст багийн нутаг дэвсгэрт Заамарын нурууны төв хэсэг, Туул голын баруун цутгал болох Ар Наймганы хөндийн дунд хэсэгт оршдог [1].

Ар Наймганы дунд хэсгийн алтны шороон ордыг далд аргаар ашиглах зорилгоор хүдрийн биетийн дундуур хөндлөн огтлолын талбай бүхий хэвтээ малталт нэвтрэх үеийн нэвтрэлт, бэхэлгээний ажил ба зардлын тооцооллыг гүйцэтгэж, бэхэлгээний геотехникийн шинжилгээнүүдийн үр дүнгээр хэвтээ малталтын хажуугийн тогтворжилт хангагдах эсэхийг тодорхойлов.

Хүдрийн биетийн дундуур 42.7 м² хөндлөн огтлолын талбай бүхий малталт, нэвтрэлтийн ажлыг тасралттай ажиллагаатай далд уурхайн комбайнаар гүйцэтгэж, тээвэрлэлтийн ажилд далд уурхайн дизель хөдөлгүүртэй автосамосвал ашиглана. Бэхэлгээний ажлыг 4 мм-ийн голчтой арматураар 0.8 м-ийн зайтай тор зангидаж, бетонон зурмагаар бүрж, 0.3 м-ийн зузаан бүхий төмөр бетон бэхэлгээгээр гүйцэтгэнэ.

Энэхүү судалгааны ажлыг гүйцэтгэхэд дэмжлэг үзүүлэн хамтран ажилласан “Монгол Майнинг энд Эксплорэйшн” ХХК-ийн хамт олонд талархал илэрхийлж байна.

II. СУДАЛГААНЫ АРГА

Төгсгөлөг элементийн арга

Төгсгөлөг элементийн арга нь уул уурхай болон барилгын салбарт хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээ хийхэд өргөн ашиглагддаг үр дүнтэй арга юм. Төгсгөлөг элементийн аргаар хажуугийн тогтворжилтын итгэлцүүрийг дараах тэгшитгэлээр тодорхойлно [8].

$$SRF = \frac{\tau}{\tau_f} \quad (1)$$

τ -Мор-Колумбын шалгуураар тооцдог бөгөөд ил уурхайн ажлын бус хажууд агуулагдаж буй чулуулгийн шилжрэлтийн бөхийн хязгаарыг 2-р тэгшитгэлээр тодорхойлно.

$$\tau = c + \sigma_n \tan \phi \quad (2)$$

Боломжит барьцалдалтын хүч (c) нь системтэйгээр буурах ба дотоод үрэлтийн өнцөг(ϕ) нь геотехникийн гол үзүүлэлтүүд бөгөөд ил уурхайн хажуугийн тогтворжилтыг хангах эсэхийг хажуугийн тогтворжилтын итгэлцүүрээр тодорхойлдог.

$$\tau_f = c_f + \sigma_n \tan \phi_f \quad (3)$$

Барьцалдалтын хүчний алдааг C_{trial} болон дотоод үрэлтийн өнцгийн алдааг ϕ_{trial} үзүүлэлтээр тус тус тодорхойлдог (3 ба 4-р тэгшитгэл).

$$C_{trial} = \frac{c}{SRF} \quad (3)$$

$$\phi_{trial} = \tan^{-1} \left(\frac{c}{SRF} \right) \quad (4)$$

Эдгээр үзүүлэлтүүд нь шилжрэлтийн бат бөхийн хязгаарыг бууруулах ба хажуугийн тогтворжилтын итгэлцүүр (SRF)-тэй урвуу хамааралтай. хажуугийн тогтворжилтын итгэлцүүр (SRF)-г тоон системийн шинжилгээгээр Фэйс² геотехникийн программ хангамжийг ашиглан тодорхойлдог.

III. ХЭВТЭЭ МАЛТАЛТЫН НЭВТРЭЛТИЙН АЖИЛ БА ЗАРДАЛ

42.7 м² хөндлөн огтлолын талбай бүхий малталт, нэвтрэлтийн ажлыг тасралттай ажиллагаатай ИТС 120-F6 төрлийн далд уурхайн комбайнаар гүйцэтгэж, тээвэрлэлтийн ажилд DT-

3504 төрлийн дизель хөдөлгүүртэй далд уурхайн автосамосвалыг ашиглана [6].

Малталт, нэвтрэлтийн зардлыг тооцоолсоныг 1 ба 2-р хүснэгтэд харуулав.

ХӨРӨНГӨ ОРУУЛАЛТЫН ЗАРДАЛ

1-Р ХҮСНЭГТ

д/д	Үзүүлэлт	Төрөл	Нэгж үнэ, мян.\$	Тоо ширхэг	Нийт үнэ, мян.\$
1	Далд уурхайн комбайн	ITC 120-F6	5000	1	5000
2	Автосамосвал	DT-3504	70	2	140
3	Тээврийн зардал				1028
4	±15%				925.2
5	Бүгд				7093.2
6	Бүгд, мян.төг				25386.6

МАЛТАЛТ, НЭВТРЭЛТИЙН ӨРТӨГ БА ЗАРДАЛ

2-Р ХҮСНЭГТ

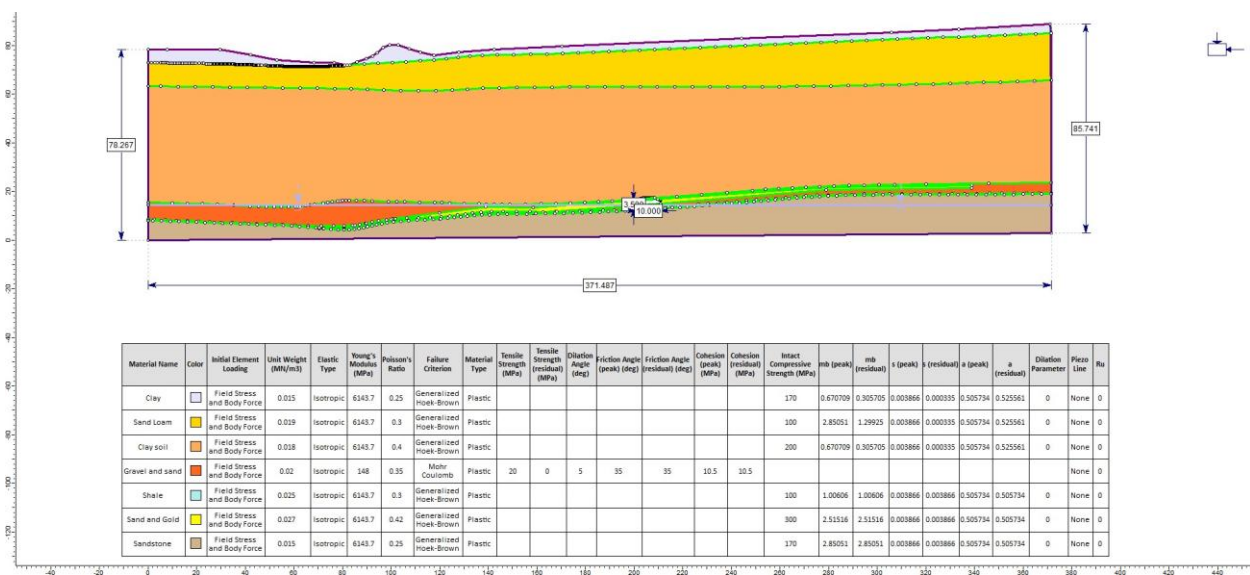
Үзүүлэлт	Хэмжих нэгж	Тоон үзүүлэлт
Малталтын эзэлхүүн	м ³	42700
Хөндлөн огтлолын талбай	м ²	42.7
Урт	м	1000
Далд уурхайн комбайн		
Бүтээл	м ³ /мин	2
Конвейерийн бүтээл	м ³ /цаг	150
Түлшний зарцуулалт	л	18.3
Түлшний зардал	\$	15.2
Материалын зардал	\$	3.0
Бусад	\$	0.9
Бүгд	\$	19.1
Автосамосвал		
Тэвшний багтаамж	м ³	17.4
Түлшний зарцуулалт	л	11.1
Түлшний зардал	\$	9.2
Материалын зардал	\$	1.8
Бусад	\$	0.6
Бүгд	\$	11.6
Малталт, нэвтрэлтийн өртөг	\$/м	0.7
Малталт, нэвтрэлтийн зардал	\$	166117.8
±15%		
Эцсийн малталт, нэвтрэлтийн зардал	\$	191035.4
Эцсийн малталт, нэвтрэлтийн зардал	төг	683715696.6

IV. ХЭВТЭЭ МАЛТАЛТЫН БЭХЭЛГЭЭНИЙ АЖИЛ БА ЗАРДАЛ

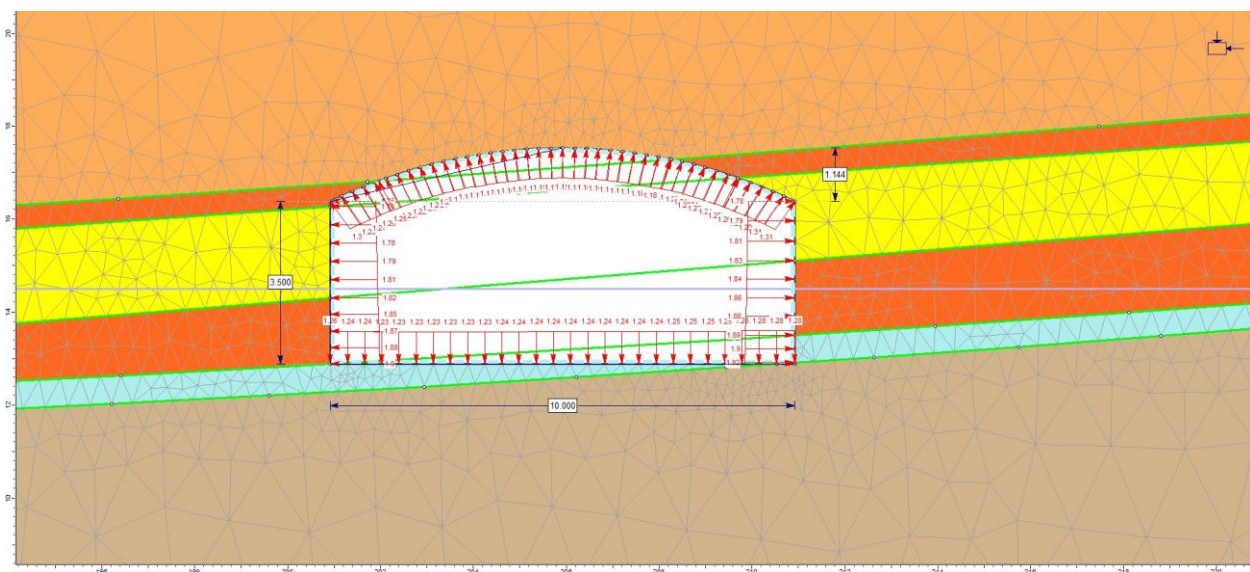
95-р геологийн хайгуулын шугамын хөндлөн зүсэлтийг төлөөлүүлэн төгсгөлөг элементийн аргаар Фэйс² (Phase²) геотехникийн программ хангамжийг ашиглан гүний ус, уулын даралт, чулуулгийн шинж чанарын үзүүлэлт зэргийг

харгалзан хэвтээ малталтын хоёр хэмжээст хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээний үр дүнд тулгуурлан 4 мм-ийн голчтой арматураар 0.8 м-ийн зайтай тор зангидаж, бетонон зурмагаар бүрж, 0.3 м-ийн зузаан бүхий төмөр бетонон бэхэлгээгээр 42.7 м² бүхий хөндлөн огтлолын талбайтай хэвтээ малталтын хажуугийн тогтворжилтыг хангагдах боломжтой

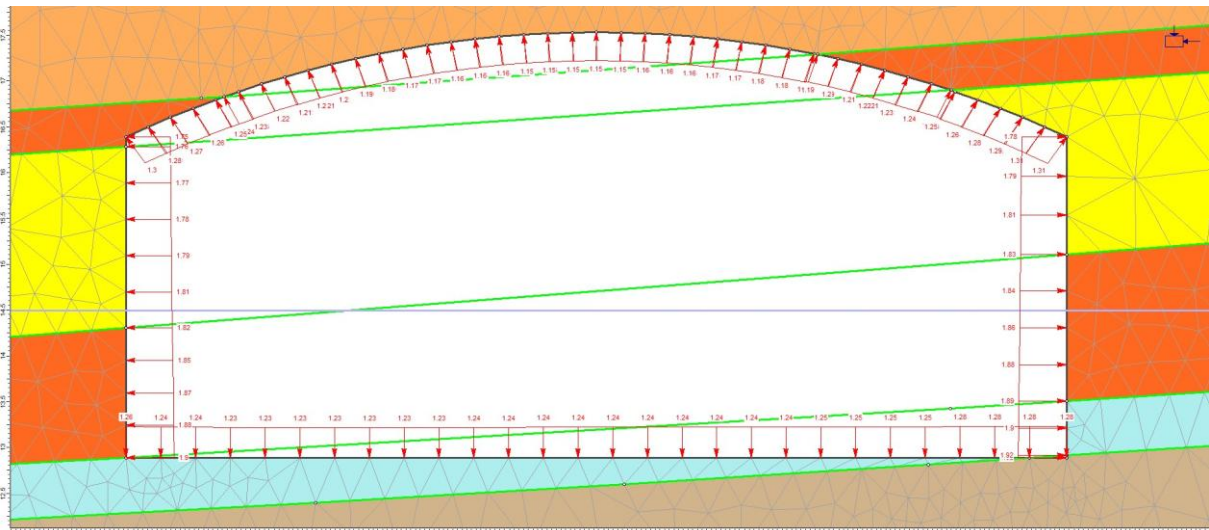
эсэхийг тогтоов. Бэхэлгээний ажлын зардлыг 3-р хүснэгтэд үзүүлэв.



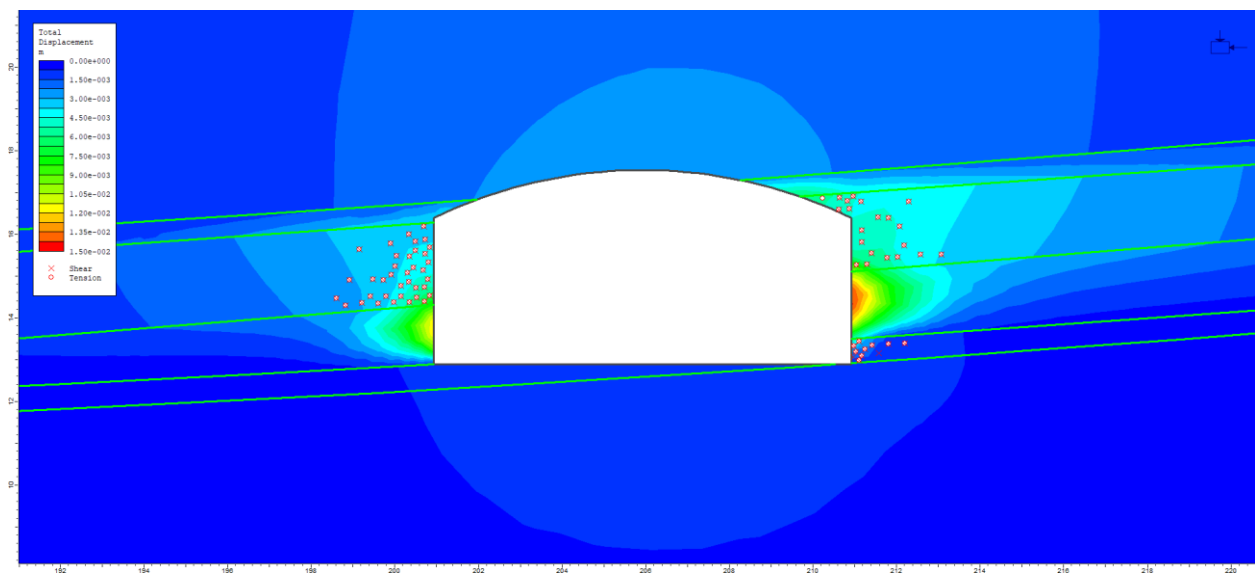
1-р зураг. Хэвтээ малталтын геометр модел, чулуулгийн шинж чанарын үзүүлэлтүүд



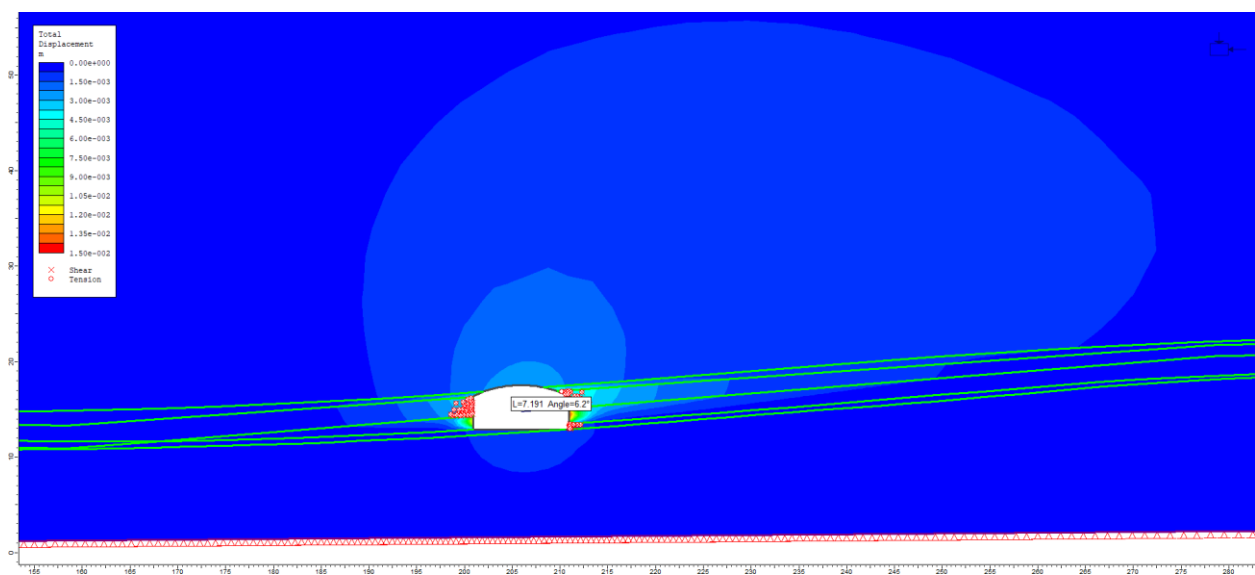
2-р зураг. Хэвтээ малталтын хэмжээс



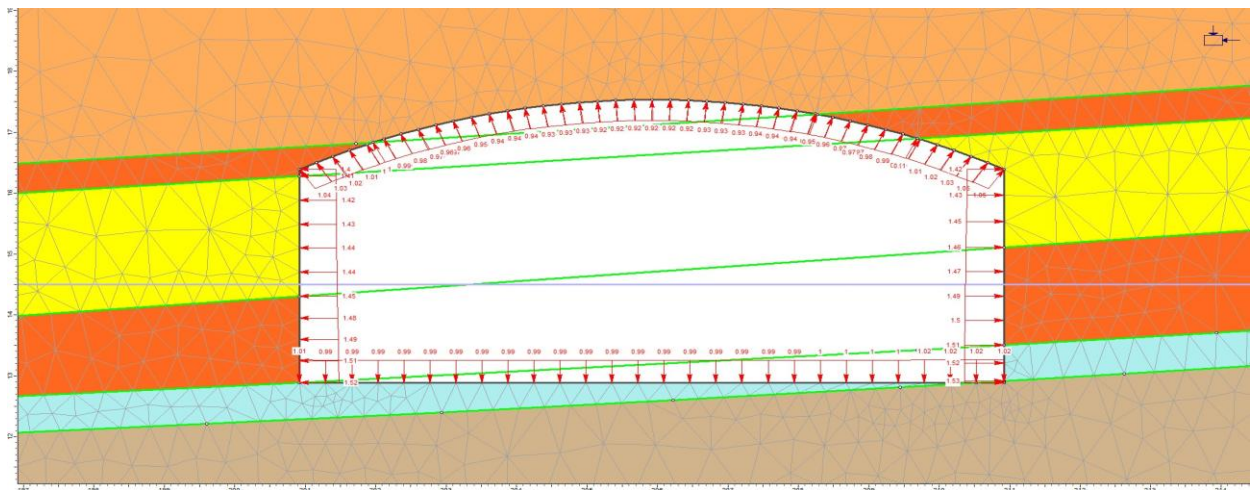
3-р зураг. Хэвтээ малталтын хажууд үүссэн уулын даралт



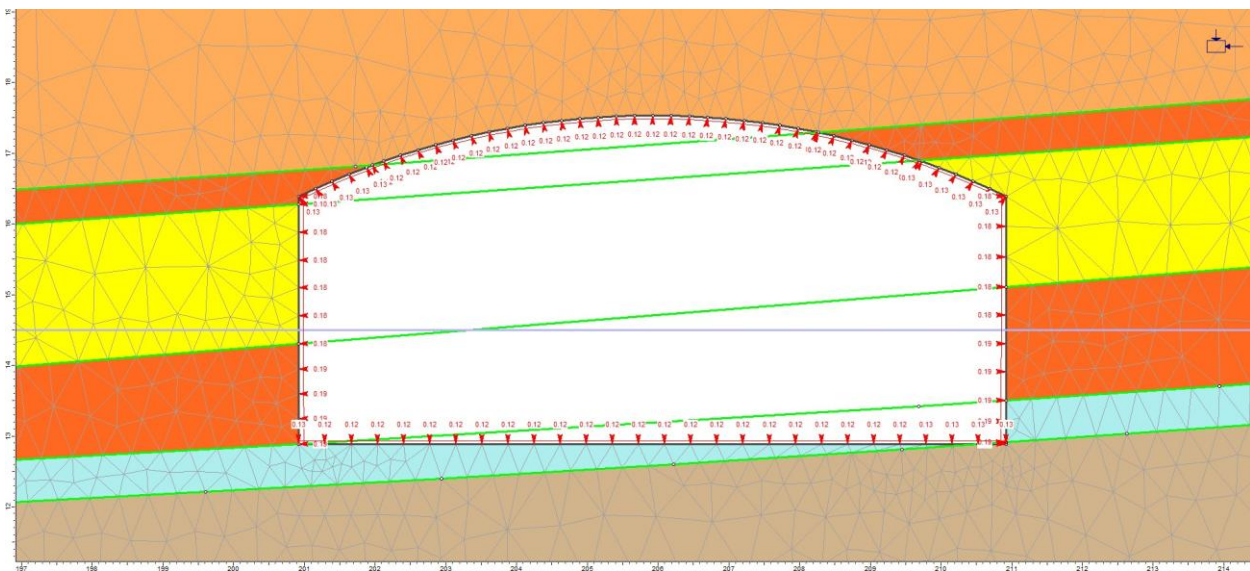
4-р зураг. Хэвтээ малталтын хажууд үүссэн шилжилт хөдөлгөөн



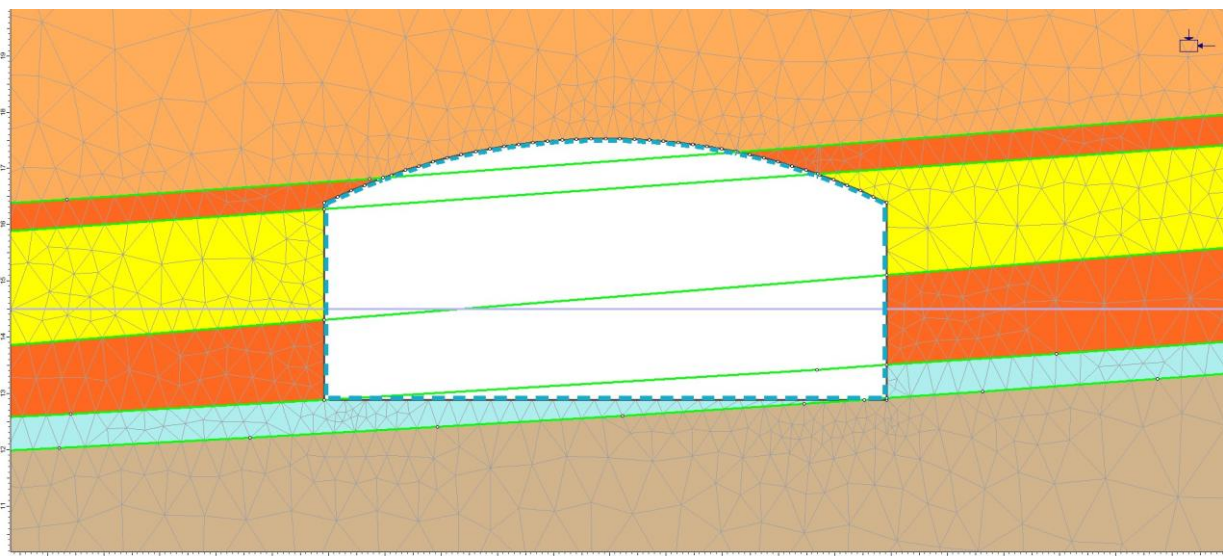
5-р зураг. Хэвтээ малталтын төвөөс хамгийн хол зайд үйлчилсэн уулын даралт



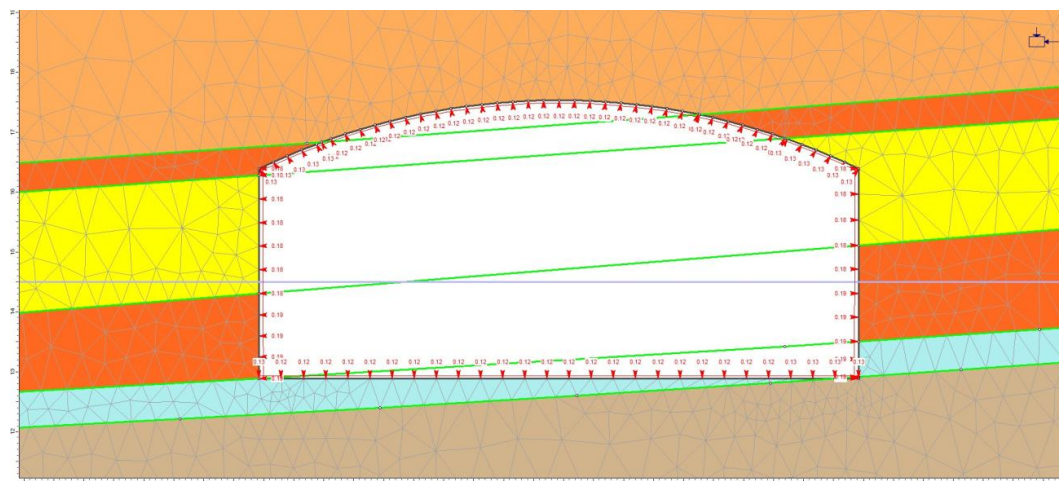
6-р зураг. Хэвтээ малталтын хажуугийн тогтворжилтыг хангах үүднээс 4 мм-ийн голчтой арматур зангидсан 0.2 м-ийн зузаантай төмөр бетон бэхлэгээ хийхэд буурсан уулын даралт



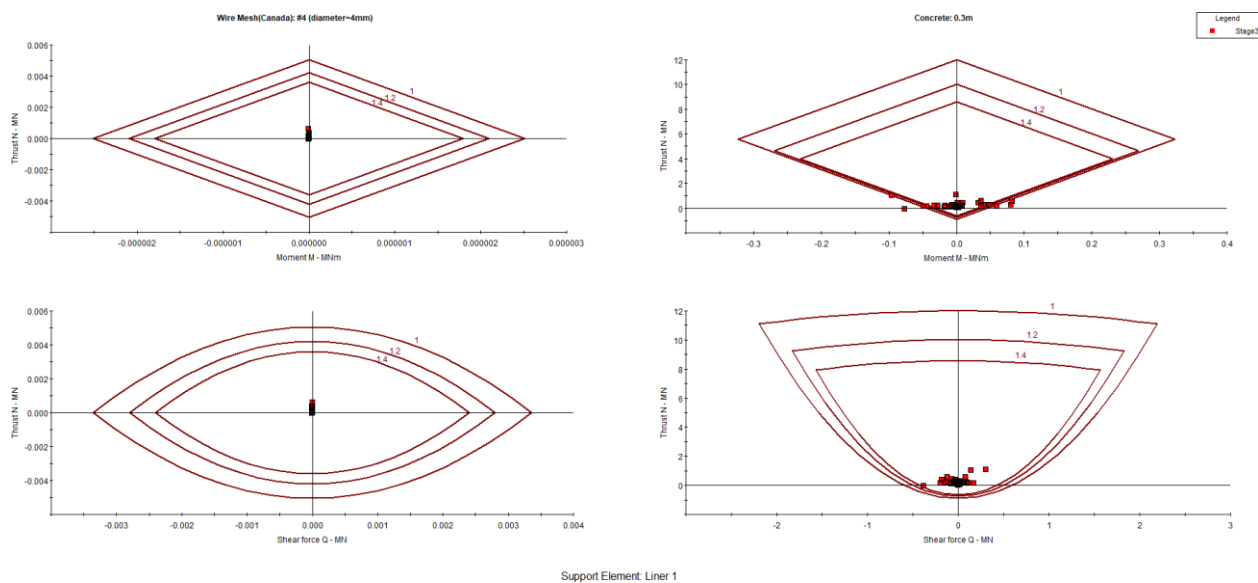
7-р зураг. Хэвтээ малталтын хажуугийн тогтворжилтыг хангах үүднээс 4 мм-ийн голчтой арматур зангидсан 0.3 м-ийн зузаантай төмөр бетон бэхлэгээ хийхэд буурсан уулын даралт



7-р зураг. Хэвтээ малталтын хажуугийн тогтворжилтыг хангах үүднээс 4 мм-ийн голчтой арматур зангидсан 0.3 м-ийн зузаантай төмөр бетон бэхлэгээ хийсэн байдал



8-р зураг. 4 мм-ийн голчтой арматур зангидсан 0.3 м-ийн зузаан бүхий төмөр бетон бэхэлгээ хийсний дараах хэвтээ малталтын хажууд үүссэн уулын даралт



9-р зураг. 4 мм-ийн голчтой арматур зангидсан 0.3 м-ийн зузаан бүхий төмөр бетон бэхэлгээ хийсний дараах хэвтээ малталтын геотехникийн шинжилгээний үр дүн

БЭХЭЛГЭЭНИЙ АЖЛЫН ЗАРДАЛ

3-р ХҮСНЭГТ

Үзүүлэлт	Хэмжих нэгж	Тоон үзүүлэлт
Хэвтээ малталтын өөндлөн огтлолын талбай	м ²	42.7
Хэвтээ малталтын периметр	м	27.3
Зурмагийн зузаан	м	0.3
Зурмагийн эзэлхүүн	м ³	8.19
Метал утасны дундаж зарцуулалт	кг/м	1300
Бетон зарцуулалт	м ³ /м	4.5
1 тонн арматурын үнэ	төг	2440000.0
1 м ³ БМ400 маркийн зурмагийн үнэ	төг	385000.0

Метал утасны зардал	төг	86595600.0
Зурмагийн зардал	төг	14189175.0
Бетон бэхэлгээ тавигчийн бүтээл	м ³ /цаг	10.0
Тоног төхөөрөмжийн түрээсийн зардал	төг/цаг	23667.0
Бусад		60470865.0
Бүгд	төг	329729963.1
Бүгд	\$	92129.0

ДҮГНЭЛТ

- Гүний ус, уулын даралт, чулуулгийн шинж чанарын үзүүлэлтүүдийг харгалзан хэвтээ малталтын хоёр хэмжээст геотехникийн шинжилгээнүүдийн үр дүнг тодорхойлов.
- 4 мм-ийн голчтой арматураар 0.8 м-ийн зайтай тор зангидаж, бэхэлгээний боолтоор тогтоон бетонон зурмагаар бүрж, 0.3 м-ийн зузаан бүхий төмөр бетонон бэхэлгээгээр 42.7 м² бүхий хөндлөн огтлолын талбайтай хэвтээ малталтын хажуугийн тогтворжилт хангагдах боломжтойг тогтоов.
- 1000 метр малталт, нэвтрэлтийн нийт зардал 709,102,259.4 төгрөг, бэхэлгээний ажлын зардал 329729963.1 төгрөг болохыг тооцож гаргав.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] Ар Наймганы дунд хэсэг алтны шороон ордын ил уурхайн параметруудийг тодорхойлох геотехникийн судалгааны ажлын тайлан, 2020 он.
- [2] Л.Пүрэв, Х.Жаргалсайхан, Д.Пүрэвсүрэн Далд уурхайн малталт нэвтрэлт, бэхэлгээ: Курсын төсөл зохиох гарын авлага, УБ хот, 2001 он.
- [3] Л.Пүрэв, Б.Ганзориг, ба бусад Далд уурхайн тоног төхөөрөмжийн лавлах, УБ хот, 2007 он.
- [4] Stefan Gueorguiev, Thomas L. Dyer, Michael Lindholm, ба бусад 2014 он. Amended Ni 43-101 Technical Report Feasibility Study Of The Santa Rosa Gold Project, Red Eagle Mining Corporation.
- [5] Tunnel Lining Design Tutorial
- [6] <https://static.rocscience.cloud/assets/verification-and-theory/RS2/RS2-Stress-Verification.pdf>

ТЭСРЭХ БОДИС, ТЭСЭЛГЭЭНИЙ ХЭРЭГСЛИЙН ХОР АЮУЛЫН НӨЛӨӨЛӨЛ

Гэлэгжаргалын АМАРТҮВШИН¹

¹Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Геологи, уул уурхайн сургууль, Уурхайн технологийн салбар

¹Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: amartuvshin.g@must.edu.mn

Хураангуй. Үйлдвэрлэлийн зориулалттай тэсрэх бодис, тэсэлгээний хэрэгсэл нь үрэлт, цохилт, статик цэнэг, дулаан болон гадны механик үйлчлэлийн нөлөөний улмаас тэсрэх эрсдэл өндөртэй, онцгой аюултай материал юм. Гэвч түүнийг үйлдвэрлэх, хадгалах, тээвэрлэх, устгах, ашиглах явцад тэсрэх бодисын үндсэн түүхий эд болох химийн бодисын хор нөлөөлөл ажилчдын бие организмийг хордуулах байдал ямагт гарсаар байдаг. Иймээс энэхүү судалгаагаар тэсрэх бодис, тэсэлгээний хэрэгслийн хор аюул хүн болон хүрээлэн буй орчинд хэрхэн нөлөөлөх, түүнээс хэрхэн урьдчилан сэргийлэх арга хэмжээний асуудлыг дэвшүүлэв.

Түлхүүр үг: Тэсрэх материал, Химийн бодис, Хувийн хамгаалах хэрэгсэл, Аюулгүй байдал

I. УДИРТГАЛ

Үйлдвэрлэлийн зориулалттай тэсрэх бодис, тэсэлгээний хэрэгслийг доорх байдлаар тодорхойлдог бөгөөд Монгол улсад Засгийн газрын тогтоолоор батлагдсан “Монгол улсын нутаг дэвсгэрт эргэлтийг зөвшөөрөх, олон улсад бүртгэлтэй тэсэрч дэлбэрэх бодис, тэсэлгээний хэрэгсэл болон тэдгээрийн үндсэн түүхий эдийн жагсаалт”-д заасан нэр бүхий тэсрэх материалуудыг ашиглаж байна.

- Тэсэлгээний хэрэгсэл, гадны үйлчлэлийн нөлөөгөөр эгшин зуурын хугацаанд химийн хувиралд орж их хэмжээний хий уур үүсгэн дулаан ялгаруулж чадах механик хольц ба химийн нэгдлийг тэсрэх бодис гэнэ.
- Тэсэрч дэлбэрэх бодисын тэсрэлтийг үүсгэх зориулалттай цэнэг агуулсан өдөөгч хэрэгслийг тэсэлгээний хэрэгсэл гэнэ.¹

Уул уурхайн тэсэлгээний ажилд нийтлэг байдлаар АНФО тэсрэх бодис (энгийн найрлагатай, нэмэлт хольцтой, савлагаатай, задгай, хүнд анфо), Эмульсийн тэсрэх бодис (савлагаатай тэсрүүлт мэдрэмтгий, савлагаатай тэслүүрт мэдрэмтгий бус, задгай, анфогийн хольцтой), өдөөгч тэсрэх бодис, цохир дамжуулах шижим, цахилгаан тэслүүр, цахилгаан бус тэслүүрийн систем, цахим тэслүүр болон бусад тэсэлгээний хэрэгслийг ашиглаж байна.²

Анфо тэсрэх бодис нь исэлдүүлэгч бодис буюу Аммиакийн шүү, шатах нэгдэл буюу дизель түлш, хөнгөн цагааны нунтаг, нүүрс, модны гурил зэрэг үндсэн түүхий эдээс бүрддэг ба Монгол улсад “MNS 4223:1994. Тэсрэх бодис. Техникийн шаардлага” стандартыг мөрдөж байна.³

Эмульсийн тэсрэх бодис нь MNS 4408:2022 “Эмульсийн тэсрэх бодис. Техникийн ерөнхий шаардлага.” стандартын хүрээнд Аммиакийн шүү, Натрийн нитрат, Мочевин, Карбомид, Ус, Тиокарбомид, Парафин (Лааны тос), Эмульгатор, Цагаан тос /трансформаторын тос/, Дизелийн түлш, Натрийн нитрит, Тиоционит нарти, Цууны хүчил, Аммоний хлор, Полимер бөмбөлөг, Шилэн бөмбөлөг зэрэг үндсэн түүхий эдээс бүрддэг.⁴

Өдөөгч тэсрэх бодис, цохир дамжуулах шижим, цахилгаан тэслүүр, цахилгаан бус тэслүүрийн систем, цахим тэслүүр нь Гексоген (RDX), Тротил (TNT), Тэн (PETN), Пентолит зэрэг өндөр хүчин чадалтай тэсрэх бодисыг агуулсан байдаг.

Тэсрэх бодис, тэсэлгээний хэрэгслийн хор аюул нь түүнд агуулагдах түүхий эдийн шинж чанараас хамаарна. Түүхий эдийн хор аюулыг дараах хүснэгтэд харуулав.

¹ Тэсэрч дэлбэрэх бодис, тэсэлгээний хэрэгслийн эргэлтэд хяналт тавих тухай хууль

² Монгол улсын нутаг дэвсгэрт эргэлтийг зөвшөөрөх, олон улсад бүртгэлтэй тэсэрч дэлбэрэх бодис, тэсэлгээний хэрэгсэл болон тэдгээрийн үндсэн түүхий эдийн жагсаалт

³ MNS 4223:1994. Тэсрэх бодис. Техникийн шаардлага

⁴ MNS 4408:2022. Эмульсийн тэсрэх бодис. Техникийн ерөнхий шаардлага.

ТЭСРЭХ МАТЕРИАЛЫН ТҮҮХИЙ ЭДИЙН ХОР АЮУЛЫН ШИНЖ

I-Р ХҮСНЭГТ

д/д	Түүхий эд	Хор аюул
Анфо тэсрэх бодис		
1	Аммиакийн шүү	Амьсгалын зам, арьс, нүдэнд цочрол үүсгэнэ.
2	Дизель түлш	Хүний арьс салст бүрхэвчийг цочроож арьсны үрэвслүүдийг үүсгэнэ.
Эмульсийн тэсрэх бодис		
3	Натрийн нитрат	Амьсгалын зам, арьс, нүдэнд цочрол үүсгэнэ. Залгих ба амьсгалах тохиолдолд маш хортой. Амьсгалах нь уушиг ба шүдэнд ихээхэн гэмтлийг учруулна.
4	Мочевин	
5	Тиокарбомид	
6	Парафин	
7	Эмульгатор	
8	Натрийн нитрит	
Өдөөгч, Цочир дамжуулах шижим, Тэслүүр		
9	Гексоген (RDX)	Маш хүчтэй бөгөөд хуурай үед цохилт, үрэлт, статик цахилгаан зэрэгт маш мэдрэмтгий
10	Тэн (PETN)	Цохилт, үрэлтэд маш мэдрэмтгий
11	Тротил (TNT)	Ихэнх тэсрэх бодисуудтай харьцуулахад цохилт, үрэлтэд тэсвэр сайтай
12	Пентолит	

II. ХОР АЮУЛЫН НӨЛӨӨЛӨЛ

Анфо болон Эмульсийн тэсрэх бодис:

- **Ерөнхий:** Ухаангүй хүнд амаар нь юу ч өгч болохгүй. Боломжтой бол эмчээс зөвлөгөө авна.
- **Амьсгалах:** Амьсгалын замыг цочроох, найтаах, ханиах, хоолой түлэгдэх, цагаан мөгөөрсөн хоолой агших, амьсгалахад хүндрэл учруулж болзошгүй. Хэрэв шинж тэмдэг илэрвэл цэвэр агаарт гарна, агааржуулалт хийнэ. Эмнэлгийн тусламж авна.
- **Арьсанд хүрэх:** Арьсыг цочроож болно. Бохирдсон хувцсыг тайлна. Савантай усаар угааж, дараа нь усаар зайлна. Хэрэв цочрол үүсч эсвэл үргэлжилбэл эмчид хандана. Дахин хэрэглэхийн өмнө бохирдсон хувцсыг угаана.
- **Нүдэнд хүрэх:** Нүдэнд хүчтэй цочрол үүсгэдэг. Нүдэнд хүрсэн бол 15 минутаас багагүй хугацаанд усаар сайтар зайлж угаана. Хэрвээ та линз зүүдэг бол боломжтой үедээ линзийг ав. Линз авсны

дараа үргэлжлүүлэн зайлж угаана. Хэрэв цочрол үүсвэл эмнэлгийн тусламж авна.

- **Залгих:** Залгих нь хортой. Амьсгалын замд орж залгивал үхэлд хүргэж болзошгүй. Амаа зайлж угаана. Бөөлжих үйлдэл хийж болохгүй. Яаралтай эмнэлгийн тусламж авна.
- **Архаг шинж тэмдэг:** Хорт хавдар үүсгэдэг гэж сэжиглэгдсэн материал агуулсан. Удаан эсвэл олон удаа өртөх үед эрхтнүүдэд гэмтэл учруулж болзошгүй.

АНФО тэсрэх бодисын галын аюул:

- Тэсрэх бодис орчинд гал түймэртэй тэмцэх оролдлого хийж болохгүй. Бүх ажилчдыг урьдчилан тогтоосон аюулгүй газар, бүх чиглэлд 1000 метрээс багагүй зайд нүүлгэн шилжүүл.
- Хэвийн нөхцөлд тогтвортой. Гал түймэр, дуунаас хурдан цохилт эсвэл өндөр энергитэй цохилтод өртөхөд тэсрэх аюултай.
- Шаталтын үед азотын исэл, нүүрстөрөгчийн исэл зэрэг хорт хий ялгарна.

Эмульсийн тэсрэх бодисын галын аюул:

- Тэсрэх бодис орчинд гал түймэртэй тэмцэх оролдлого хийж болохгүй. Бүх ажилчдыг урьдчилан тогтоосон аюулгүй газар, бүх чиглэлд 1000 метрээс багагүй зайд нүүлгэн шилжүүл.
- Гал түймрийг эрчимжүүлж болзошгүй исэлдүүлэгч бодис агуулсан. Халуунд өртсөн тохиолдолд шатах бөгөөд бусад шатамхай бодисын шаталтыг хурдасгаж, улмаар галын тархалт илүү хурдан болно.
- Хэвийн нөхцөлд тогтвортой. Нарны шууд тусгал, хэт өндөр температур, дулаан, оч, хэт халалт, ил гал, дуунаас хурдан цохилт эсвэл өндөр энергитэй цохилтод өртөхөд тэсрэх аюултай.
- Шаталтын үед азотын исэл, хорт утаа, нүүрстөрөгчийн исэл (CO, CO₂), аммиак ялгарна.

Өдөөгч, цочир дамжуулах шижим:

- **Ерөнхий:** Тусгай арга хэмжээ авах шаардлагагүй.

- **Амьсгалах:** Өртөх магадлал бага, цэвэр агаараар хангах, шаардлагатай бол эмнэлгийн тусламж ав.
- **Арьсанд хүрэх:** Арьсыг цочрооно. Савантай усаар угааж, дараа нь усаар зайлж болно. Хэрэв цочрол үүсвэл эмчид хандана.
- **Нүдэнд хүрэх:** Өртөх магадлал бага, гэвч нүдэнд хүрсэн бол 15 минутаас багагүй хугацаанд усаар сайтар зайлж угаана. Хэрвээ та линз зүүдэг бол боломжтой үедээ линзийг ав. Линз авсны дараа үргэлжлүүлэн зайлж угаана. Хэрэв цочрол үүсвэл эмнэлгийн тусламж авна.
- **Залгих:** Залгихад хор хөнөөл учруулна. Амаа зайлж угаана. Бөөлжих үйлдэл хийж болохгүй. Яаралтай эмнэлгийн тусламж ав.
- **Цочмог шинж:** Буруу харьцсан тохиолдолд тэсрэлт явагдана. Амь насанд аюул учруулна.

Цахилгаан тэслүүр, цахилгаан бус тэслүүрийн систем, цахим тэслүүр:

Нонел системийн хувьд: Бүтээгдэхүүнд бохирдсон хувцасыг нэн даруй цэвэрлэнэ. Хордлогын шинж тэмдэг хэдэн цагийн дараа ч тохиолдож болно; Тиймээс ослын дараа дор хаяж 48 цагийн турш эмнэлгийн ажиглалт хийх.

Цахилгаан болон цахим тэслүүрийн хувьд: Тусгай арга хэмжээ авах шаардлагагүй.

- Хэрэглэхийн өмнө тусгай зааврыг заавал авах.
- Аюулгүй байдлын бүх арга хэмжээг уншиж, ойлгох хүртэл харьцахгүй байх.
- Тохирох хувийн хамгаалалтын хэрэгсэл заавал ашиглана. /Хамгаалалтын бээлий, хамгаалалтын хувцас, нүдний хамгаалалт/
- Залгих, амандаа хийх үйлдэл хийж болохгүй (Амьсгалын замд орж залгивал үхэлд хүргэж болзошгүй)
- Галд бөөнөөрөө дэлбэрч болох тул халуун, оч, ил гал, халуун гадаргуугаас хол байлгах,
- Шатамхай материал, хувцас, үл нийцэх материалаас хол байлгах/хадгалах.

- **Амьсгалах:** Өртөх магадлал бага, цэвэр агаараар хангах, шаардлагатай бол эмнэлгийн тусламж ав.
- **Арьсанд хүрэх:** Ашиглагдаагүй хэлбэрээр арьсыг цочроох бодис биш. Хэрэглэсэн бүтээгдэхүүнээс гарч буй уур/тоосонцор нь арьсыг цочроох магадлалтай. Савантай усаар угааж, дараа нь усаар зайлж болно. Хэрэв цочрол үүсвэл эмчид хандана.
- **Нүдэнд хүрэх:** Ашиглагдаагүй хэлбэрээр нүдийг цочроодоггүй. Ашигласан бүтээгдэхүүний уур/бөөмс нь нүдийг цочроох магадлалтай. Шаардлагатай бол 15 минутаас багагүй хугацаанд усаар сайтар зайлж угаана.
- **Залгих:** Залгих болон амандаа хийх үйлдэл хийж болохгүй.
- **Цочмог шинж:** Буруу харьцсан тохиолдолд тэсрэлт явагдана. Амь насанд аюул учруулна.

III. УРЬДЧИЛАН СЭРГИЙЛЭХ АРГА ЗАМ

Тэсрэх бодис, тэсэлгээний хэрэгсэл нь түүнд агуулагдах түүхий эд, химийн бодисын шинж чанар, тухайн бүтээгдэхүүний сав баглаа боодлоос хамаарч харилцан адилгүй хор аюултай үйлчлэл үзүүлнэ. Иймээс ямар төрлийн тэсрэх материалтай шууд харьцах болон түүний орчинд ажиллахад дараах урьдчилан сэргийлэх арга хэмжээг авч хэрэгжүүлэх шаардлагатай. Үүнд:

- Утаа, тоосоор амьсгалахаас сэргийлж зориулалтын шүүлтүүртэй маск зүүх.
- Харьцаны дараа гар, шуу болон бусад ил гарсан хэсгийг сайтар угаах.
- Тэсрэх материалтай орчинд ажиллаж байх үедээ хоол идэх, ууж, тамхи татаж болохгүй.
- Гал гарсан тохиолдолд гал унтраах оролдлого хийж болохгүй. Ажилчдыг бүх чиглэлд 1000 метрээс багагүй зайд нүүлгэн шилжүүлэх.
- Холбогдох хууль дүрмийн дагуу зөвшөөрөлтэйгээр хадгалалт, тээвэрлэлтийн ажлыг гүйцэтгэх.
- Агааржуулалт сайтай, сэрүүн газар хадгална. Агуулахыг ямагт түгжсэн байна.

- Цочрол, үрэлт, гал болон бусад галын эх үүсвэр, статик цахилгаан гүйдэл эсвэл механик/хүнд нөлөөллөөс тэсрэх эрсдэлтэй тул болгоомжгүй үйлдэл хийж болохгүй.
- Зарим төрлийн тэсрэх материал нь усан дахь биологийн төрөл зүйлд хортой, удаан хадгалагддаг тул байгаль орчинд тархахаас зайлсхийх.

ДҮГНЭЛТ

1. Үйлдвэрлэлийн зориулалттай тэсрэх бодис, тэсэлгээний хэрэгсэл нь түүнд агуулагдах түүхий эд, химийн бодисын шинж чанар, тухайн бүтээгдэхүүний сав баглаа боодол, онцлогоос хамаарч харилцан адилгүй хор аюултай үйлчлэл үзүүлдэг байна.
2. Аж ахуйн нэгж байгууллагууд ажилчдыг тэсрэх материалын хор аюулд өртөхөөс сэргийлэх арга хэмжээг тухайн бүтээгдэхүүний үйлдвэрлэгчийн заавар, хор аюулын лавлах мэдээлэлд үндэслэн боловсруулж, зохион байгуулах шаардлагатай байна.
3. Тэсрэх материалтай харьцах ажилтнуудын мэдлэг чадварыг сайжруулах арга хэмжээг авч хэрэгжүүлэх шаардлагатай байна.
4. Холбогдох хууль, дүрэм журамд заасан арга хэмжээг шуурхай зохион байгуулж, аюулгүй байдлыг хангах арга хэмжээг авч хэрэгжүүлэх шаардлагатай байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] Тэсэрч дэлбэрэх бодис, тэсэлгээний хэрэгслийн эргэлтэд хяналт тавих тухай хууль
- [2] Засгийн газрын 2025 оны 05 дугаар сарын 28-ны өдрийн 264 дүгээр тогтоолын хавсралт “Монгол улсын нутаг дэвсгэрт эргэлтийг зөвшөөрөх, олон улсад бүртгэлтэй тэсэрч дэлбэрэх бодис, тэсэлгээний хэрэгсэл болон тэдгээрийн үндсэн түүхий эдийн жагсаалт”
- [3] MNS 4223:1994. Тэсрэх бодис. Техникийн шаардлага
- [4] MNS 4408:2022. Эмulsionийн тэсрэх бодис. Техникийн ерөнхий шаардлага.
- [5] www.mera.mn
- [6] www.orica.com
- [7] www.dynonebol.com

ХӨРСНИЙ ОВООЛГО, БАЯЖУУЛАХ ҮЙЛДВЭРИЙН ХУУРАЙ ХАЯГДЛЫГ НЭГТГЭН ХУРИМТЛУУЛАХ БАЙГУУЛАМЖИЙН ХАЖУУГИЙН ТОГТВОРЖИЛТЫН ШИНЖИЛГЭЭ

Дугарсүрэнгийн ГАНЗОРИГ

Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Геологи, уул уурхайн сургууль, Уурхайн технологийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: ganzorig.d@must.edu.mn

Хураангуй: Уул уурхайн салбарт уурхайн хөрсний чулуулаг болон баяжуулах үйлдвэрээс гарах хаягдцыг байршуулах талбайн сонголт, хүч хөдөлмөр зарсан ажил байдаг. Уул уурхайн хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдал хураагуур гэдэг нь уурхайгаас гарч буй хөрсний чулуулаг, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдал (хаягдал ус, хаягдал лаг, хаягдал чулуулгийн овоолго гэх мэт)-ийг аюулгүй хадгалах, удирдах, боловсруулж буцаан ашиглах зорилгоор байгуулсан инженерийн байгууламж юм. Энэхүү байгууламж нь уул уурхайн үйл ажиллагааны байгаль орчны нөлөөллийг бууруулах, ус ба хөрсний бохирдлоос сэргийлэх чухал байгууламж юм. Энэхүү судлааны ажлаар хаягдлын нэгдсэн сангийн хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээний үр дүнг орууллаа.

Түлхүүр үг: хөрсний овоолго, хаягдал хадгалах байгууламж, геотехник

I. УДИРТГАЛ

Уул уурхайн салбарт хөрсний овоолго болон баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэн байгуулснаар байгаль орчныг хамгаалах, хаягдлыг дахин боловсруулах, уурхайн хаалтын үеийн нөхөн сэргээлт, байнгын хяналт, инженерийн шийдэлтэйгээр аюулгүй хадгалалт, тогтвортой ажиллагааг хангах ач холбогдолтой байгууламж юм.

Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн бүрэлдэхүүн хэсгүүд нь:

- хөрсний овоолго,
- баяжуулах үйлдвэрийн хуурай хаягдац,
- хаягдцын усыг дахин ашиглах, бохир ус цэвэрлэх,
- хуурай хаягдал гаргах,
- борооны болон гадаргын усыг тусгаарлан хянах суваг, далан,
- геотехникийн тогтворжилт, усны чанар, химийн агууламжийг хянах мэдрэгч, туршилт, мониторингийн системээс бүрдэнэ.

Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийг барьж байгуулах, ашиглалтын үед дараах стандартуудыг дагаж мөрдөж байна. Үүнд:

- Tailings Management Standard ICMM
- Global Industry Standard on Tailings Management GISTM, 2020
- Environmental management system

Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээний судалгааны ажлаар дараах зорилтуудыг тавьж ажилласан.

- Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн хажуугийн параметр,

- Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн материал болон суурь хөрсний физик, механик шинж чанарын үзүүлэлтүүдийг үндэслэн хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээг хийх,

Тус хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламж нь хүдрийн ил уурхайн баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг хадгалах, ил уурхайн хөрсний чулуулгийг овоолох зорилготойгоор байгуулагдана.

II. БАЙГУУЛАМЖИЙН ТОДОРХОЙЛОЛТ

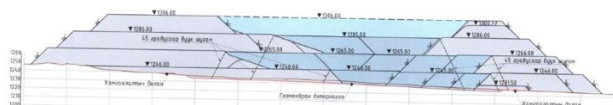
Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн зураг төслөөр дараах ажлын хэмжээсүүдийг авч судалгааны ажилд ашигласан.

- Уурхайн хөрсний овоолгын өндөр - 30-50м
- Хаягдлын өндөр – 20м
- Хаягдлын эзлэхүүн – 4 сая.м³
- Хөрсний чулуулгийн эзлэхүүн – 36 сая.м³
- Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн хажуугийн өнцөг – 27 градус

Инженер геологийн нөхцөлөөс хамааруулан шүүрэлтээс хамгаалах шавар үе болон HDPE геомембран доторлогоотой, доторлогоог гэмтэхээс хамгаалсан геотекстил суурилуулж, элс дэвсэж өгөхөөр төлөвлөж зураг төслийг боловсруулсан байна. Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн суурийн бүтэц нь:

- Үйлдвэрийн хуурай хаягдал
- 70-80см зузаан хамгаалалтын элсэн үе
- Зөөлөвч геотекстил /500-1000гp/м²/
- 1.5мм зузаан HDPE геомембран
- 30см-аас багагүй зузаан шавар үе

- Нягтруулж бэлдсэн газрын гадарга тус тус байна.



1-р зураг. Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн байгуулалтын зүсэлт

А. Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн талбайн инженер геологи

Судалгааны ажлын хүрээнд Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн талбайд нийт 57 цооногийг 2.0-30.0 м гүнтэй өрөмдөж нийт 330.4 тууш метр өрөмдлөгийн ажил, “Далангийн материалын талбайн” инженер-геологийн судалгаанд зориулан нийт 6 цооногийг 1.5-3.5 м гүнтэй өрөмдөж нийт 13.5 тууш метр өрөмдлөгийн ажлыг тус тус гүйцэтгэсэн байна. Тус өрөмдсөн цооногуудаас илэрсэн хөрснөөс үл хөрсний физик механик шинж чанар болон бусад үзүүлэлтүүдийг тодорхойлох зорилгоор 166 орчим дээж авч шинжилгээг хөрсний лабораторид гүйцэтгэсэн байна. Шинжилгээ туршилтын ажлуудыг олон улсад мөрдөгддөг ASTM болон Монгол улсад хөрвүүлж ашигладаг MNS ASTM стандартын аргачлалаар гүйцэтгэсэн байна.

ИНЖЕНЕР ГЕОЛОГИЙН ХӨРСНИЙ АНГИЛАЛ

1-Р ХҮСНЭГТ

№	Хөрсний нэр	Байгалийн чийг/ Урсамттай үзүүлэлт	ИГЭ-ийн дугаар
<i>Аллюви-пролювийн гаралтай хөрс</i>			
1	Элстэй жигд бус хайрга	бага чийгтэй/-	ИГЭ-1
<i>Байран-пролювийн гаралтай хөрс</i>			
2	Элстэй тослог шавар	-/хатуу -/аглуун	ИГЭ-2
3	Элсэрхэг тослог шавар	-/хатуу	
4	Элстэй шаварлаг хайрга	-/хатуу	ИГЭ-3
<i>Байран гаралтай хөрс</i>			
5	Элстэй шаварлаг хайрга	-/хатуу	ИГЭ-4
Доод Пермийн настай Овоот улаан формацийн тунамал-терриген гаралтай (P1ou1)			

Б. Хаягдал ба хөрсний овоолго

Баяжуулах үйлдвэрээс гарах хаягдал нь фильтр пресс буюу шүүн шахах төхөөрөмжөөр ороод 15%-ийн чийгтэй хуурай хаягдал гарах ба хаягдлыг автосамосмалд ачиж, тээвэрлэн хаягдлын санд хуримтлуулна.

Хүдрийг баяжуулсны дараа хаягдлыг хаягдлын нэгдсэн санд хаяхаас өмнө үйлдвэрлэлийн процесст хэрэглэгдсэн хорт бодисыг саармагжуулж Монгол улсын стандарт, Олон улсын цианидын менежментийн дүрмийн дагуу үүссэн хаягдлын найрлага дахь цианидийн хэмжээ нэг литр тутамд 50 миллиграммаас доош байна.

Хоргүйжүүлсэн зутан даралтат шүүлтүүрээр шүүгдэж гарахдаа 15%-ийн чийглэгтэй (0.074 мм) хуурай хаягдал гаргахаар тооцсон. Уурхайн хөрсний овоолго болон хаягдлын санг нэгтгэх замаар хаягдлын менежментийн нэгдсэн арга хэмжээг зураг төсөл боловсруулсан.

Баяжуулах үйлдвэрээс гарах хуурай хаягдлыг уурхайн хөрсний чулуулгийн овоолгод хамтад нь байршуулах, шингэн үл нэвчүүлэх суурь болон хур тунадасны усыг шүүрүүлж, цуглуулах байгууламжтай байхаар хаягдлын нэгдсэн санг төлөвлөсөн байна.

III. ХАЖУУГИЙН ТОГТВОРЖИЛТЫН ШИНЖИЛГЭЭ

Баяжуулах үйлдвэрийн хаягдал болон ил уурхайн хөрсний овоолгын геотехникийн судалгааг шилжилтийн дугуй цилиндрийн гадаргуугаар тооцсон. Энэхүү аргад хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн хажуугийн хөрс болон чулуулаг дээр цилиндр хэлбэрийн гадаргуугаар гулсах магадлалыг олон хувилбараар дүн шинжилгээ хийдэг аргачлал юм. Тус тооцоогоор хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн тогтворжилтын коэффициент $FoS=0.81-2.04$ байсан байна. Тооцоогоор гарсан тогтворжилтын коэффициент нь “Шороон боомт” БНБД-33-07-09-д зааснаар ($FoS>1.3$) их байгаа тул далангийн хажууг тогтвортой гэж үзнэ.

Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээг өмнөх судалгааны ажлын мэдээлэл болох инженер-геологи, гидрогеологи, хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн зураг төсөл, материалын физик шинж чанарууд, болзошгүй аюул, эвдрэлийг тус тус тооцож, шинжилгээний ажлыг гүйцэтгэсэн. Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн тогтворжилтын шинжилгээ нь эрсдэлд суурилсан загварчлалын аргачлалыг ашигладаг бөгөөд тогтворжилтын шалгуур үзүүлэлтүүд, эрсдэлийг удирдах, шийдвэр гаргахад ашигладаг. Энэхүү аргачлал нь хажуугийн найдвартай байдлыг үнэлж, онолын дагуу хажуугийн эвдрэлээс гарах үр дагавар болон магадлалыг тодорхойлох замаар эрсдэлийг бууруулахад чиглэгддэг.

Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн тогтворжилтын шалгуур зарчим нь удаан ба богино хугацааны турш түүний хажуу тогтвортой байх нөхцөл билээ. Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн их бие ба суурь хөрсний шинж чанар, ачааллаас хамааруулж өгөгдсөн хөндлөн огтлолын налуугийн коэффициентыг тодорхойлох зорилгоор энэхүү тооцооллыг гүйцэтгэв.

Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн хажуу нь

тогтворжилтын аюулгүй байдлын коэффициентыг (Factors of Safety) хангасан байна. Энэ нь овоолгын хажуугийн эвдрэлд тогтвортой байлгах эсэргүүцлийн хүч ба эвдлэхэд үйлчлэх хөшүүргийн хүчний харьцаагаар тодорхойлогддог. Тус тооцооллод статик хүчний нөлөө буюу динамик хүчний нөлөөгөөр эвдрэлийн эсрэг тооцоо юм.

Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн хажуугийн тогтворжилтын тооцоог гурван хэмжээст загварчлалын аргаар RS3 программ хангамж дээр гүйцэтгэсэн. Мөн эрсдэлийг тооцож хоёр хэмжээст аргачлалаар хаягдлын нэгдсэн сангийн хамгийн эрсдэлтэй хэсэгт RS2 программ хангамж дээр тус тус тооцсон.



2-р зураг. Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн гурван хэмжээст загварчлал

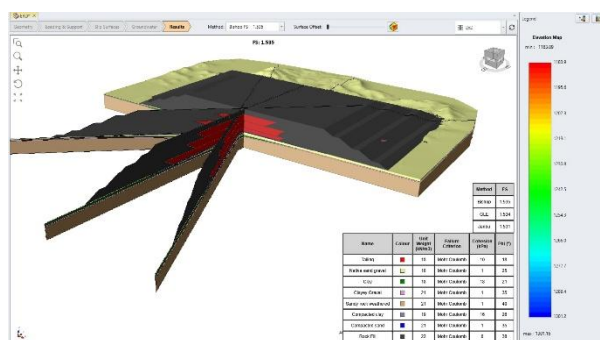
Hoek-Brown-ын хөрс, чулуулгийн физик механикийн шинж чанарын шалгуур нь геотехникийн инженерчлэлд тохиолддог хамгийн түгээмэл бат бөхийн шалгуур юм. FEM буюу хажуугийн тогтворжилтын үнэлгээний төгсгөлөг элементийн арга болон бусад геотехникийн ихэнх программчлагдсан тоон арга (numerical analysis), аргачлал, тооцооллуудад уг бат бөхийн шалгуур, загварчлалыг хэрэглэх шаардлагатай байдаг.

Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн талбай дээр өмнө нь хийгдсэн инженер-геологийн судалгааны ажлын хөрсний физик механик шинж чанарын үр дүнгүүдийг үндэслэн Rocscience RocData программыг ашиглан Hoek-Brown-ын шугаман бус бат бөхийн шалгуурт хөрвүүлэн ашиглав. RocData нь хөрс болон чулуулгийн бат бөхийн өгөгдөлд дүн шинжилгээ хийж, шугаман болон шугаман бус бат бөхийн үзүүлэлтүүд болон бусад физик хэмжигдэхүүнийг Hoek-Brown, Mohr-Coulomb, Barton-Bandis, Power Curve зэрэг олон шалгууруудаар тодорхойлж, хөрвүүлж ашиглах хэрэглэгдэхүүн юм.

Хөрс, чулуулгийн бат бөх чанар. Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн талбай болон суурин боловсруулалтын судалгааны ажлаар хучаас хөрс чулуулгийн хатуулаг болон бат бөх шинж чанар, хөрс, чулуулгийн массыг тодорхойлохын тулд GSI (Geological Strength Index), USI (Uniaxial Compressive Strength), SMR (Soil Mass Rating) аргачлалуудыг хэрэглэсэн.

Rock Type	Rock Type	GSI Selector	OK	Surface Conditions of Discontinuities
Rock M Value Argillites: 12 ± 2 Breccias: 20 ± 2 Chalk: 7 ± 2 Claystones: 4 ± 2 Crystalline Limestone: 12 ± 3 Crystalline: 9 ± 3 Gneisses: 18 ± 3 Granite: 10 ± 2 Marble: 7 ± 2 Micritic Limestones: 8 ± 3 Sandstones: 17 ± 4 Shales: 6 ± 2 Siltstones: 7 ± 2 Spalic Limestones: 10 ± 5	COMPOSITION AND STRUCTURE A. Thick bedded, very finely sandstone. The effect of pebbles on the bedding plane is maintained by the confinement of the rock mass. In shallow tunnels or slopes these bedding planes may cause structurally controlled instability. B. Sandstone with thin layers of siltstone. C. Sandstone and siltstone in similar amounts. D. Siltstone or claystone with sandstone layers. E. Weak siltstone or claystone with sandstone layers. F. Technically deformed, intensively foliated, sheared claystone or siltstone with broken and deformed sandstone layers forming an almost chaotic structure. G. Undisturbed siltstone or claystone with or without a few very thin sandstone layers. H. Technically deformed siltstone or claystone forming a chaotic structure with pockets of clay. This layer of sandstone are transformed into small rock pieces.			VERY GOOD GOOD FAIR POOR VERY POOR

3-р зураг. Чулуулаг хөрсний бат бөхийн индекс тодорхойлох



4-р зураг. Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн гурван хэмжээст геометр моделийн материалууд

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m ³)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (°)	Water Surface	Ru Value
Tailing		18	Mohr-Coulomb	10	18	None	0
Native sand/gravel		18	Mohr-Coulomb	0	25	None	0
Clay		18	Mohr-Coulomb	18	21	None	0
Clayey Gravel		21	Mohr-Coulomb	1	35	None	0
Sandy rock weathered		21	Mohr-Coulomb	1	40	None	0
Compacted clay		19	Mohr-Coulomb	16	26	None	0
Compacted sand		21	Mohr-Coulomb	1	35	None	0
Geomembrane		18	Mohr-Coulomb	0	32	None	0
Waste		22	Mohr-Coulomb	0	38	None	0

5-р зураг. Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн материалын физик механик шинж чанарууд

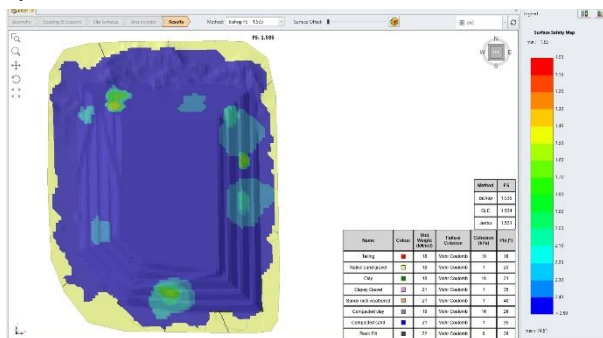
Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээг чулуулгийн физик механик, бат бөх шинж чанар, үл хөрсний мэдээлэл, гидрогеологийн мэдээллийн үр дүнд тулгуурлан Rocscience Slide3 программ хангамжийг ашиглан хаягдлын нэгдсэн сангийн гурван хэмжээст геометр загварыг үүсгэн тогтворжилтын шинжилгээг хийсэн.

Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн хажуугийн нурлын тооцооллын аргыг ашиглан далангийн хэмжээнд домойнд ялгах боломжтой, далангийн аль хэсэгт ямар төрлийн нуралт үүсэх магадлалтай, хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн төлөвлөлт, ахилтын тохиромжтой чиглэлийг урьдчилан гаргах зэрэг олон шийдлийг гаргахад ашигладаг ач холбогдолтой тооцоолол юм.

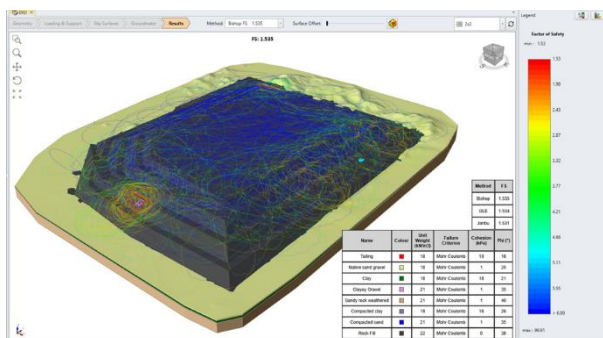
Геотехникийн судалгаанд чулуулгийн физик-механикийн шинж чанарын үзүүлэлтүүд, чулуулгийн структур ба литологи, хаягдлын нэгдсэн сангийн даралт зэргийг харгалзан үзэж, хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээнүүдийг хязгаарлагдмал тэнцвэрийн аргаар Слайд (Rocscience Slide3) программ

хангамжийг ашиглан Н.Моргенстерн-В.Прайс нарын логарифм спиральной аргачлалаар гүйцэтгэв.

Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээг гүйцэтгэхдээ чулуулгийн физик-механик шинж чанарын үзүүлэлтүүд болох хувийн жин, барьцалдалтын хүч, дотоод үрэлтийн өнцөг зэргийг лабораторийн туршилтаар тодорхойлсон үр дүн ба Мор-Колумб (Mohr-Coulomb)-ын гулсалт, нурлын шалгуурыг тус тус ашигласан.



6-р зураг. Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн судалгааны геометр модель дээрх шинжилгээний хамгийн бага FoS утга /FoS-1.535/



7-р зураг. Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн судалгааны геометр модель дээрх шинжилгээ хийсэн хайлтын бүх гадаргуу

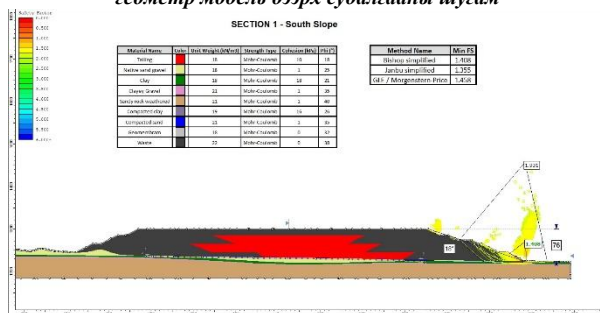
Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн хажуугийн тогтворжилтын 3 хэмжээст шинжилгээгээр тогтворжилтын хязгаарын коэффициент FoS-ийн хамгийн бага утга тооцоогоор 1.535 гарсан. Тооцоогоор гарсан тогтворжилтын коэффициент нь “Усны барилга байгууламжийн зураг төсөл зохиох үндсэн журам” БНБД-33-01-03-д зааснаар (FoS>1.3) их байгаа тул овоолгын хажууг тогтвортой гэж үзэж байна.

Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн 3 хэмжээст судалгааны үр дүнг нягтлах, бататгах зорилгоор дараах зураг дээрх далангийн хамгийн бага утга агуулсан гадаргууг дайруулан зүсэлт хийж, тогтворжилтын шинжилгээг 2 хэмжээст геометр модель дээр гүйцэтгэсэн.

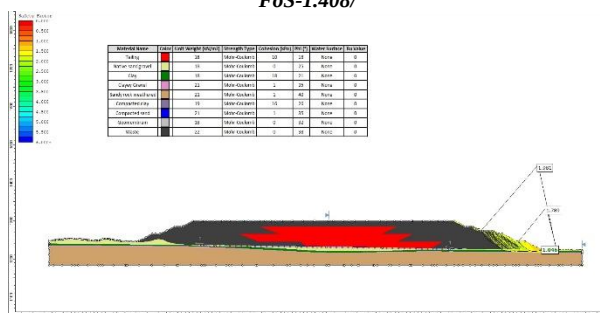
Тус 2 хэмжээст геометр моделиор судалгааны 3 зүсэлтийн хүрээнд хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээг хийсэн.



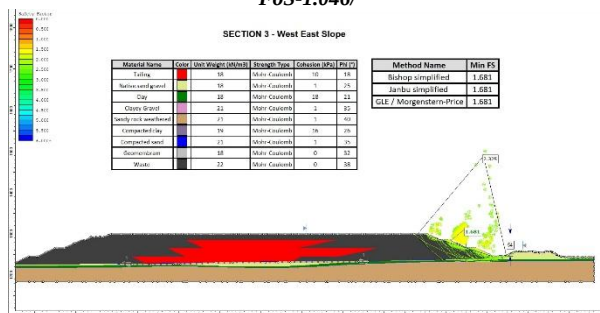
8-р зураг. Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн гурван хэмжээст судалгааны геометр модель дээрх судалгааны иушгм



9-р зураг. Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн хоёр хэмжээст судалгааны геометр модель дээрх шинжилгээний хамгийн бага FoS утга /Зүсэлт 1, FoS-1.408/



10-р зураг. Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн хоёр хэмжээст судалгааны геометр модель дээрх шинжилгээний хамгийн бага FoS утга /Зүсэлт 2, FoS-1.046/



11-р зураг. Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн хоёр хэмжээст судалгааны геометр модель дээрх шинжилгээний хамгийн бага FoS утга /Зүсэлт 3, FoS-1.681/

Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн хажуугийн тогтворжилтын 2 хэмжээст шинжилгээгээр

тогтворжилтын хязгаарын коэффициент FoS-ийн хамгийн бага утга нь:

- Зүсэлт-1 -д тооцоогоор 1.408,
- Зүсэлт-2 -д тооцоогоор 1.046,
- Зүсэлт-3 -д тооцоогоор 1.681 тус тус тооцоогоор гарсан.

Зүсэлт 1 болон 3 дээрх тооцоогоор гарсан тогтворжилтын коэффициент нь “Усны барилга байгууламжийн зураг төсөл зохиох үндсэн журам” БНБД-33-01-03-д зааснаар ($FoS > 1.3$) их байгаа тул овоолгын хажууг тогтвортой гэж үзэж байна. Харин зүсэлт 2 дээр гарсан үр дүн тогтворжилтын коэффициент хангахгүй байгаа бөгөөд тус утга нь улны шаврын үеэс ихээхэн хамааралтай байх талтай байна.

ДҮГНЭЛТ

1. Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн суурийг ус нэвтэрдэггүй HDPE геомембран материалаар хучсан байна.
2. Баяжуулах үйлдвэрээс гарах хаягдал нь хуурай хаягдал байна.
3. Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн хэсэгт нийт 10 ширхэг хяналт, хэмжилт хийх цоонууд төлөвлөсөн байна.
4. Хажуугийн тогтворжилтын 3 хэмжээст шинжилгээгээр (RS3) тогтворжилтын хязгаарын коэффициент FoS-ийн хамгийн бага утга тооцоогоор 1.535 гарсан. Тооцоогоор гарсан тогтворжилтын коэффициент нь “Усны барилга байгууламжийн зураг төсөл зохиох үндсэн журам” БНБД-33-01-03-д зааснаар ($FoS > 1.3$) их байгаа тул хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн хажууг тогтвортой гэж үзэж байна.
5. Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн 3 хэмжээст судалгааны үр дүнг нягтлах, бататгах зорилгоор 3 хэмжээст хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээний хамгийн бага утга агуулсан гадаргууг дайруулан зүсэлт хийж, тогтворжилтын шинжилгээг 2 хэмжээст геометр моделийг үүсгэж, RS2 программ дээр 3 зүсэлтийн хүрээнд гүйцэтгэсэн.
6. Хажуугийн тогтворжилтын 2 хэмжээст шинжилгээгээр (RS2) тогтворжилтын хязгаарын коэффициент FoS-ийн хамгийн бага утга зүсэлт 1-д FoS утга 1.408, зүсэлт 2 -д FoS утга 1.046, зүсэлт 3 -д FoS утга 1.681 тооцоогоор тус тус гарсан.
7. Зүсэлт 1 болон 3 дээрх тооцоогоор гарсан тогтворжилтын коэффициент нь “Усны барилга

байгууламжийн зураг төсөл зохиох үндсэн журам” БНБД-33-01-03-д зааснаар ($FoS > 1.3$) их байгаа тул хажууг тогтвортой гэж үзэж байна. Харин зүсэлт 2 дээр гарсан үр дүн тогтворжилтын коэффициент хангахгүй байгаа бөгөөд тус утга нь улны шаврын үеэс ихээхэн хамааралтай байх талтай байна.

8. Тус шинжилгээний ажил нь Усны барилга байгууламжийн зураг төслийн дагалдах тооцоолол буюу тойм түвшний шинжилгээ тул цаашид нарийвчилсан геотехникийн судалгааг хийлгэхийг зөвлөж байна.
9. Цаашид хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн хормой хэсгүүдэд хатуу цэгүүд байршуулж овоолгын шилжилт хөдөлгөөнийг хянах зорилготойгоор хэмжиж байхыг зөвлөж байна. Тус хяналтын хатуу цэгийн хэмжилтээр ямар нэг хөдөлгөөн, шилжилтийг ажиглаж байх юм.
10. Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн менежментийн хяналтын ажлыг тогтмол хийх, геотехникийн эрсдэлийн төлөвлөгөөний зураг боловсруулах, холбогдох ажлуудын төлөвлөгөө, тайланд тусгаж байхыг зөвлөж байна.
11. Хөрсний овоолго, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг нэгтгэсэн байгууламжийн хажуугийн хагарал, ан цав, нурал, гулсалт үүсэх нь ажиглалтаар нэмэгдсэн тохиолдолд геотехникийн эрсдэлтэй нөхцөлд тооцно. Тиймээс геотехникийн хяналт, ажиглалтын ажлыг тогтмол хэрэгжүүлэх шаардлагатай юм. Геотехникийн эрсдэлтэй нөхцөл дараах байдлаар илэрнэ.
 - Баягууламжийн хажууд ан цав, хагарал үүсэх,
 - Байгууламжийн хажуугаас чулуу, сул хөрс нурах,
 - Байгууламжийн хажуугаас ус шүүрэх,
 - Үерийн уснаас хамгаалах далангийн хяналтыг сайжруулах,

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] Хаягдлын нэгдсэн сангийн зураг төсөл. 2024 он.
- [2] Уурхайн хаягдлын нэгдсэн байгууламж болон материалын талбайн инженер-геологийн судалгааны ажлын тайлан, 2020 он.
- [3] Австрали улсын ATC Williams LLC-ийн боловсруулан Хаягдлын нэгдсэн сангийн (Integrated Waste Facility /IWF/) зураг төсөл, 2023 он.
- [4] Шороон боомт, БНБД 33-07-09
- [5] Усны барилга байгууламжийн буурь, БНБД 33-04-09
- [6] Design and Management of Tailings Storage Facilities / Presenter Dr Andy Fourie - Principal, Environmental Geomechanics, ACG

- [7] Guidelines on the safe design and operating standards for tailings storage / Department of Minerals and Energy Western Australia, Government of Western Australia /
- [8] Duncan J.M., 1996, State of the art: Limit equilibrium and finite element analysis of slopes, Journal of Geotechnical engineering, 122 (7), 577-596.
- [9] Carlos Cacciuttolo, Valentina Guzman, Sensor technologies for safety monitoring in Mine tailings storage facilities, Geology, Catholic University of Temuco, Chile, 2024.
- [10] Rocscience, Slide 3 Tutorials.
https://www.rocscience.com/help/slide3/tutorials/Slide3_Tutorials.htm

НҮҮРСНИЙ БАЯЖУУЛАХ ҮЙЛДВЭРИЙН ХАЯГДАЛ ХУРААГУУРЫН ХАЖУУГИЙН ТОГТВОРЖИЛТЫН ШИНЖИЛГЭЭ

Дугарсүрэнгийн ГАНЗОРИГ

Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Геологи, уул уурхайн сургууль, Уурхайн технологийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: ganzorig.d@must.edu.mn

Хураангуй: Нүүрсний нойтон аргаар баяжуулах үйлдвэр нь олборлосон нүүрсийг ус ашиглан угаан баяжуулж, үнс, шавар, чулуун хольцыг ялгаж авдаг. Үүний үр дүнд ус, шаварлаг нарийн ширхэгтэй нүүрсний лаг үүсдэг бөгөөд үүнийг хаягдлын хураагуурт хуримтлуулдаг. Хаягдал хураагуурыг байгуулснаар нүүрсний баяжуулах үйлдвэрийн хаягдал лаг, усыг аюулгүй хадгалах, усыг дахин ашиглах, ус, хөрс, гадаргын орчны бохирдлоос сэргийлэх, уурхайн байгаль орчны тогтвортой байдлыг хангах чухал ач холбогдолтой. Энэхүү судалгааны ажлаар нүүрсний нойтон аргаар баяжуулах үйлдвэрийн хаягдал хураагуурын хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээг боловсрууллаа.

Түлхүүр үг: Нүүрсний ил уурхай, геотехник, нүүрс баяжуулах үйлдвэрийн хаягдал

I. ХАЯГДАЛ ХУРААГУУРЫН ТОДОРХОЙЛОЛТ

Судалгааны объект болох хаягдал хураагуур нь нүүрсний ил уурхайн нүүрс угаан баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг хадгалах, хаягдал усыг дахин ашиглах зорилготойгоор 2010 онд байгуулсан байна.

Нүүрс баяжуулах үйлдвэрийн хаягдал хураагуур нь трапец хэлбэрийн хөндлөн огтлолтой, III-р зэрэглэлийн нэгэн төрлийн шороон овоолго (шавар, хайрга, шавартай элсээс бүрдэх)-н далан гэж ангилагдана. Далангийн дээд налууугийн хажууг ус нэвтэрдэггүй HDPE геомембран материалаар хучсан байна.

Хаягдал хураагуурын ёроолын хөрсийг 0.2-0.3 м гүнтэйгээр шимт хөрсийг хуулж, 0.3 м-ийн зузаантайгаар шавар хөрсөөр хучилтыг гүйцэтгэжээ. Далангийн одоогийн параметрууд нь:

- Ёроолын хамгийн бага өндөржилт 1522 м,
- Хамгийн өндөр тал нь 1537 м,
- Далангийн нийт оройн урт 2217 м,
- Далангийн өндөр нь 15 м,
- Далангийн нийт эзэлхүүн 1537 м-ийн түвшинд 4,969,970 м³ тус тус байна.

Хаягдал хураагуурын үндсэн хэсэгт шүүрэлт байхгүй бөгөөд усан сангийн ёроолын хэсэгт бага зэрэг шүүрэлт үүсэх магадлалтай байна. Тус шүүрэлт нь усны нэвчилтийг тооцох коэффициентоор 0.016 м/хоног байхаар тооцоогоор гарчээ. Хаягдал хураагуур нь баяжуулах үйлдвэрийн хаягдац ус, гадаргын усыг хүлээн авах зориулалттай бөгөөд зун болон хаврын улиралд хур тунадас ихтэй үед урсацын ус цөөрөм рүү урсаж болзошгүй тул Хаягдал хураагуурын гадаргын өндөр талд үерийн уснаас хамгаалах шороон даланг байгуулжээ.

Баяжуулах үйлдвэрийн даралтад шүүлтүүрийн тоног төхөөрөмж /Filter Press plant/ 2013 онд

ашиглалтад орсоноор хаягдал хураагуурын ашиглалтын үйл ажиллагаа зогссон байна.

Хаягдал хураагуурын доторх хаягдцыг олборлож, дахин боловсруулж байна. Энэ нь хаягдлыг дахин ашиглаж, эдийн засгийн эргэлтэд оруулж буй сайн жишиг билээ. Хаягдал хураагуурын үйл ажиллагаа зогссоноос хойш хаягдал хураагуурын үйл ажиллагаатай холбоотой хөндлөнгийн аудитын ажил хийгдэж байгаагүй байна. Тус хөндлөнгийн аудитын ажлын шаардлагын хүрээнд хаягдал хураагуурын хажуугийн тогтворжилтын судалгааны ажлыг хийж гүйцэтгэсэн.

II. ХАЯГДАЛ ХУРААГУУРЫН ХАЖУУГИЙН ТОГТВОРЖИЛТЫН ШИНЖИЛГЭЭ

Хаягдал хураагуурын талбайн инженер-геологи, гидрогеологийн судалгааг 2010 оны 02-р сарын 1-ээс 03-р сарын 05 хүртэлх хугацаанд “Сойл трейд” ХХК гүйцэтгэж нийт 21 цоонг өрөмдөж 276.5 тууш метр өрөмдлөг, 0.5-5 м гүнтэй 8 шурф нийт 21.3 тууш метр малтуулж, хөрс чулуулгийн физик механик шинж чанарыг лабораторит шинжлүүлсэн байна.

Хаягдал хураагуурын талбайд 7 төрлийн хөрс, чулуулаг тархсан, шаварлаг элс /SC/ болон элстэй шаварлаг хайрга /GC/ хөрсүүд нь сул, элстэй шавар /CH/ хөрс дунд зэргийн хүчтэй овойлт үүсгэх шинж чанартай, талбайн гадаргуу жигд бус, хотгор гүдгэр ихтэй зэргээс геотехникийн дунд зэргийн нөхцөлтэй байсан байна.

ТАЛБАЙН ХӨРС, ЧУЛУУЛГИЙН МЕХАНИК ШИНЖ ЧАНАРЫН
ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮД

1-Р ХҮСНЭГТ

№	Хөрс, чулуулгийн нэр	Механик шинж чанарын үзүүлэлт				Газар шорооны ажлын зэрэг
		Барьцаллах хүч, кПа	Дотоод урьтгийн өнцөг, градус	Хязгаарлалтын модуль, МПа	Тооцооны эсэргүүцэл, кПа	
	Хайргатай шаварлаг элс					
	Элстэй шаварлаг хайрга /GC/					

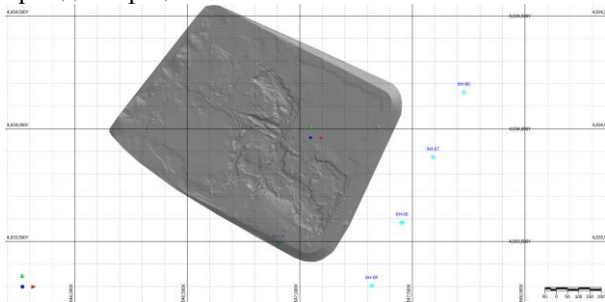
№	Хөрс, чуулгийн нэр	Механик шинж чанарын үзүүлэлт				Газар шорооны ажлын эсрэг
		Барилдах хүч, кПа	Дотоод үрэлтийн өнцөг, градус	Хэв гажилтын модуль, МПа	Тооцооны эсэргүүцэл, кПа	
	Элстэй шавар					
	Шавар ба элстэй жигд бүс ширхэгтэй элс /GP-GC/					
	Шавар ба элстэй жигд бүс ширхэгтэй элс /SP-SC/					
	Шохой /чулуужсан/	Нягт 1.94 г/см ³ , нэг чиглэлийн шахагдалд үзүүлэх бат бөхийн хязгаар 2 МПа, усанд зөөлөрнө.				
	Хагас хадан хөрс /аргиллит, алевролит, хөрзөн чулуу/	a	Нягт 2.32 г/см ³ , өгөршлийн коэффициент 0.78-0.8, нэг чиглэлийн шахагдалд үзүүлэх бат бөхийн хязгаар ус ханасан үед 5.5-8.2 МПа, байгалийн чийгтэй үед 12.5-18.6 МПа.			
			Нягт 2.4 г/см ³ , өгөршлийн коэффициент 0.8-0.85, нэг чиглэлийн шахагдалд үзүүлэх бат бөхийн хязгаар ус ханасан үед 11.5-28.4 МПа, байгалийн чийгтэй үед 19.9-37.6 МПа.			

Судалгааны талбай нь 7 баллын эрчимжилттэй газар хөдлөлийн бүс нутагт оршдог байна.

Далангийн суурь нь 1.6-2.4 м зузаантай шавранцар, элсэнцэр хөрсөн доор хүчтэй өгөршилд орсон хагас хадан чулуу /алевролит, аргиллит, элсэн чулуу, хөрзөн чулуу/ их гүнтэйгээр тархсан байна.

Далангийн суурийг бэлтгэхдээ ургамлын өнгөн хөрс болон сул хөрс бүхий 0.3 м зузаан үеийг суурийн нийт талбайгаас хуулан авч шимт хөрсний овоолгод овоолж, үндсэн хөрсийг ил гарган 0.3 м зузаан шавар үе дэвсэж, нягтруулан суурийн шүүрэлтээс хамгаалсан байна.

Инженер-геологийн судалгаагаар Хаягдал хураагуурын ул хөрсний судалгааг 5 цооног өрөмдөж гүйцэтгэжээ.



1-р зураг. Инженер-геологийн хайгуулын цооногийн байршил

Судалгааны ажлаар өмнөх судалгааны ажлын мэдээлэл болох инженер-геологи, гидрогеологи, хаягдал хураагуурын зураг төсөл, газар хөдлөлт, хаягдал болон далангийн материалын физик шинж чанарууд болон 100 жилд нэг тохиолдох үер усны эрсдэл, болзошгүй аюул, эвдрэлийг тус тус тооцож, судалгааны ажлыг гүйцэтгэсэн.

Хаягдал хураагуурын тогтворжилтын судалгаа нь эрсдэлд суурилсан загварчлалын аргачлалыг ашигладаг бөгөөд далангийн тогтворжилтын шалгуур үзүүлэлтүүд, эрсдэлийг удирдах, шийдвэр гаргахад ашигладаг. Энэхүү аргачлал нь далангийн

найдвартай байдлыг үнэлж, онолын дагуу далангийн эвдрэлээс гарах үр дагавар болон магадлалыг тодорхойлох замаар эрсдэлийг бууруулахад чиглэгддэг.

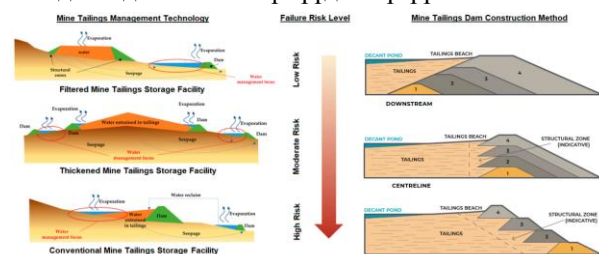
Хаягдал хураагуурын тогтворжилтын шалгуур зарчим нь удаан ба богино хугацааны турш түүний хажуу тогтвортой байх билээ. Далангийн их бие ба суурийн хөрсний шинж чанар ачааллаас хамааруулж өгөгдсөн хөндлөн огтлолын налуугийн коэффициентийг тодорхойлох зорилгоор энэхүү тооцооллыг гүйцэтгэв.

Ихэнхидээ далангийн доод налуугийн тогтворжилтыг үнэлнэ. Учир нь доод налуу огцом байхаас гадна шүүрэлтийн усны гидродинамикийн үйлчлэлд оршдог.

Далангийн хажуу нь тогтворжилтын аюулгүй байдлын коэффициентийг (Factors of Safety) хангасан байна. Энэ нь далангийн эвдрэлд тогтвортой байлгах эсэргүүцлийн хүч ба эвдлэхэд үйлчлэх хөшүүргийн хүчний харьцаагаар тодорхойлогддог. Тус тооцооллод статик болон газар хөдлөлтийн хүчний нөлөө буюу динамик хүчний нөлөөгөөр эвдрэлийн эсрэг тооцоо юм.

Далангийн дээд өндөржилт нь 1537 м, дээд налуугийн суурийн өндөржилт нь 1522.8 м, доод налуугийн суурийн өндөржилт 1519.5 м байх ба хаягдлын түвшин 1536 м-т байрлаж байна. Далангийн хажуугийн тогтворжилтын тооцоог гурван хэмжээст загварчлалын аргаар RS3 программ хангамж дээр гүйцэтгэсэн. Мөн эрсдлийг тооцож хоёр хэмжээст аргачлалаар далангийн хамгийн өндөр хэсэг буюу 25 м-ийн өндөртэй хэсэгт RS2 программ хангамж дээр тус тус тооцсон. Усны шүүрэлт даланын эвдрэл, гулсалтыг статик нөхцөлийг авч үзэв.

Далангийн дээд налууд HDPE геомембран дэвсэж өгсөнөөр гадна далангийн биеийг элс, хайрга агуулсан шавранцар, аргиллит дэвсэж сайтар нягтруулж хийсэн тул далангийн хажуугаар шүүрэх шүүрэлтийг тооцоход маш бага байна. Мөн далангийн суурийг шууд ус бага нэвтрүүлэх шавранцар, элсэнцэр хөрсөнд холбож хийсэн бөгөөд далангийн сууриар шүүрэх шүүрэлт мөн маш бага байна. Иймээс шүүрэлтийн тооцоог хийж депрессийн муруйг байгуулсан. Доорх зурагт хаягдлын далангийн төрлүүдийг үзүүлээ.



2-р зураг. Хаягдлын далангийн төрлүүд¹

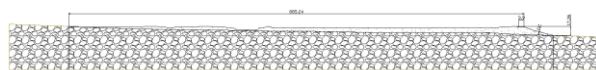
Тус нүүрс баяжуулах үйлдвэрийн хаягдал хураагуур нь доод далангийн тогтворжилт,

¹ Carlos Cacciuttolo, Valentina Guzman, Sensor technologies for safety monitoring in Mine tailings storage facilities, Geology, Catholic University of Temuco, Chile, 2024.

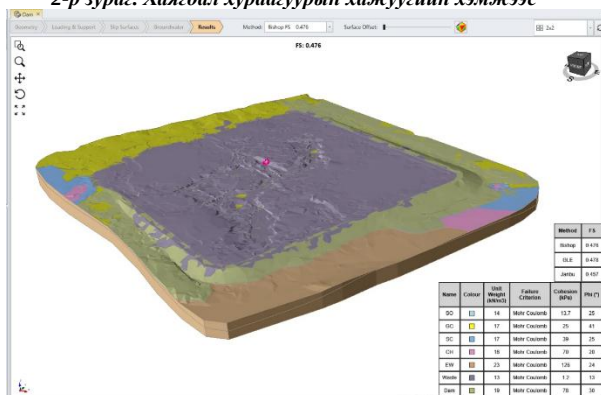
шүүрэлтийг хангаж, нэмэж давхарлаж өндөрлөдөг онцлогтой далан юм.

Хаягдал хураагуурыг ашиглаж эхэлсэнээс хойш 3 жилийн хугацаанд ашиглаад баяжуулах үйлдвэрийн технологийн өөрчлөлттэй холбоотой үйл ажиллагаа нь зогссон байна.

Далангийн параметруудийн хувьд ёроолын хамгийн бага өндөржилт 1522 м, хамгийн өндөр тал нь 1537 м, далангийн нийт оройн урт 2217 м, далангийн өндөр нь 15 м, далангийн нийт эзэлхүүн 1537 м-ийн түвшинд 4,969,970 м³ эзэлхүүнтэй байхаар тус тус байгууламжийн зураг, төслийг боловсруулсан байна.



2-р зураг. Хаягдал хураагуурын хажуугийн хэмжээс

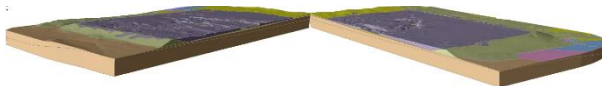


3-р зураг. Хаягдал хураагуурын гурван хэмжээст загварчлал

Хаягдал хураагуурыг нүүрсний ил уурхайн хөрс хуулалтын шавартай элс, хайрга, аргиллит хөрсөөр байгуулсан байна. Далангийн дээд налууг Монгол болон олон улсын норм, дүрэмд нийцүүлэн 1:3 налуутай /үе хооронд 1:2/, доод налууг 1:2.5 харьцаатай байгуулжээ. Далангийн дээд налуугийн хажууг ус нэвтэрдэггүй HDPE геомембран материалаар хучсан байна.

А. Инженер геолог

Хаягдал хураагуурын ул хөрсний ангилалыг инженер-геологийн хайгуулын өрөмдлөгийн цооногийн литологийг ашиглан Micromine Origin & Beyond программ дээр хөрсний гурван хэмжээст загварчлалыг үүсгэсэн.



4-р зураг. Хаягдал хураагуурын гурван хэмжээст геометр моделийн материалууд

Б. Газар хөдлөлт

Газар хөдлөлтийн бүс нутагт барилга төлөвлөх барилгын норм ба дүрэм /БНБД 22-01.01/-д зааснаар тус нүүрсний орд нь газар хөдлөлийн 5 магнитын хүчтэй газар хөдлөлтийн бүсэд оршино. Маркаллын хэмжигдэхүүнээс харахад 5 магнитутын газар хөдлөл нь VII баллтай тэнцэхээр газар хөдлөлийг үүсгэж байгаа бөгөөд 4.1-8 см/сек-ын хурдтай чичирхийлэл үүсгэж байна.

Тооцоогоор гарсан чичирхийллийн хурдыг математик пропорцийн аргаар хурдатгал (g)-д шилжүүлвэл, газар хөдлөлөөр үүсэх чичирхийллийн хурд:

$$g = (8 \times 0.092) / 16 = 0.046$$

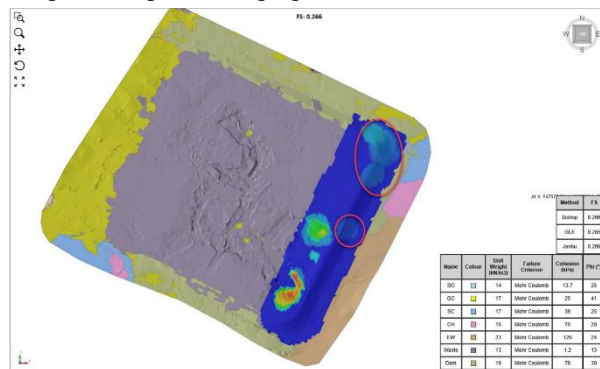
Энд:

4.1-газар хөдлөлөөр үүсэх чичирхийллийн хурд 0.092-маркаллын хэмжигдэхүүн

8-чичирхийллийн хурдны хамгийн их хурд

Хаягдал хураагуурын хажуугийн тогтворжилтын үнэлгээг чулуулгийн физик механик, бат бөх шинж чанар, ул хөрсний мэдээлэл, гидрогеологийн мэдээллийн үр дүнд тулгуурлан Rocscience Slide3 программ хангамжийг ашиглан ил уурхайн гурван хэмжээст геометр загварыг үүсгэн далангийн хажууд шинжилгээг хийсэн.

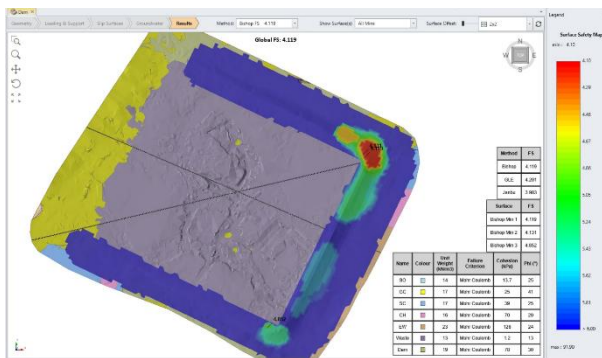
Геотехникийн судалгаанд чулуулгийн физик-механикийн шинж чанарын үзүүлэлтүүд, чулуулгийн структур ба литологи, далангийн даралт зэргийг харгалзан үзэж, далангийн хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээнүүдийг хязгаарлагдмал тэнцвэрийн аргаар Слайд (Rocscience Slide3) программ хангамжийг ашиглан Н.Моргенстерн-В.Прайс нарын логарифм спиралийн аргачлалаар гүйцэтгэв.



5-р зураг. Хаягдал хураагуурын гурван хэмжээст судалгааны геометр модель дээр шинжилгээ хийсэн хайлтын гадаргуу

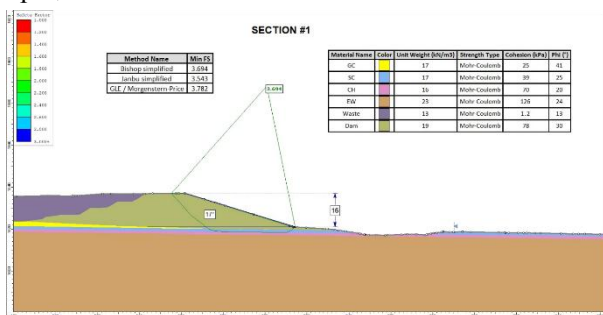
Хаягдал хураагуурын хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээгээр тогтворжилтын хязгаарын коэффициент (SRF)-ийн дугуй хэлбэрийн тохиолдлууд тооцоогоор тодорхойлогдлоо.

Хаягдал хураагуурын хажуугийн тогтворжилтын 3 хэмжээст шинжилгээгээр тогтворжилтын хязгаарын коэффициент FoS-ийн хамгийн бага утга тооцоогоор 4.119 гарсан. Тооцоогоор гарсан тогтворжилтын коэффициент нь “Усны барилга байгууламжийн зураг төсөл зохиох үндсэн журам” БНБД-33-01-03-д зааснаар (FoS>1.3) их байгаа тул далангийн хажууг тогтвортой гэж үзэж байна.

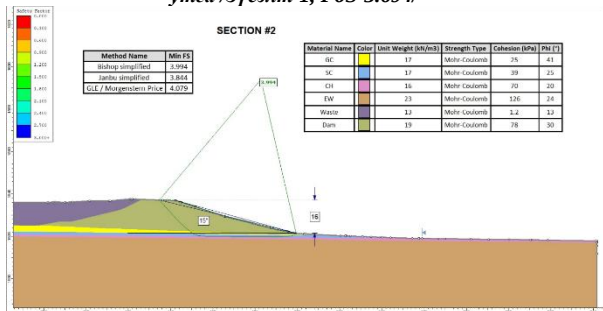


6-р зураг. Хаягдал хураагуурын судалгааны геометр модель дээрх шинжилгээний хамгийн бага FoS утга /FoS-4.119/

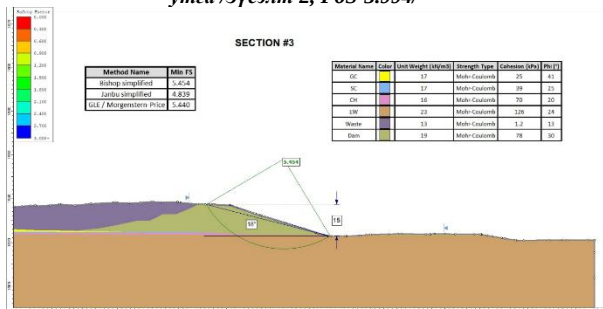
Хаягдал хураагуурын 3 хэмжээст судалгааны үр дүнг нягтлах, бататгах зорилгоор дараах зураг дээрх далангийн хамгийн бага утга агуулсан гадаргууг дайруулан зүсэлт хийж, тогтворжилтын шинжилгээг 2 хэмжээст геометр модель дээр гүйцэтгэсэн.



7-р зураг. Хаягдал хураагуурын хоёр хэмжээст судалгааны геометр модель дээрх шинжилгээний хамгийн бага FoS утга /Зүсэлт 1, FoS-3.694/



8-р зураг. Хаягдал хураагуурын хоёр хэмжээст судалгааны геометр модель дээрх шинжилгээний хамгийн бага FoS утга /Зүсэлт 2, FoS-3.994/



9-р зураг. Хаягдал хураагуурын хоёр хэмжээст судалгааны геометр модель дээрх шинжилгээний хамгийн бага FoS утга /Зүсэлт 3, FoS-5.454/

Хаягдал хураагуурын хажуугийн тогтворжилтын 2 хэмжээст шинжилгээгээр тогтворжилтын хязгаарын коэффициент FoS-ийн хамгийн бага утга тооцоогоор 3.694 гарсан. Тооцоогоор гарсан тогтворжилтын коэффициент нь “Усны барилга байгууламжийн зураг төсөл зохиох үндсэн журам” БНБД-33-01-03-д зааснаар (FoS>1.3) их байгаа тул далангийн хажууг тогтвортой гэж үзэж байна.

ДҮГНЭЛТ

1. Хаягдал хураагуур нь трапец хэлбэрийн хөндлөн огтлолтой, III-р зэрэглэлийн нэгэн төрлийн шороон овоолго (шавар, хайрга, шавартай элсээс бүрдэх)-н далан байна.
2. Далангийн дээд налуугийн хажууг ус нэвтгэрдэггүй HDPE геомембран материалаар хучсан байна.
3. Хаягдал хураагуурын одоогийн параметрууд нь: ёроолын хамгийн бага өндөржилт 1522 м, хамгийн өндөр тал нь 1537 м, далангийн нийт оройн урт 2217 м, далангийн өндөр нь 15 м, далангийн нийт эзэлхүүн 1537 м-ийн түвшинд 4,969,970 м³ тус тус байна.
4. Хаягдал хураагуурын зураг төсөлд ус зайлуулах цөөрөм төлөвлөсөн байдаг бөгөөд тус цөөрөмд одоогийн байдлаар ямар нэг шүүрсэн болон гадаргын ус хуримтлагдаагүй бөгөөд хуурай байна.
5. Хаягдал хураагуурын хажуугийн тогтворжилтын 3 хэмжээст шинжилгээгээр (RS3) тогтворжилтын хязгаарын коэффициент FoS-ийн хамгийн бага утга тооцоогоор 4.119 гарсан. Тооцоогоор гарсан тогтворжилтын коэффициент нь “Усны барилга байгууламжийн зураг төсөл зохиох үндсэн журам” БНБД-33-01-03-д зааснаар (FoS>1.3) их байгаа тул далангийн хажууг тогтвортой гэж үзэж байна.
6. Хаягдал хураагуурын хажуугийн тогтворжилтын 2 хэмжээст шинжилгээгээр (RS2) тогтворжилтын хязгаарын коэффициент FoS-ийн хамгийн бага утга зүсэлт 1-д FoS утга 1.408, зүсэлт 2-д FoS утга 1.046, зүсэлт 3-д FoS утга 1.681 тооцоогоор тус тус гарсан.
7. Хаягдал хураагуурын 3 хэмжээст судалгааны үр дүнг нягтлах, бататгах зорилгоор 3 хэмжээст хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээний хамгийн бага утга агуулсан гадаргууг дайруулан зүсэлт хийж, тогтворжилтын шинжилгээг 2 хэмжээст геометр моделийг үүсгэж, RS2 программ дээр 3 зүсэлтийн хүрээнд гүйцэтгэсэн.

8. Хаягдал хураагуур хажуугийн тогтворжилтын 2 хэмжээст шинжилгээгээр (RS2) тогтворжилтын хязгаарын коэффициент FoS-ийн хамгийн бага утга тооцоогоор 3.694 гарсан. Тооцоогоор гарсан тогтворжилтын коэффициент нь “Усны барилга байгууламжийн зураг төсөл зохиох үндсэн журам” БНБД-33-01-03-д зааснаар ($FoS > 1.3$) их байгаа тул далангийн хажууг тогтвортой гэж үзэж байна.
9. Хаягдал хураагуурын доторх хаягдал нь одоо ямар нэг ус агуулаагүй, хуурай байна. Тус даланд гадаргын ус орж ирэх тохиолдолд тус далан тогтвортой байх эсэхийг тооцов.
10. Даланд гадаргын ус орж ирэх үеийн тогтворжилтын 3 хэмжээст шинжилгээгээр (RS3) тогтворжилтын хязгаарын коэффициент FoS-ийн хамгийн бага утга тооцоогоор 4.119 гарсан. Тооцоогоор гарсан тогтворжилтын коэффициент нь “Усны барилга байгууламжийн зураг төсөл зохиох үндсэн журам” БНБД-33-01-03-д зааснаар ($FoS > 1.3$) их байгаа тул далангийн хажууг тогтвортой гэж үзэж байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] Хаягдлын далангийн 2011, 2019, 2020, 2024 онуудын эцсийн дэвсгэр зураг,
- [2] Хаягдлын далангийн 1:5000 топо зураг,
- [3] Хаягдал хадгалах байгууламжийн талбайн тоосжилтын чанарын хэмжилт, хяналтын мэдээлэл, 2012-2024 он,
- [4] Хаягдлын далангийн хяналт, дахин ашиглалтын танилцуулга, 2023 он
- [5] Хаягдлын далангийн талбайн доорх нүүрсгүйжүүлэлтийн хайгуулын цооногийн мэдээлэл, 2010 он
- [6] Нүүрс баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлын сан, даланын байгууламжийн зураг төсөл, 2011 он
- [7] Нүүрс баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлын сан, даланын байгууламжийн зураг төсөл, /нэмэлт өөрчлөлт/, 2012 он
- [8] Даланын байгууламжийн материалын нягтралын туршилтын тайлан, Сойл трейд ХХК, 2010 он
- [9] Даланын байгууламжийн материалын ширхэгийн бүрэлдэхүүний туршилтын тайлан, Сойл трейд ХХК, 2010 он
- [10] Хаягдлын далангийн геотехникийн судалгаа, Сойл трейд ХХК, 2010 он
- [11] Хаягдлын далан доторх хаягдцын шинжилгээ, Нүүрс, химийн лаборатори, 2018 он
- [12] Duncan J.M., 1996, State of the art: Limit equilibrium and finite element analysis of slopes, Journal of Geotechnical engineering, 122 (7), 577-596.
- [13] Carlos Cacciuttolo, Valentina Guzman, Sensor technologies for safety monitoring in Mine tailings storage facilities, Geology, Catholic University of Temuco, Chile, 2024..
- [14] Rocscience, Slide 3 Tutorials. https://www.rocscience.com/help/slide3/tutorials/Slide3_Tutorials.htm

БАРЖИН-УУЛЫН АЛТНЫ ҮНДСЭН ОРДЫГ ДАЛД АРГААР АШИГЛАХ АСУУДАЛД

Жамбаагийн ИЖИЛМАА¹

¹Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Геологи, уул уурхайн сургууль, Уурхайн технологийн тэнхим

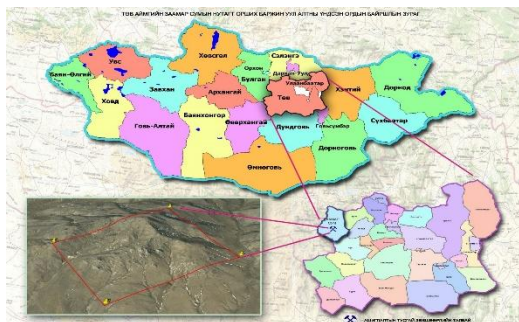
Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: ijilmaa@must.edu.mn

Хураангуй: Баржин уулын алтны үндсэн ордыг далд аргаар ашиглахдаа нарийн судлыг тусад нь ялган олборлох ашиглалтын системийн хувилбаруудыг хэвтээ үеэр чигжилттэй ашиглах ашиглалтын системтэй хослуулан хэрэглэснээр ордын үлдэгдэл нөөцийг ашиглах, уулын даралтыг удирдах, хаягдал бохирдолтын хэмжээг зохист түвшинд олборлолт явуулах боломж бүрдэнэ.

Түлхүүр үг: нарийн судал ялган олборлох, чигжээс, чигжээсний материал, ашиглалтын систем,

I. УДИРТГАЛ

Баржин-Уулын алтны үндсэн орд нь Улаанбаатар хотоос баруун зүгт 178 км, Төв аймгийн Заамар сумын төвөөс баруун тийш 8 км зайд “Баржин” нэртэй MV-006784 ашиглалтын тусгай зөвшөөрлийн талбайд оршино.



1-р зураг Баржин-Уулын алтны үндсэн ордын байршил

Баржин-Уулын хайгуулын талбайд тогтоогдсон алтны агуулгатай кварцын хоёр судлын биетүүд нь хүхэрт нэгдэл багатай алт, кварц сульфидын хүдрийн төрөлд хамаарагдах бөгөөд геологийн тогтцоор алтны үндсэн ордын ангиллын III бүлэгт багтана.

Хүдрийн биетийн үндсэн үзүүлэлтүүд

- Хүдрийн биетийн суналын дагуу нийт урт нь – 470 м

Хүдрийн биетийн дундаж зузаан – 0.56 м

- Эзлэхүүн жин – 2.6 т/м³
- Алтны дундаж агуулга – 8.22 г/т
- Хайгуулын сувгуудын хоорондох зай – 40-50 м
- Хайгуулын цооногийн гүн – 67.2-99.1 м

Тус ордод 2005-2006 онд хийсэн хайгуулын ажлын үр дүнгийн тайлан, (Ордын нөөц 2006 оны 10-р сарын 01-ний байдлаар) дахь Баржин-Уулын алтны үндсэн ордын алтны бодитой (В) нөөцийг химийн цэврээр 104.93 кг, боломжтой (С) нөөцийг химийн цэврээр 220.39 кг,

нийт нөөц нь (В+С) зэрэглэлээр 325.32 кг -аар хүлээн авсан байна.

II. ДАЛД УУРХАЙН АШИГЛАЛТЫН СИСТЕМЫН СОНГОЛТ

Баржин-Уулын алтны үндсэн орд нь 2 хүдрийн биетээс тогтох бөгөөд 1-р хүдрийн биет нь суналын дагуу 250м, уналын дагуу 200м, дунджаар 0.7м зузаантай, 2 хүдрийн биет нь суналын дагуу 86м, уналын дагуу 43м, дунджаар 0.53м зузаантай, 39-43°-ийн уналтай байна. Хүдрийн биетүүд сунал болон уналын дагуу хувирал өөрчлөлт багатай, тасралт эвдрэлд бага өртжээ. Хүдрийн болон хүдэр агуулагч чулуулгийн физик механикийн шинж чанар нь тогтвортой. Үүнд:

- Эзлэхүүн жин 2.6 т/м³,
 - Ус шингээлт 0.56%,
 - Шахалтын бат бэхийн хязгаар 84 мПа,
- Нүх сүвэрхэг шинж чанар 1.14%,

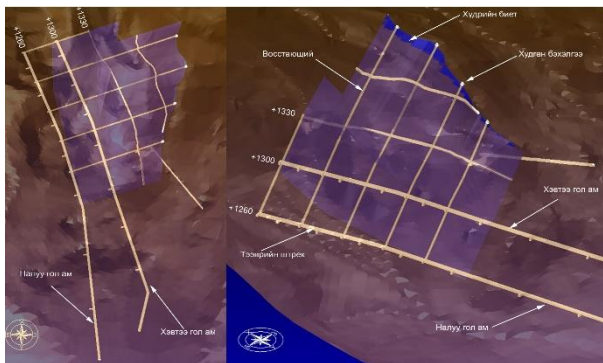
Ордын хүдрийн биетийн геологийн тогтцоос харвал 39-43°-ийн уналтай, 0.5-0.8м зузаантай, уул геологи, уул техникийн нөхцлийг харгалзан Баржин уулын алтны үндсэн ордыг нарийн судлыг тусад нь ялган олборлох ашиглалтын системийн хувилбаруудыг хэвтээ үеэр чигжилттэй ашиглах ашиглалтын системтэй хослуулан хэрэглэх нь тохиромжтой гэж тооцооны үндсэн дээр үзлээ.

Тус ашиглалтын системийн үед судлын уналын өнцгөөс хамааран хүдэр нь өөрийн жингээр буух боломжгүй тул нураасан хүдэр болон хоосон чулуулгийг скреперийн тусламжтай тээврийн штрекэд хүргэнэ. Тээврийн штрекээс ачигч машинаар хэвтээ болон налуу амаар тээвэрлэн гаргана.

Далд уурхайн бэлтгэл ажлууд буюу тухайн түвшний хэвтээ ам, тээврийн штрек, түвшний холбоос малталт, сэлгээний орт, скреперийн камер зэрэг малталтууд нэвтэрч дууссаны дараа бэлтгэгдсэн блокууд ухрах дарааллаар ашиглана.

Нураалтын үед тээврийн штрекийн дээр 3м-ийн зузаантай хамгаалалтын цулыг үлдээнэ.

Ашиглалтын блокийг доороос эхлэн хэвтээ чиглэлтэй 1-рт хүдрийн биетийг тогтоогдсон зузаанаар нь, 2-р чигжих хоосон чулуулгийг тус тус өрөмдөж тэслэнэ. Хажуугийн хоосон чулуулгийн зузаан нь нураагдсан хүдрийг ухаж-ацсаны дараа тухайн орон зайг дүүргэх хэмжээний буюу хүдрийн биетийг 0.6 м дундаж зузаантай гэж үзвэл, хоосон чулуулгийн зузаан 1.5-2 м байхаар байна.



2-р зураг Уурхайн ерөнхий төлөвлөлт

Уурхайн ашиглалтын дараалал нь 1-р хүдрийн биетээс эхлэх бөгөөд 1-р уурхайн +1260 түвшний хэвтээ ам болон бэлтгэл малталтууд түрүүлж нэвтрэн, IV-5 блокоос буюу доод түвшнээс ухрах дарааллаар нураалтын ажил явагдана. +1260 түвшний нураалтын ажилтай зэрэгцэн +1300 түвшний бэлтгэл ажлууд хийгдэнэ.

АШИГЛАЛТЫН БЛОКУУДЫН КАЛЕНДАРЧИЛСАН
ТӨЛӨВЛӨГӨӨ (ХҮДРЭЭР)

1-Р ХҮСНЭГТ

Ашиглалтын блокийн дугаар	Нөөцийн зэрэг	Ашиглалтын жилүүдэд нураах хүдрийн хэмжээ, тн				Дүн
		1-р жил	2-р жил	3-р жил	4-р жил	
III-1	1300-1330	В			2103.4	2,103.4
				119.325	2277.68	2,397.0
III-2	1300-1330	В			359.972	360.0
					3067.64	3,067.6
III-3	1300-1330	С			3243.45	3,243.5
III-4	1300-1330	С		1994.5745	1209.61	3,204.2
III-5	1300-1330	С		2915.04205		2,915.0
IV-1	1260-1300	С	49.9619	3090.38345		3,140.3
IV-2	1260-1300	С	2724.63			2,724.6
IV-3	1260-1300	С	2362.73			2,362.7
IV-4	1260-1300	С	1889.2			1,889.2
IV-5	1260-1300	С	973.482			973.5
2-I-1	1300-1330	В			1360.07	1,360.1
2-I-2	1300-1330	В			1176.46	1,176.5
Дүн			8000	8000	8000	6917.61
						30,917.6

ҮНДСЭН БОЛОН БЭЛТГЭЛ МАЛТАЛТУУДЫН
ТӨЛӨВЛӨЛТ

2-Р ХҮСНЭГТ

АИ	Үзүүлэлтүүд	Хэмжээ нэгж	Ашиглалтын жилүүд					Нийт
			1-р жил	2-р жил	3-р жил	4-р жил		
1	УУА	Хэвтээ ам	м3	706.1	706.1	-	-	1,412.1
		Налуу ам	м3	864.0	864.0	-	235.4	1,963.4
		Зууц	м3	40.0	-	-	-	40.0
		Нийт	м3	1,610.1	1,570.1	-	235.4	3,415.6
		Тээврийн ширээ	Х.ч	125.0	63.0	42.0	17.5	227.5
2	УБА	Холбоос малталт	м3	1,455.5	843.5	562.3	562.3	3,770.3
		Холбоос малталт	м3	275.5	165.3	110.2	73.5	624.4
		Нийт	м3	1,236.7	742.0	494.7	611.7	3,085.0
		Холбоос малталт	Х.ч	104.3	62.6	41.7	22.4	231.0
		Холбоос малталт	Х.ч	153.7	116.2	77.5	41.6	429.0
3	Хүдэр нураалт	Хүдэр	м3	484.5	280.9	193.9	113.4	1,069.8
		Хүдэр	м3	2,836.2	1,701.7	1,134.5	1,611.8	7,284.3
		Нийт	м3	3,320.7	1,982.6	1,328.4	1,725.2	8,362.2
		Хүдэр	м3	2,592.2	1,706.1	1,083.0	1,547.2	7,928.5
		Хүдэр	тн	6,739.05	7,243.79	7,495.96	6,622.77	28,102.1
4	Нийт уулын ажилын хэмжээ	Хүдэр	м3	3,076.9	3,076.9	3,076.9	2,960.8	11,891.4
		Хүдэр	тн	8,000.0	8,000.0	8,000.0	6,917.6	30,917.6
		Холбоос малталт	м3	4,446.3	3,271.8	1,134.5	1,847.2	10,699.8
		Холбоос малталт	м3	1,412.11	1,963.42	40.00	660.00	4,075.53
		Холбоос малталт	м3	1,412.11	1,963.42	40.00	660.00	4,075.53

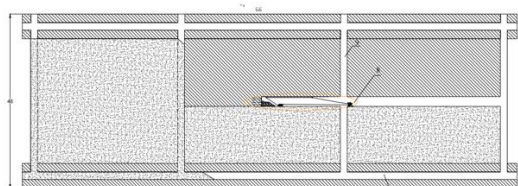
Баржин Уулын далд уурхайн олборлогдсон орон зайг тогтоон барих, гадаргын суулт үүсэхээс хамгаалах, хаягдал бохирдлын хэмжээг багасгаж уулын ажлыг явуулах орон зай үүсгэхийн тулд нарийн судлыг ялган нураасны дараа хажуугийн хоосон чулуулгийг нураан орон зай дүүргэн чигжиж уулын даралтыг удирддаг байна.

Өөрөөр хэлбэл олборлогдсон орон зайг чигжих, бэхлэх процесс нь ашиглалтын системийн технологийн мөчлөгт зайлшгүй багтдаг.

ОЛБОРЛОГДСОН ОРОН ЗАЙД ЧИГЖЭЭС ХИЙХ АРГА

3-Р ХҮСНЭГТ

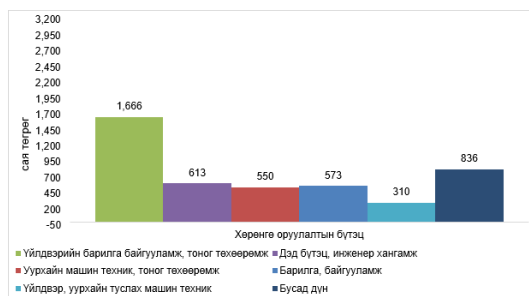
Анги	Бүлэг	Технологийн онцлог
Механик хүргэлт	Хуурай	Уулын ажлаас үүссэн бутлагдсан чулуулаг
	Хатуурах буюу цутгамал	Барьцалдуулагч хольц, ус ба инертын дүүргэгч



3-р зураг Баржин-Уулын алтны үндсэн ордын ашиглалтын систем

Манай орны хувьд чигжилттэй ашиглалтын системийн хэрэглээ болон нарийн судлыг ялган орлборлох ашиглалтын системийн хосолсон харьцангуй хэрэглэдэг далд уурхайнууд харьцангуй цөөн туршлага багатай байна.

Баржин уулын алтны үндсэн ордыг ашиглах төслийн хүрээнд нийт хөрөнгө оруулалтын хэмжээ 4,556.5 сая төгрөг болж байна



4-р зураг Баржин уулын алтны үндсэн ордыг ашиглах хөрөнгө оруулалтын задаргаа

Баржин уулын алтны үндсэн ордын далд уурхайн үйлдвэрлэлийн зардал жилд дунджаар 9,107 сая төгрөгийн үйлдвэрлэлийн зардал гарахаар байна. 1 грамм алтад ногдох үйлдвэрлэл, үйл ажиллагааны зардал 182,430 төгрөг байна

ДҮГНЭЛТ

Баржин-Уулын алтны үндсэн орд нь 4 жилийн хугацаанд нийт шинээр 4,556.5 сая төгрөгийн хөрөнгө оруулалт шаардагдах ба ордоос 30.9 мян.тн хүдэр олборлон 200.9 кг алт гарган борлуулна.

Уг төслийг хэрэгжүүлснээр 97 хүний ажлын байр бий болж, 1 ажилчны сарын дундаж цалинг 3,500 мянган төгрөг байна.

Төслийн 4 жилийн хугацааны борлуулалтын орлого 57,904.1 сая төгрөг ба нийт үйлдвэрлэл, үйл ажиллагааны зардал 41,325.4 сая төгрөг байна.

Аж ахуйн нэгжийн орлогын албан 9,457.6 сая.төг, татвар ногдуулсны дараах цэвэр ашиг 14,920.8 сая төгрөг байна. Үйл ажиллагааны мөнгөн урсгал нь 17,019.1 сая төгрөг болж байна.

Төслийн хөрөнгө оруулалтаа нөхөх хугацаа 1.4 жил, Өгөөжийн дотоод норм 71%, Өнөөгийн үнэ цэнэ (NPV@10% үед) 8,544.5 сая төгрөг байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] Молдабаева Г.Ж. Воробьев А.Е. “Закладка выработанного пространства рудников”. Москва Россия 2011г
- [2] O. Khomenko, V. Lyashenko, Improvement of filling systems for deep ore mine depth Маркшейдерия и недропользование №6(98), 2018 г
- [3] Б. Лайхансүрэн Хүдрийн далд уурхайн технологи, аэрологи Улаанбаатар 2009
- [4] Ж.Бямба-Оюу, С.Цэдэндорж “ Уул уурхайн үйлдвэрийн төслийн техник эдийн засгийн үндэс, арга зүй” УБ 2007 он
- [5] Баржин уулын алтны үндсэн ордод хийсэн хайгуулын ажлын үр дүнгийн тайлан. 2007 он.
- [6] Баржин уулын алтны үндсэн ордыг далд аргаар ашиглах ТЭЗҮ. 2009
- [7] Баржин уулын алтны үндсэн ордыг далд аргаар ашиглах ТЭЗҮ. 2011
- [8] Баржин уулын алтны үндсэн ордод хийсэн технологийн туршилт. 2006
- [9] К. С. Коликов, И. Э. Мазина, А. Г. Урузбиева “Закладка выработанного пространства как способ снижения негативного экологического воздействия при подземной угледобыче” УДК622.504, 622.831.1/3, 622. 272
- [10] Ц. Очир, О. Тэмүүл “Хүдрийн далд уурхайн технологи, процессуудын тооцоо” Улаанбаатар 2018он

[11] В.Р. Именитов “Процессы подземных горных работ при разработке рудных месторождений” Москва 1984г

[12] Ж. Ижилмаа Далд уурхайд чигжилттэй ашиглалтын системийг нэвтрүүлэх технологийн судалгаа (Улааны холимог металлын хүдрийн далд уурхайн жишээн дээр) 2025

ХОЁР. УУЛ УУРХАЙН СТРАТЕГИ, НӨХӨН СЭРГЭЭЛТ

БҮС НУТАГТ АЖ ҮЙЛДВЭРИЙГ ХӨГЖҮҮЛЭХ СТРАТЕГИ ТӨЛӨВЛӨЛТ БОЛОВСРУУЛАХ ОНОЛ АРГА ЗҮЙ /ГОВИЙН БҮСИЙН ЖИШЭЭ-ДОРНОГОВЬ АЙМАГ/

Батбаярын АРТАГБАТ¹,

Монгол улс, Улаанбаатар Уул уурхай, хүнд үйлдвэрийн салбар

Холбогдох зохиогчийн и-мэйл хаяг: Artagbat.B@gmail.com

Хураангуй: Аливаа улс, орон нутгийн хөгжлийн түвшинг тодорхойлдог гол үзүүлэлтүүдийн нэг нь аж үйлдвэрийн хөгжил юм. Олон улсын туршлагыг судалж үзэхэд аж үйлдвэрийн хөгжил, үйлдвэржилтийн хувьсгал нь урьд өмнө байгаагүй баялгийг бүтээж, түүнийг дагасан төвлөрлийг бий болгож, нийгэм эдийн засгийн асар их өөрчлөлтүүдийг авчран улмаар шинэ аж үйлдвэрийн бүсүүдийг бий болгон хот, суурин газар, хүн амын нягтралыг үүсгэдэг онцлогтой. Энэ агуулгаараа үйлдвэрлэл бол нийгмийн хөгжил бодит салбар бөгөөд хүнд үйлдвэрүүдийн хөгжлийг дагаж хөнгөн үйлдвэрүүд нь хөгждөг зүй тогтолтой байдаг. Монгол Улсын хувьд уул уурхайн салбар нь экспортын 92 хувийг, аж үйлдвэрийн салбарын нийт бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэлийн 71 хувийг тус тус бүрдүүлж байна. Монгол Улсын Засгийн газраас баримталж буй “Алсын Хараа-2050” урт хугацааны хөгжлийн бодлогыг үр дүнтэй хэрэгжүүлэх суурь нөхцлийг бүрдүүлэх зорилгоор дунд хугацааны “Шинэ сэргэлтийн бодлого”-ын хүрээнд дэвшүүлсэн боомтын сэргэлт, эрчим хүчний сэргэлт, хот, хөдөөгийн сэргэлт болон аж үйлдвэрийн сэргэлт зэрэг 10 жил хүртэлх хугацаанд хэрэгжих зорилтот хөтөлбөрүүдтэй уялдуулан Говийн бүс нутагт эрдэс баялагийн нөөцийн холболт, үйлдвэрлэлийн хүчин зүйлсэд тулгуурлан үйлдвэрлэлийн HUB-ийн байршлыг тодорхойлох аж үйлдвэрийг хөгжүүлэх шаардлага тулгараад байна. Иймд тухайн бүс нутгийн үйлдвэрлэлийн бүсүүдэд стратегийн бүтээгдэхүүнийг тодорхойлон кластериар хөгжүүлэх тогтолцоог бүрдүүлэх нь чухал юм. Ингэснээр Төр, Хувийн хэвшил, шинжлэх ухаан технологи, санхүүгийн институтын үр ашигтай хамтын ажиллагаа хөгжих боломж бүрдэнэ.

Түлхүүр үг: үйлдвэрлэлийн хүчин зүйлс, эрдэс баялгийн нөөцийн холболт, орон зайн төлөвлөлт

I. УДИРТГАЛ

Олон улсын туршлагаас харахад, аж үйлдвэрийн хөгжил нь шинэ ажлын байр, ажиллах хүчний төвлөрлийг бий болгож, бүтээмжийг дээшлүүлж ирсэн байдаг. “Аж үйлдвэржилт” нь нийгмийн болон эдийн засгийн ухааны тодорхойлолтоор зөвхөн үйлдвэр байгуулах, тоног төхөөрөмж худалдан авах, эсвэл жижиг дунд үйлдвэрлэлийг хөгжүүлэх гэсэн ойлголт биш, харин нийгмийн бүх салбарт мэдлэг, дэвшилтэт арга, технологийг нэвтрүүлэх, эзэмших, үйлдвэрлэлийг төлөвлөх, хүний нөөцийг чадавхижуулан хөгжүүлснээр үйлдвэржсэн нийгмийг бий болгох өргөн цар хүрээтэй цогц асуудал юм.

Орчин үед аж үйлдвэрийг бүс нутгийн хэмжээнд тухайн нэг салбарт газарзүйн байршлаар нь төвлөрүүлэн үйлдвэрлэлийн гинжин хэлхээг бий болгон паркийн системээр хөгжүүлж байна. Монгол Улсын хувьд “Алсын хараа-2050” Монгол Улсын урт хугацааны хөгжлийн бодлогын баримт бичигт уул уурхайн бүтээгдэхүүний боловсруулалтын түвшинг нэмэгдүүлэх, улмаар “Хүнд, хөнгөн болон эрчим хүч, барилгын материалын үйлдвэрлэлийн хэрэгцээг дотоодоос бүрэн хангаж, экспортод чиглэсэн үйлдвэрлэлийг түлхүү хөгжүүлэх” зорилтуудыг тавин ажиллаж байна [1]. Мөн 2022 оны 7-р сарын 5-нд “Үйлдвэрлэл, технологийн паркийн эрх зүйн байдлын тухай хуулийн шинэчилсэн найруулга”-ыг УИХ-аар баталсан.

Эдийн засаг, хөгжлийн яамнаас Бүсчилсэн хөгжлийн үзэл баримтлалын боловсруулан 2024

оныг бүсчилсэн хөгжлийн жил болгон зарлаж, Говийн бүсийн тэргүүлэх чиглэлийг “Уул уурхай, хүнд үйлдвэр, барилгын материалын үйлдвэрлэл” гэж тодорхойлсон. Төр бодлогоо тодорхойлж, хууль эрх зүйн орчны зохицуулалтыг бүрдүүлж өгсөн учраас шууд төсөл хэрэгжүүлэхийн өмнө чиглүүлэх үүрэг бүхий стратеги төлөвлөлттэй болох нь нэн чухал юм.

Стратеги төлөвлөлт нь ойлголт буюу зарчим бүрдүүлэх процесс юм. Иймд улсын хөгжлийн бодлого шийдвэртэй уялдуулан тухайн бүс нутаг, аймаг өөрийн бодит нөхцөл байдал, давуу талд тулгуурлаж, хөгжлийн загвараа тодорхойлон, хэрэгжилтийг ханган ажиллахын тулд стратеги төлөвлөлтийг боловсруулан хэрэгжүүлэх нөхцөл байдал үүсээд байна.

II. СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН ҮНДЭСЛЭЛ

A. Өнөөгийн нөхцөл байдал, дүн шинжилгээ

Дорноговь аймагт бүтээн байгуулалтууд өрнүүн, нутгийн хөгжил эрчимжсэн, аж үйлдвэрлэл цогцлон буй. Төрөл бүрийн ашигт малтмалын баялаг нөөцтэй. Монгол улсын гол тэнхлэг төмөр, авто зам дайран өнгөрдөг. Энэ замын дагуу аймгийн бүх сумын 42.9 хувь, хүн амын 80.2 хувь оршин сууж байна.

Байнгын ажиллагаатай Замын-Үүд, Ханги хилийн боомттой. Засаг захиргааны нэгжийн хувьд 14 сум, 65 багтай. Нутгийн өөрөө удирдах, нутгийн захиргааны болон Засаг даргын эрхлэх асуудлын

хүрээний агентлаг, төсөвт зэрэг 80 гаруй төрийн байгууллага үйл ажиллагаа явуулж байна.

В. Төсөв

Дорноговь аймаг 2022 онд улсын төсөвт 6.6 тэрбум төгрөг, орон нутагт 76.1 тэрбум төгрөгийн орлого төвлөрүүлсэн нь өмнөх оноос 2.2 дахин өссөн бөгөөд орон нутгийн хөгжлийн сангийн нийт 44.4 тэрбум төгрөгийн хөрөнгө оруулалтаар 210 бүтээн байгуулалтын төсөл, арга хэмжээнд зарцуулсан байна. Дотоодын нийт бүтээгдэхүүн 2021 оны 604.7 тэрбум төгрөг болж нэмэгдсэнээс хөдөө аж ахуйн салбарын бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэл 27.8 хувь, хувь үйлчилгээний салбар 16 хувь, үйлдвэрлэлийн салбар 4.1 хувиар тус тус өссөн бөгөөд нэг хүнд ноогдох дотоодын нийт бүтээгдэхүүн 2020 онд 7270.8 мянган төгрөг байсан бол 2021 онд 116 мянган төгрөгөөр нэмэгдсэн байна[2].

С. Үйлдвэр

Улсын хэмжээнд өнгөрсөн жил 18.5 их наяд төгрөгийн аж үйлдвэрийн бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэснээс 70 хувь нь уул уурхайн олборлох салбар эзлэх бөгөөд үүнээс 95 хувийг нь түүхийгээр экспортолж, үлдсэн 5 хувийг дотооддоо нэмүү өртөг шингээн боловсруулсан байдаг. Монгол Улсын Засгийн газрын “Аж үйлдвэржилтийн сэргэлтийн бодлого”-оор уул уурхайн олборлолтоос боловсруулалтын шатанд шилжих зорилттой байгаа. Уг зорилтын хүрээнд нэн тэргүүнд газрын тос, зэсийн баяжмал, нүүрс гүн боловсруулах болон гангын үйлдвэр байгуулах бодлого барин ажиллаж байна. Энэхүү боловсруулах үйлдвэрүүдээс хоёр үйлдвэр нь Дорноговь аймгийн нутаг дэвсгэрт баригдаж байна.

“Аж үйлдвэржилтийн сэргэлт” бодлогоор Алтанширээ суманд Газрын тос боловсруулах үйлдвэр, “Алтанширээт аж үйлдвэрийн парк”-ийг бүтээн байгуулж байна. Технологийн цогцолбор үйлдвэр ашиглалтад орсноор манай улсын өртөг өндөртэй импортыг бууруулах эдийн засгийн бие даасан байдлыг хангах ач холбогдолтой. Улмаар нефть-химийн үйлдвэрлэлийн суурь тавигдах, техник технологийн дэвшлийг эх оронд нутагшуулна. Энэ утгаараа эх орны хөгжилд түлхэц өгөх төслүүдээр зүй ёсоор нэрлэгдэнэ. Өнөөгийн байдлаар аймгийн хэмжээнд эрдэс баялаг боловсруулах, баяжуулах 30 орчим үйлдвэрийн үйл ажиллагаагаа тогтвортой явуулж байна.

Д. Хилийн боомт

“Боомтын сэргэлт” бодлогоор олон улсын жишигт нийцүүлэн Замын-Үүд боомтыг өргөтгөх төсөл хэрэгжиж байна. Монгол улсын гадаад худалдааны хамгийн том боомтын хүчин чадлыг өргөтгөснөөр улс орны ачаа тээврийн эргэлтийг тэлэх зорилготой юм. Ингэснээр Орос, Хятад

цаашлаад Ази, Европ тивийг холбосон транзит орон болох боломжтой. Хатанбулаг сумын нутгаар хиллэдэг Ханги боомтыг Монгол Улсын экспортын шинэ гарцаар тодорхойлсон бөгөөд уул уурхай, хөдөө аж ахуйн бүтээгдэхүүнийг БНХАУ руу экспортлох хамгийн дөт чиглэл гэж тодорхойлсон байдаг. Төр хувийн хэвшлийн түншлэлээр Ханги боомтын чиглэлд Зүүнбаян – Ханги төмөр замын бүтээн байгуулалтын ажлыг 11 сарын хугацаанд гүйцэтгэсэн байна.

Уг төмөр замын ачаа тээвэр эхэлснээр манай улсын эрсдлийн экспорт 20 сая тонноор, төмөр замын нийт тээвэр 65 хувиар нэмэгдэхээр төлөвлөсөн. Монгол Улсад хамгийн урт буюу 758 км төмөр зам Даланжаргалан, Айраг, Өргөн, Замын-Үүд зэрэг өсөн сумын нутгаар, улсын чанартай Чойр – Сайншанд – Замын-Үүд чиглэлийн 595 км хатуу хучилттай авто зам зургаан сумаар дамжин өнгөрдөг[2].

Е. Эрчим хүч

Монгол Улсын хэмжээнд салхины 55 МВт хүчин чадалтай “Сайншанд салхин парк”, 15 МВт хүчин чадалтай Замын-Үүд “Гэгээн” нарны цахилгаан станцууд эрчим хүчээ төвийн нэгдсэн сүлжээнд нийлүүлж, улсын ногоон сэргэлтийн бодлогод үнэтэй хувь нэмэр оруулж байна. Аймгийн нийт өрхийн 79 хувийг төвлөрсөн цахилгаан хангамжийн эх үүсвэрээр, 20.5 хувийг сэргээгдэх эрчим хүчээр хангадаг байна[2].

Ү. Орон сууц, газар олголт

Дорноговь аймгийн нийт өрхийн 57.6 хувь нийтийн орон сууцанд, 41.1 хувь уламжлалт сууц болох гэр, байшинд, үлдсэн 1.3 хувь нь бусад сууцанд амьдарч байна. Сэргээгдэх эрчим хүчний хэрэглээтэй амины орон сууцны эко хорооллуудыг байгуулах зорилтоор гэр бүлийн хамтын хэрэгцээний зориулалтаар 40.92 га газрыг 2023 онд олгохоор төлөвлөсөн байна.

Аймгийн бүх сумд Хот хөгжлийн ерөнхий төлөвлөгөөтэй бөгөөд уг төлөвлөгөөний дагуу 12 сумын төвийг төвлөрсөн халаалт, цэвэр, бохир усны шугам сүлжээнд бүрэн холбосон. Мандах, Сайхандулаан сумын төвийг холбох зураг төсөл боловсруулах зардлыг 2023 оны орон нутгийн төсөвт тусгасан байна. Мөн Сайншанд, Замын-Үүд, Хатанбулаг сумын хот хөгжлийн ерөнхий төлөвлөгөөнд шилжин суурьшигчдад зориулсан амины орон сууцны эко хорооллууд, жижиг дунд үйлдвэрүүдийг барьж байгуулах зориулалтаар газар олгохоор төлөвлөсөн байна.

Г. Аялал жуулчлал

Дорноговь аймгийн хэмжээнд аялал жуулчлалыг хөгжүүлэх мастер төлөвлөгөөг мэргэжлийн байгууллагатай хамтран боловсруулсан байдаг.

Говийн ноён Хутагт Д.Данзанравжаагийн бүтээсэн Хамрын хийд, Энергийн төв, хүслийг биелүүлэгч Хан Баянзүрх хайрхан бүхий байгалийн өвөрмөц тогтоц, түүх дурсгал, шашин соёлын төвүүд, говийн аргалийн гол байршил болсон Их нарт, археологийн олдвор ихтэй Эргэлийн зоо гээд байгалийн үзэсгэлэнт газруудад түшиглэсэн аялал жуулчлалын

бүс нутаг юм. Аймгийн хувьд цаашид хил орчмын болон хил дамнасан аялал жуулчлалын “Нэг өдрийн аялал”, “Цайны зам”-ыг эрчимтэй хөгжүүлж, жуулчдын тоог нэмэгдүүлэхээр төлөвлөсөн байна. Говийн бүсийн Дорноговь аймгийн хөгжлийн боломж, давуу болон сул талуудад хийсэн SWOT шинжилгээг 1-р хүснэгтэд үзүүлэв.

Дорноговь аймгийн хөгжлийн боломж, давуу болон сул талууд

1-Р ХҮСНЭГТ

Давуу тал	Сул тал
- ОХУ болон БНХАУ-ыг холбосон, төвийн бүсийн дэд бүтцийн гол тэнхлэг болсон төмөр зам дайран өнгөрдөг. Энэ замын дагуу тус аймгийн 6 сум /бүх сумын 42.8%/ оршдог. - Дорноговь аймаг БНХАУ-тай хиллэдэг. Хилийн байнгын үйл ажиллагаатай Замын-Үүд боомт, Ханги-Мандал боомт ажилладаг нь хил орчмын хамтын ажиллагааны тааламжтай нөхцөл бүрдүүлдэг. - Чойр-Сайншанд-Замын-Үүд чиглэлийн 432 км авто зам барихсажил хийгдэж байна. - Багануур-Сайншанд 220 кВ, Сайншанд-Замын-Үүд 110 кВ, Сайншанд-Зүүнбаян 35 кВ-ын төвлөрсөн цахилгаан эрчим хүчний системд холбогдсон. - Мандах, Хатанбулаг сумдад нар болон салхин цахилгаан станцтай, бусад сумд төвийн өндөр хүчдэлийн цахилгаан дамжуулах шугамд холбогдсон. - Харилцаа холбоо, мэдээлэл дамжуулах боломж харьцангуй сайн үүрэн холбооны 5 оператор үйл ажиллагаагаа явуулж байгаа - Айраг, Алтанширээ, Даланжаргалан, Дэлгэрэх, Сайхандулаан, Мандах, Сайншанд, Замын-үүд, Эрдэнэ, Өргөн сумд шилэн кабелиар холбогдсон. - Аж үйлдвэрт хэрэглэх түүхий эд, жонш, чулуу, хүрэн нүүрсний ордуудтай ойр байрлалтай. - Мөн Сайншандаас 45 гаруй км-т Бор хөөврийн говийн гүний усны томоохон нөөцтэй. - Газар чичирхийллийн хувьд нутаг дэвсгэр бүхэлдээ аюулгүй буюу 6 баллын бүсэд хамаарагддаг, мөнх цэвдэггүй	- Гадаргын усны нөөц бага - Сумдын үйлдвэрлэл, дэд бүтцийн хөгжил янз бүр байгаагаас хүн амын шилжих хөдөлгөөн их гардаг. - Хүн ам цөөн - Малын бэлчээрийн даац хэтэрсэн, - Малын бэлчээрийн хүрэлцээ хангалтгүй - Газар тариалангийн үйлдвэрлэлийн техник, тоног төхөөрөмж, хүний нөөц хангалтгүй - Үйлдвэр үйлчилгээний хөгжил сул - Хүнд даацын авто машины маршрут замын эвдрэлийг ихэсгэдэг - Сум суурин газрын дэд бүтэц, инженерийн шугам сүлжээ хангалтгүй - Байгалийн нөөц баялгийн зохисгүй хэрэглээ харьцангуй их, хамгаалалт сул, нөхөн сэргээлт хангалтгүй
Боломж	Сорилтууд
- Тавантолгой – Зүүнбаян – Сайншандын чиглэлийн төмөр замыг барьж дуусгасан бөгөөд энэхүү хатуу дэд бүтэц нь Цагаан суварга, Үнэгт, Зүүнбаян зэрэг зэс молибден, гөлтгөнө, цеолид, нефтийн арвин ордуудыг дайран өнгөрөх ачаа эргэлт, эдийн засгийн өндөр ач холбогдолтой бөгөөд Даланзадгад-Сайншанд-Чойбалсан чиглэлийн 1100 км төмөр зам баригдах ажлын суурь тавигдсан. - Монгол Улсын Засгийн газраас Шинэ Сэргэлтийн бодлогын хүрээнд Аж үйлдвэрийг хөгжүүлэх УТП байгуулах бодлого чиглэл гарч, бодитой хэрэгжих нь тодорхой болсон. - Мөн Оюутолгой, Таван толгой, Цагаан суварга гээд томоохон ордуудтай болон өмнөд хөрштэй газар зүйн байршлын хувьд ойр. - Байгалийн баялаг, ашигт малтмал, эрдсийн асар их нөөцтэй	- Цаг агаарын тааламжгүй нөлөөлөл ихтэй. Хүчтэй цасан ба шороон шуурга, ган, зудын аюулын давтамж нэмэгдсэн - Эмзэг байгальтай. Нөхөн сэргээгдэх нөхцөл хүнд. Элсний нүүдэл, цөлжилтийн давагдашгүй хүчин зүйлийн нөлөөлөлтэй - Бэлчээрийн даац хэтэрсэн - Хүн, малын гоц халдварт өвчин - Хууль бус лиценз олголт, ашигт малтмал олборлолт - Газар олголтөөс бэрхшээлүүд гарч болзошгүй

Н. Дүн шинжилгээ

Энэхүү стратеги төлөвлөгөөг боловсруулах ажлын хүрээнд гол нөлөөлөх хүчин зүйлс болох эдийн засгийн тогтолцоог бүрдүүлэгч үндсэн 6 салбар болох Эрдэс баялаг, үйлдвэрлэл (Суурь салбар) Хөдөө аж ахуй, үйлдвэрлэл (суурь салбар) болон Барилга байгууламж, Аялал жуулчлал, Тээвэр логистик, Эрчим хүч гэсэн бусад салбарын хүрээнд Дорноговь аймагт өмнөх хугацаанд боловсруулагдсан бодлогын баримт бичгүүд болон аймаг, сумдын хөгжлийн мастер төлөвлөгөөнд дүн шинжилгээ хийсний үндсэн дээр доорх нэгдсэн дүгнэлтийг боловсруулсан. Үүнд:

- Эрдэс баялагийн арвин их нөөцтэй учраас эрдэс баялаг, үйлдвэрлэлийн салбарыг хувийн хэвшил нь тогтвортой хөгжүүлж байгаа нь сайшаалтай байна. Мөн түүний түүний хатуу дэд бүтэц эрчимтэй хөгжиж байна. Иймд аймгийн хувьд эрдэс баялагаас хэт хамааралтай зэрэгцээ эдийн засаг хөгжиж буй тул цаашид ЗГ-аас хэрэгжүүлж буй дунд хугацааны Шинэ Сэргэлтийн бодлогын Аж үйлдвэрийн сэргэлтийн зорилтыг дэмжих ажиллахын тулд олборлолтоос боловсруулалт

руу шилжих, түүнтэй холбоотойгоор үйлдвэрүүдийг нэг бүсэд төвлөрүүлэн паркийн зохион байгуулалтанд оруулахад бодлогоор дэмжин ажиллах шаардлагатай онцолж байна.

- Дээрх эрдэс баялагийн хөгжил, уул уурхайгаас хамааралтай зэрэгцээ эдийн засагтай холбоотойгоор орон нутагт Хөдөө аж ахуй, үйлдвэрлэлийг тогтвортой хөгжүүлэх суурь дэд бүтэц алдагдсаныг энд онцолж байна. Өөрөөр хэлбэл салбар системүүдийн уялдаа холбоо буюу системтэй төлөвлөлт алдагдсан бөгөөд эдийн засгийн зүй тогтлын дагуу эдийн засгийн тогтолцоог бүрдүүлэх нь чухал юм. Иймд энэхүү зөөлөн дэд бүтцийн тогтолцоог бүрдүүлж, сум болон багт эдийн засгийн суурь дэд бүтцийг хоршооллын системд тулгуурлан бий болгох шаардлага тулгарч байна [3].

III. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

A. Онол арга зүй

Стратеги боловсруулахад нэгдсэн онолыг бүрдүүлэгч стратегийн менежментийн 10 урсгал буюу онол болон Стэйнер загварыг хослуулан боловсруулсан[7], [8]. Доорх хүснэгтээс харна уу.

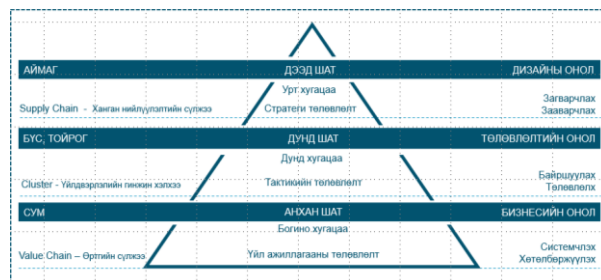
2-р ХҮСНЭГТ. СТРАТЕГИ ТӨЛӨВЛӨЛТИЙН 10 ОНОЛ

Стратеги боловсруулах нэгдсэн онол	Товч тайлбар
Дизайны онол /The Design School/	Стратеги боловсруулалт бол ойлголт буюу зарчим бүрдүүлэх процесс
Төлөвлөлтийн онол /The Planning School/	Стратеги боловсруулалт бол албан ёсны /formal/ процесс
Байршлын онол /The Positioning School/	Стратеги боловсруулалт бол шинжлэн судлах буюу аналитик процесс
Бизнесийн онол /The Entrepreneurial School/	Стратеги боловсруулалт бол зөн билгийн процесс
Танин мэдэхүйн онол /The Cognitive School/	Стратеги боловсруулалт бол оюуны процесс
Суралцах онол /The Learning School/	Стратеги боловсруулалт бол үйл ажиллагааны явцад аяндаа үүсдэг процесс
Хүчний онол /The Power School/	Стратеги боловсруулалт бол хэлэлцэн тохиролцох процесс
Соёлын онол /The Cultural School/	Стратеги боловсруулалт бол нийлмэл процесс
Орчны онол /The Environmental School/	Стратеги боловсруулалт бол орчинд хариу үйлдэл хийх процесс
Хэлбэршүүлэх онол /The Configuration School/	Стратеги боловсруулалт бол хувиргах /transformation/ процесс

Боловсруулалт талаасаа аймаг, сум, бизнесийн байгууллагууд руу чиглэсэн уг стратеги төлөвлөлтийн хэрэгжүүлэлтийн шатанд оролцох оролцоог хангах талаас нь харж боловсруулсан. Стратегийн менежментийн онолын үүднээс стратеги

төлөвлөлт боловсруулахад түвшингээр нь дээд, дунд, доод гэж ангилсан байдаг.

Дээд шатанд буюу Аймгийн түвшинд 3 бүс дээр Supply chain-Ханган нийлүүлэлтийн сүлжээг загварчилж, эдийн засгийн тойргууд дээр Cluster-Үйлдвэрлэлийн гинжин хэлхээг төлөвлөж, анхан шатанд буюу сум болон багийн түвшинд Value chain-Өртгийн сүлжээг хөгжүүлэхээр системчилж, хөтөлбөржүүлэхээр тус тус төлөвлөсөн[9].



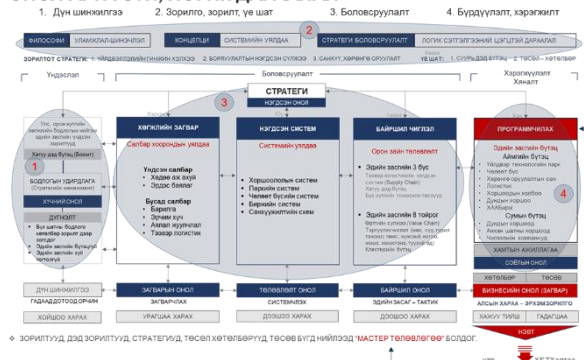
1-р зураг. Стратегийн гурван шатлалт төлөвлөлт

Онол арга зүй, логик дарааллын хувьд Стэйнер загварыг уг стратеги төлөвлөлтөнд ашигласан бөгөөд логик дарааллын хувьд 4 цогц алхамтайгаар боловсруулагдаж, бүрдсэн зорилтот стратеги юм. Үүнд:

- Дүн шинжилгээ хийж, асуудлаа олж харах
- Түүнд тулгуурлан зорилгоо тодорхойлох
- Хөгжлийн загварыг тодорхойлж, нэгдсэн систем буюу үйлдвэрлэлийн гинжин хэлхээ болон орон зайн төлөвлөлтийг боловсруулах
- Уг стратеги төлөвлөгөөг хэрэгжүүлэх эдийн засгийн бүтэц, зохион байгуулалтыг нь тодорхойлж цаашид хөтөлбөржүүлэх ажлуудад чиглэл зөвлөмжийг боловсруулах

Стратегийн 5 түлхүүр болох юуг-хаана-хэн-хэзээ-хэрхэн хэрэгжүүлэх гэсэн томьёололын дагуу боловсруулсан.

ОНОЛ АРГА ЗҮЙ, ЛОГИК ДАРААЛ



2-р зураг. Стратеги төлөвлөлтийг боловсруулсан Стэйнер загвар

Энэхүү стратеги боловсруулалтын хүрээнд доорх чиглэлүүд тодорхой болно. Үүнд:

- Бодлогын уялдаа холбоог хангасан стратеги төлөвлөлтийн бодлогын баримт бичигтэй болно.
- Тухайн орон нутаг хөрш зэргэлдээ аймгуудтайгаа хэрхэн уялдаж хөгжих боломж, бизнес эдийн засгийн харилцаа нь тодорхой болно.
- Салбар хоорондын уялдаа холбоо, хөгжлийн загвар тодорхой болно.
- Стратеги төлөвлөлтийг хөрсөн дээр буулгаж, хэрэгжүүлэх төр, хувийн хэвшлийн ажлын уялдаа холбоо болон хэрхэн хэрэгжүүлэх механизм тодорхой болно.
- Аймаг доторх эдийн засгийн тойргууд дээр байрших сумдуудын үйлдвэрлэл, эдийн засгийн бүтэц тодорхой болно,
- Эдийн засгийн тойргууд дээр байрших хэрэгжүүлэх төслүүд тодорхой болно.
- Санхүү, хөрөнгө оруулалтын урсгалыг татах чиглэлд аймгийн удирдлагын түвшинд бодлогын баримт бичиг тодорхой болж, орон нутгийн хоршоололын хөгжлийн загвар болон бизнес эрхлэгчдийн хэрэгжүүлэх боломжтой төслүүд, бизнес загвар нь тодорхой болно.

IV. СТРАТЕГИ ТӨЛӨВЛӨЛТ БОЛОВСРУУЛАЛТ

А. Аж үйлдвэр хөгжлийн суурь хүчин зүйлс

Аж үйлдвэрийн салбар нь төрийн болон хувийн хэвшлийн хамтын ажиллагаанд түшиглэсэн, өндөр бүтээмжтэй дэвшилтэт техник, технологи нэвтрүүлэх, өрсөлдөх чадвар бүхий экспортыг дэмжих, импортыг орлох бүтээгдэхүүний үйлдвэрлэлийг хөгжүүлэх, эдийн засгийн аюулгүй байдлыг хангах Монгол Улсын хөгжлийн тэргүүлэх салбар юм.

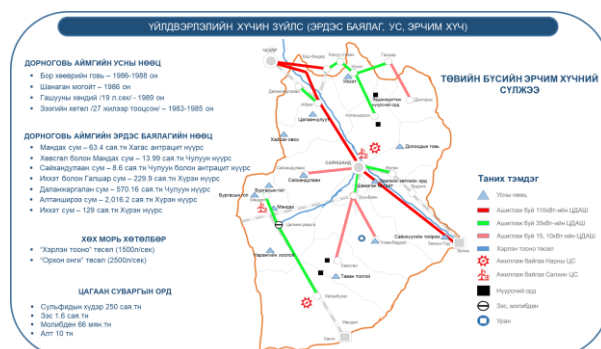
Улс орнуудын хөгжлийн түвшинг тодорхойлдог гол үзүүлэлтүүдийн нэг нь аж үйлдвэрийн хөгжил юм. Дэлхийн аж үйлдвэр (материаллаг үйлдвэрийн голлох салбар) нь хөгжингүй болон хөгжиж буй орнуудын хувьд авч үзвэл түүхий эд болон олборлох үйлдвэрүүд нь хөгжиж буй орнуудад байхад ихэнх боловсруулах үйлдвэрүүд нь хөгжингүй орнуудад байдаг.

Аж үйлдвэрийг хөгжүүлэхэд агуулгын хувьд доорх үндсэн 8 ойлголт хамаарна. Үүнд:

- **Үйлдвэрлэлийн харилцаа:** Үйлдвэрлэлийн өмнөх, Үйлдвэрлэл, Үйлдвэрлэлийн дараах гэсэн үндсэн 3 систем хамаарна.
- **Үйлдвэрлэлийн гинжин хэлхээ:** Үйлдвэрлэл нь салбар дотроо өөр хоорондоо уялдаж нэмүү өртгийн сүлжээг бий болгодог.

- **Үйлдвэрлэл технологийн парк:** Нэгдсэн дэд бүтэц, нэгдсэн логистик, хөнгөлөлт чөлөөлөлт, суурьшилын бүс дагаж явдаг.
- **Үйлдвэрлэлийн хүчин зүйлс:** Хатуу дэд бүтэц, Зөөлөн дэд бүтэц хоёр ойлголт хамаарна.
- **Үйлдвэрлэх хүчний бодлого:** Ажиллах хүчин буюу мэргэжлийн боловсон хүчин бэлтгэх ойлгот чухал.
- **Үйлдвэрлэлийн үндсэн салбар:** Хөдөө аж ахуйн салбар, Эрдэс баялагийн салбар
- **Үйлдвэрлэлийн төрөл:** Хүнд, Хөнгөн, Жижиг дунд үйлдвэрлэл
- **Үйлдвэржүүлэх хөтөлбөр /хэрэгжүүлэлт/:** Хоршоод болон иргэд, ААН-д зориулсан жижиг, дунд үйлдвэрлэл, Түүхий эд болон зах зээлд түшиглэсэн үйлдвэрлэл, Үйлдвэрлэл, технологийн парк дахь үйлдвэрлэл тус тус хамаарна.

Дорноговь аймгийн үйлдвэрлэлийн хүчин зүйлсийг тодорхойлон 3-р зурагт үзүүлэв.



3-р зураг. Үйлдвэрлэлийн хүчин зүйлс /Эрдэс баялагийн нөөц, ус, эрчим хүч,

Үйлдвэрлэлийн хүчин зүйлсэд чухал нөлөөлөл үзүүлэх хатуу болон зөөлөн дэд бүтцийн мэдээллийг 3-р хүснэгтэнд үзүүлэв.

3-Р ХҮСНЭГТ. ҮЙЛДВЭРЛЭЛИЙН ХҮЧИН ЗҮЙЛС

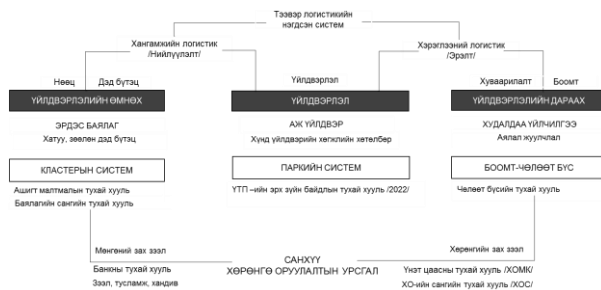
Хатуу дэд бүтэц	Зөөлөн дэд бүтэц
Авто зам - Босоо тэнхлэгийн авто зам 450 км - Тавантолгой – ханги мандал 477 км	Үйлдвэр технологийн парк - Алтанширээ үтп, - Гэрэлт говь үтп
Төмөр зам - Босоо тэнхлэгийн төмөр зам 450 км - Зүүнбаян – тавантолгой 417 км - Зүүнбаян – ханги 226.9 км - Сайншанд – баруун-урт 350 км	Боомт-эдийн засгийн чөлөөт бүс Замын-үүд ЭЗЧБ, Ханги боомт

Хатуу дэд бүтэц	Зөөлөн дэд бүтэц
Усан хангамж - Гүний ус: бор хөөврийн говь, шанаган могойт, гашууны хөндий, зээгийн хөтөл - Гадаргын ус: “хэрлэн тооно” төсөл	Хоршооллын систем - Анхан шатны хоршоо, Дундын хоршоо Биржийн систем - ХАА-н бараа, түүхий эдийн бирж - Эрдэс баялагийн бирж
Эрчим хүч - Төвийн эрчим хүчний систем - Сэргээгдэх хүч	Аймаг сумдын эдийн засгийн бүтэц Аймаг болон бүх сумдын эдийн засгийн бүтэц

В. Хөгжлийн загвар

Бүх төрлийн нэгдмэл системүүдийг эдийн засгийн суурь онолтой нь холбож хөгжлийн загварыг тодорхойлдог.

Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд тодорхойлсон хөгжлийн загварыг 3-р зургаас харна уу.



4-р зураг. Үйлдвэрлэлийн харилцаанд тулгуурлан хөгжлийн загвар

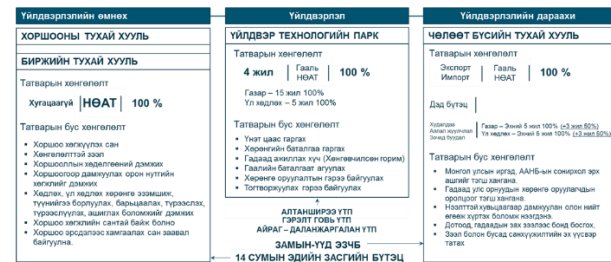
Үйлдвэрлэлийн өмнөх (хоршооллын систем, биржийн систем), үйлдвэрлэл (ҮТП, тээвэр, логикийн нэгдсэн систем), үйлдвэрлэлийн дараах (эдийн засгийн чөлөөт бүс, борлуулалтын нэгдсэн сүлжээ) гэсэн үндсэн 3 холбоост хөгжлийн загвар юм.

Үйлдвэрлэх хүчин зүйлс, үйлдвэрлэх хүчин, үйлдвэрлэлийн гинжин хэлхээ зэрэг үйлдвэрлэлийн бүхий л харилцааг зохицуулсан заалт зорилгууд нь уг бодлогын голлох хэсэг байна.

С. Хөгжлийн загвартай уялдуулсан системийн хууль эрх зүйн орчин

Үйлдвэрлэлийн харилцаа нь 3 үндсэн системээс бүрддэг. Түүхий эд бэлтгэл буюу үйлдвэрлэлийн өмнөх, үндсэн үйлдвэрлэл болон үйлдвэрлэлийн дараах гэсэн харилцаанаас тогтоно. Эдгээр 3 үйлдвэрлэлийн харилцаа буюу системийг зохицуулсан хууль эрх зүйн орчинтой юм. Үйлдвэрлэлийн өмнөх буюу түүхий эд бэлтгэлийн системийг Хоршооны тухай хууль болон биржийн тухай хуулиар, үндсэн үйлдвэрлэл явуулах системийг ҮТП-ийн эрх зүйн байдлын тухай хуулиар, үйлдвэрлэлийн дараах харилцааг сонгодог

утгаар нь авч үзвэл Чөлөөт бүсийн тухай хуулиар тус тус зохицуулсан байдаг [4]. Иймд энэ 3 хуулийг системийн хууль гэж нэрлэнэ.

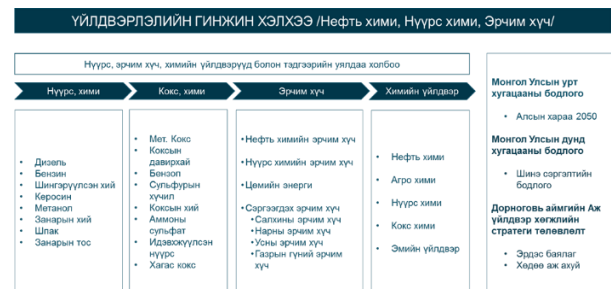


5-р зураг. Системийн хууль, татварын хөнгөлөлт

Д. Үйлдвэрлэлийн гинжин хэлхээ

Дээрх бүлэгт оруулсан стратегийн 3 шатлалт төлөвлөлтөөр эдийн засгийн тойргууд дээр Cluster-Үйлдвэрлэлийн гинжин хэлхээг төлөвлөж, анхан шатанд буюу сум болон багийн түвшинд Value chain-Өртгийн сүлжээг хөгжүүлэхээр сисмтемчилж, хөтөлбөржүүлэхээр тус тус төлөвлөсөн.

Уг стратеги төлөвлөлтийн хүрээнд эрдэс баялагийг эдийн засгийн хувьд үр ашигтай ашиглах үүднээс үйлдвэрлэлийн гинжин хэлхээнд тулгуурлан хөгжүүлэхээр төлөвлөсөн.



6-р зураг. Үйлдвэрлэлийн гинжин хэлхээ

Е. Стратеги төлөвлөлтийн байришил, чиглэлийг тодорхойлсон зураглал

Дорноговь аймгийн хэмжээнд эко систем, дэд бүтэц, таталцал зэргийг үндэслэн үндсэн 3 бүсэд хуваасан. Стратегийн менежментийн төлөвлөлтөнд бүсчилсэн хөгжлийн хөтөлбөр нь онцгой байр суурь эзэлдэг.



7-р зураг. Эдийн засгийн бүс, тойргийн төлөвлөлтийн бүдүүвч

Энэ нь ханган нийлүүлэлтийн сүлжээ, тээвэр логистикийн нэгдсэн систем, аялал жуулчлалын маршрут зэрэг эдийн засгийн голлох салбаруудын төлөвлөлт, маршрут, зураглалыг хийхэд оновчтой байдаг [5].

Хойд бүс: Даланжаргалан сум, Айраг сум, Иххэт сум, Сайншанд сум, Зүүнбаян баг, Сайхандулаан сум,

Онцлог: Монгол орны говь хээрийн бүс бүслүүрт хамрагддаг нутаг дэвсгэр.

Тэргүүлэх чиглэл: Хүнс, Хөдөө аж ахуй

Зүүн бүс: Алтанширээ сум, Дэлгэрэх сум, Өргөн сум, Замын-Үүд сум, Эрдэнэ сум, Улаанбадрах сум,

Онцлог: Монгол орны говь хээрийн бүс бүслүүрт хамрагддаг нутаг дэвсгэр.

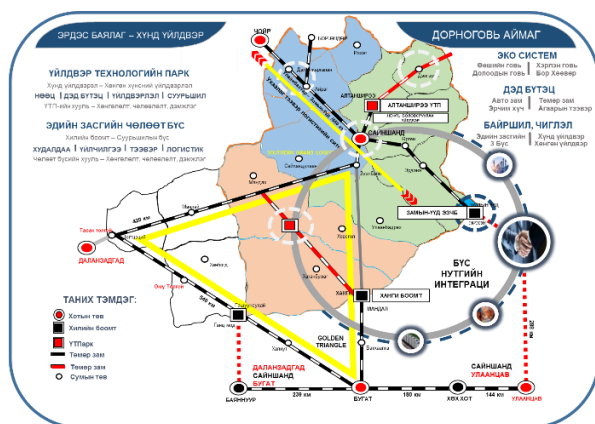
Тэргүүлэх чиглэл: Эрдэс баялаг, Хөдөө аж ахуй

Өмнөд бүс: Хатанбулаг сум, Мандах сум, Хөвсгөл сум

Онцлог: Говийн бүс /Говийн бага дархан газар Б/

Тэргүүлэх чиглэл: Хөдөө аж ахуй, Эрдэс баялаг

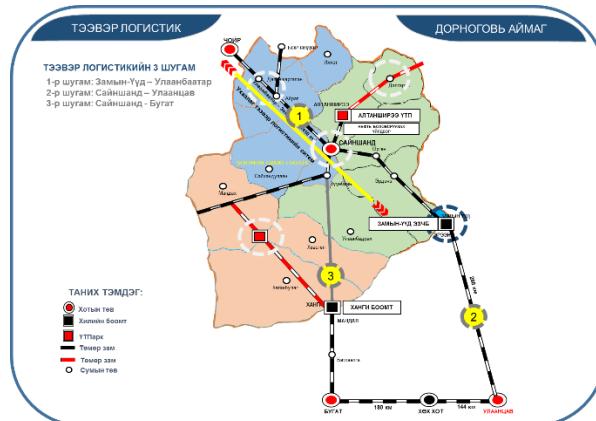
Стратеги төлөвлөгөөг боловсруулах ажлын хүрээнд байршил, чиглэлийг тодорхойлсон гол 4 төлөвлөлтийн зураглалыг боловсруулан доорх харуулав [5].



8-р зураг. Эрдэс баялаг, хүнд үйлдвэрлэлийн бүдүүвч

Стратеги төлөвлөлтийн зорилго, зорилтууд нь нийгмийн салбарын зорилтуудыг агуулаагүй зөвхөн эдийн засгийн хөгжлийн суурь дэд бүтцийг бүрдүүлэх хүрээнд боловсруулагдсан.

Өмнөх үе болон өнөөгийн байдалд хийгдсэн дүн шинжилгээ, түүнд тулгуурлан боловсруулагдсан зорилго, зорилтуудыг хэрэгжүүлэх ажлын төлөвлөгөөг богино болон дунд хугацааны 2 үе шаттай хэрэгжүүлэхээр төлөвлөсөн.



9-р зураг. Тээвэр логистик, терминаль

Аймгийн нийт 14 сумыг дэд бүтэц, газарзүйн байрлал, таталцал зэргийг нь харгалзан 5 тойрогт хуваасан. Тойргийн хэмжээнд худалдаа, бизнесийн сүлжээ, ирээдүйд кластерийн системд нэгдэх нөхцөл бололцоог бүрдүүлэх, хамгийн гол нь сум дундын үйлдвэрлэлд нэмүү өртөгийн сүлжээг бий болгох үндсэн зорилгыг агуулсан. Үүнд:

Хойд бүсийн тэргүүлэх чиглэл: Хүнс, ХАА

- **1-р тойрог:** Хүнс /Сайншанд сум, Зүүнбаян баг, Сайхандулаан сум/
- **2-р тойрог:** ХАА /Даланжаргалан сум, Айраг сум, Иххэт сум/

Зүүн бүсийн тэргүүлэх чиглэл: Эрдэс баялаг, ХАА

- **3-р тойрог:** Үйлдвэр /Алтанширээ сум, Дэлгэрэх сум, Өргөн сум/
- **4-р тойрог:** Логистик /Замын-үүд сум, Улаанбадрах сум, Эрдэнэ сум/

Өмнөд бүсийн тэргүүлэх чиглэл: Эрдэс баялаг, ХАА

- **5-р тойрог:** /Хатанбулаг сум, Мандах сум, Хөвсгөл сум/



9-р зураг. Тээвэр логистик, терминаль

Дээрх үйлдвэрлэлийн хүчин зүйлст тулгуурлан Дорноговь аймгийн 14 сумыг эдийн засгийн 3 бүс, 5 тойрогт хувааж, эрдэс баялаг болон хөдөө аж ахуйн чиглэлээр хоорондоо уялдаатай стратеги төлөвлөлтийг боловсруулсан.

шаардлагатайг энэхүү нөхцөл байдлын дүн шинжилгээнээс харж болно.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] Монгол Улсын Их Хурал “Алсын хараа-2050” Монгол Улсын урт хугацааны хөгжлийн бодлого, 2020.
- [2] АХБ, Монгол Улсын Хүртээмжтэй бөгөөд Тогтвортой Өсөлтийн Үнэлгээ 2017-2020, 2021, Азийн Хөгжлийн Банк.
- [3] Д.Ган-Очир, Монголын хөгжлийн зам: Сургамж, сорилт, боломж, 2020, УБ.
- [4] Засгийн газар, "Шинэ сэргэлтийн бодлого", УИХ-ын тогтоолын төсөл, 2021.
- [5] Аж үйлдвэрийн паркийн технологи дамжуулах төв “Төв аймгийн ХАА, үйлдвэрлэлийн стратеги төлөвлөлт” 2020.
- [6] Mintberg, H, “Research on Strategy-Making”, Proceedings of the 32nd annual Meeting of the Academy of Management (Minneapolis, 1972).
- [7] Mintberg, H, “The Strategy Concept 1: Five Ps for Strategy”, California Management Review (30,1,June:11-24).
- [8] HBR’S 10 MUST READS – STRATEGY (Harvard Business School Publishing), 2011.
- [9] OECD, New horizons: Structural policies for a strong recovery and a sustainable, inclusive and resilient future, 2020, Paris: Secretary-General of the OECD

БҮСЧИЛСЭН ХӨГЖЛИЙН ЧИГ БАРИМТЛАЛД ТҮЛХЭЦ ӨГӨХ ЭРДСИЙН БАЯЛГИЙН НӨӨЦ, БОЛОМЖУУДЫГ ҮЙЛДВЭРЖИЛТИЙН СУУРЬ ҮНДЭС БОЛГОХ АСУУДАЛД

Дугарсүрэнгийн ГАНЗОРИГ

Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Геологи, уул уурхайн сургууль, Уурхайн технологийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: ganzorig.d@must.edu.mn

Хураангуй: Үндэсний соёлоо дээдэлсэн, байгалийн унаган төрх, экосистемийн тэнцвэрт байдлыг хадгалан хойч үедээ өвлүүлсэн, эдийн засгийн төрөлжилт, дагналт, хоршилт бүхий ногоон үйлдвэрлэлийг хөгжүүлж, бүс нутгийн эдийн засгийн интеграцид нэгдсэн, хүн амын нутагшилт, суурьшлын тогтвортой тогтолцоотой, өрсөлдөх чадвартай бүсийг харьцангуй тэнцвэртэйгээр хөгжүүлэх зорилгоор Монгол улсын бүсчилсэн хөгжлийн үзэл баримтлалыг 2024 оны 06-р сарын 05-ны өдрийн №64 дугаартай МУИХ тогтоолоор баталсан байдаг. Тус үзэл баримтлалд түлхэц өгөх эрдэс баялгийн нөөц, боломжуудыг ашиглаж үйлдвэржилтийн бүсийдийг байгуулах нь чухал асуудал юм. Монгол улсын голлох ашигт малтмалын нөөцийн судалгааг эдийн засгийн бүсээр ангилж, үйлдвэржилтийн нөөц, суурь үндэс болох асуудлуудыг авч үзлээ.

Түлхүүр үг: голлох ашигт малтмал, эдийн засгийн бүс, аж үйлдвэрийн парк

I. МОНГОЛ УЛСЫН ЭРДЭС БАЯЛГИЙН НӨӨЦ¹

Монгол улсын эрдэс баялгийн мэдээллийн санг эмхлэх цэгцлэх, байгаа нөөц бололцоогоо үнэлэх, хэтийн төлөвийг тодорхойлох шаардлагын хүрээнд 522 ордод буй 20 нэр төрлийн ашигт малтмалыг судлаачдын зүгээс манай улсын голлох ашигт малтмал гэж үзэж, салбарын хөгжлийн чиг хандлагыг тодорхойлох, хөгжлийн бодлого боловсруулах, төлөвлөх, шинжилгээ судалгаа хийх ажилд ашиглах, анхаарал хандуулахыг салбарын удирдах байгууллага, мэргэжилтнүүд, судлаачдад санал болгож байна. Үүний гол үндэслэл нь монгол улсын уул уурхайн хөгжлийн түүхэн замнал ба ордын тоо судлагдсан байдал, ажиллаж буй уурхайн тоо, дэлхийн өнөөгийн ба ирээдүйн эрдэс баялгийн хэрэглээ, зах зээлийн чиг хандлагад тулгуурлаж байгаа болно. Эдгээр 20 ашигт малтмалын томоохон ордуудын тархалт байршлыг нутаг дэвсгэрээр авч үзвэл дараах байдалтай байна. Үүнд:

Алт: 15 аймгийн нутагт 86 орд, ажиллаж буй уурхай 160;

Зэс: 12 аймгийн нутагт 35 орд, ажиллаж байгаа уурхай 2;

Хайлуур жонш: 8 аймгийн нутагт 126 орд, ажиллаж байгаа 60;

Чулуун нүүрс: 13 аймгийн нутагт 50 орд, ажиллаж байгаа 35 (чулуун нүүрсний хамт);

Хүрэн нүүрс: 10 аймгийн нутагт 34 орд, ажиллаж байгаа 35 (хүрэн нүүрсний хамт);

Вольфрам: 5 аймгийн нутагт 30 орд, ажиллаж байгаа 3 уурхай;

Молибден: 8 ордын нутагт 11 орд, ажиллаж буй 2;

Уран: 5 аймгийн нутагт 13 орд, ажиллаж байгаа 1 (туршилтын);

Цайр: 4 аймгийн нутагт 5 орд, ажиллаж байгаа 1;

Төмөр: 12 аймгийн нутагт 73 орд, ажиллаж буй уурхай 20;

Цагаантугалга: 4 аймгийн нутагт 18 орд, ажиллаж байгаа 3;

Мөнгө: 5 аймгийн нутагт 6 орд;

Газрын ховор элемент: 2 аймгийн нутагт 4 орд, ашиглаагүй;

Фосфор: 2 аймгийн нутагт 3 орд, ашиглаагүй;

Хар тугалга: 3 аймгийн нутагт 5 орд, ажиллаж байгаа 2;

Хөнгөнцагаан: 2 аймгийн нутагт 3 орд, ашиглаагүй;

Хром: 1 аймгийн нутагт 3 орд, ашиглаагүй;

Лити: 2 аймгийн нутагт 7 орд, ашиглаагүй;

Манган: 2 аймгийн нутагт 4 орд, ажиллаж байгаа 1;

Берилли: 1 аймгийн нутагт 5 орд, ашиглаагүй байна.

Монгол улсад өнөөгийн байдлаар ашигт малтмалын нийт 2777 тусгай зөвшөөрөл байгаагаас хайгуулын тусгай зөвшөөрөл 1004 /нийт 4.9 сая.га талбай буюу Монгол улсын нийт газар нутгийн 3.2%/, ашиглалтын тусгай зөвшөөрөл 1773 /нийт 1.9 сая.га талбай буюу Монгол улсын нийт газар нутгийн 1.2%/. байна². Дээрх ашиглалтын тусгай зөвшөөрлийн тоо болон Монголын нийт газар нутагт эзлэх хувь хэмжээг илэрхийлсэн статистик тоо баримтаас үзэхэд манай хайгуул, олборлолтын салбар нь зогсонг байдалтай байгааг илэрхийлж байна.

Манай улсын ашигт малтмалын томоохон нөөцтэй ордууд нь Монгол улсын үндсэн хуульд

¹ Голлох ашигт малтмалын судалгаа 2017 он, Геологи, уул уурхайн сургууль

² <https://cmcs.mrpam.gov.mn/cmcs>

томьёологдсон стратегийн 16 ордуудыг³ нэрлэж болно.

Зэс: Оюу толгойн бүлэг орд, Цагаан суваргын зэс молибдений орд, Эрдэнэтийн зэс молибдений орд, **Алт:** Бороогийн алтны үндсэн орд, Гацууртын алтны үндсэн орд,

Чулуун нүүрс: Тавантолгойн чулуун нүүрсний орд, Нарийнсухайтын нүүрсний орд,

Хүрэн нүүрс: Шивээ-Овоогийн хүрэн нүүрсний орд, Багануурын хүрэн нүүрсний орд,

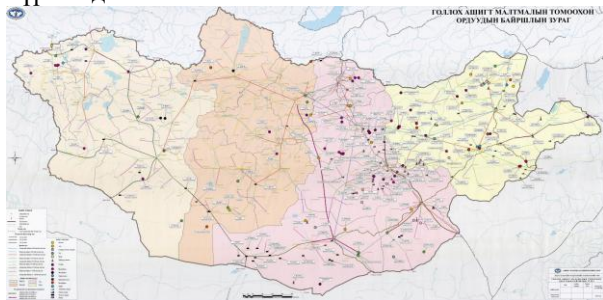
Мөнгө: Асгатын мөнгөний орд,

Төмөр: Төмөртэйн төмрийн хүдрийн орд,

Уран: Гурванбулагийн ураны орд, Мардайн ураны орд, Дорнодын ураны орд,

Цайр: Төмөртэй Овоогийн цайрын орд,

Фосфор: Бүрэнхааны фосфорын орд тус тус бүртгэгдсэн байна.



1-р зураг. Монгол улсын голлох ашигт малтмалын томоохон ордуудын байршил⁴

Алсын хараа-2050 Монгол Улсын урт хугацааны хөгжлийн бодлого, Уул уурхай, хүнд үйлдвэрийн салбарын бодлого болон бусад баримт бичигт тусгасны дагуу голлох ашигт малтмалын нөөцийг түшиглэн тухайн бүсэд боловсруулах үйлдвэрийг барьж, байгуулах мөн эцсийн бүтээгдэхүүний үйлдвэрүүдийг хөгжүүлэхээр төлөвлөсөн. Голлох ашигт малтмалын нөөц, дотоодын болон эрэлт, хэрэгцээ, бодлогын баримт бичгүүдэд тулгуурлан манай улсын голлох түүхий эдийг дараах байдлаар тодорхойллоо. Үүнд:

1. Төмрийн хүдэр,
2. Зэс,
3. Алт,
4. Мөнгө,
5. Нүүрс,
6. Уран,
7. Газрын тос,
8. Жонш,
9. Фосфор,
10. Шохойн чулуу тус тус байна.

Өнөөгийн байдлаар уул уурхайн гаралтай бүтээгдэхүүнийг боловсруулах хүнд үйлдвэрийн чиглэлээр үйл ажиллагаа эрхэлж байгаа үйлдвэрүүдийн хувьд ган туйван, ган бөөрөнцөг, катодын зэс, зэс утас, цемент, машин үйлдвэрлэл, газрын тосны бүтээгдэхүүний болон металл

хийцийн зарим үйлдвэрүүд бэхжиж, хэвийн үйл ажиллагааг ханган ажиллаж байгаа хэдий ч ихэнх үйлдвэрийн түүхий эд, сэлбэг, хэрэгсэл импортоос хараат, хүний нөөц дутагдалтай, борлуулалтыг дэмжих механизм бүрдээгүй, эргэлтийн хөрөнгө дутагдалтай, шинэ техник, технологи, тоног төхөөрөмж нэвтрүүлэх боломж хомс, эрчим хүч, дэд бүтэц, тээвэр логистикийн нэгдсэн сүлжээ бүрэлдээгүй зэрэг нөхцөлтэй байна.

Үйлдвэрлэлийг аль болох оновчтой, үр ашигтай байршуулах тухайд манайх шиг газар нутаг харьцангуй том, хүн ам сийрэг суудаг оронд үйлдвэрлэл хэрэглэгчийн хоорондын тээврийн зай хамгийн ойр байхаар бодож үйлдвэрийг байршуулах нь зардал хэмнэх үр ашгийн гол үзүүлэлт байдаг. Түүхий эдийг бэлтгэх, олборлохоос эхлээд эцсийн бүтээгдэхүүн хүртлэх үйлдвэрлэлийн дамжлагууд нь нэг тодорхой нутаг дэвсгэр дээр байршуулахыг бодолцох нь зүйтэй. Үйлдвэрлэлийг оновчтой байршуулах нөхцлийн нэг бол үйлдвэрлэлийн хоршсон ба холимог хэлбэрийг түлхүү хөгжүүлж, хаягдал багатай, дэвшилтэт технологи хэрэглэж байгалийн нөөцийг ариг гамтай ашиглах, экологийн нөхцлийг сайжруулах явдал юм. Ашигт малтмалыг олборлох, баяжуулах, боловсруулах үеийн хаягдлыг багасгах, газрын болон ойн нөөцийн ашиглалтад онцгой анхаарах явдал үйлдвэрлэлийн оновчтой байршуулах чухал хүчин зүйл юм.

II. МОНГОЛ УЛСЫН БҮСЧИЛСЭН ХӨГЖЛИЙН ҮЗЭЛ БАРИМТЛАЛ⁵

Монгол улсыг Хангайн, Баруун, Хойд, Төвийн, Зүүн, Говийн, Улаанбаатарын гэсэн бүсчлэлд хуваадаг. Бүсчилсэн хөгжлийн нийтлэг зорилгод:

- Бүс нутгийн онцлог, давуу талыг нээн илрүүлэх;
- Бүс, орон нутгийн эдийн засгийн чиг үүргийг оновчтой тодорхойлох;
- **Байгалын нөөц баялгийг зохистой, өгөөжтэй, хүртээмжтэй ашиглах;**
- Дэд бүтцийн нэгдсэн сүлжээг байгуулах;
- Шинэ суурьшлын бүс, хотуудыг байгуулах; гэх мэт зорилгуудыг тавьсан байдаг.

Дээрх зорилгуудыг биелүүлэхийн тулд Монгол улсын эрдэс баялгийн нөөц, боломжуудыг судалж аж үйлдвэрийн паркуудыг байгуулах зайлшгүй шаардлагатай юм.

Бүсчилсэн хөгжлийн үзэл баримтлалыг дараах үе шаттайгаар хэрэгжүүлнэ:

- I үе шат: 2024-2030 он;
- II үе шат: 2031-2040 он;
- III үе шат: 2041-2050 он;

Бүсчилсэн хөгжлийн үе шат бүрт хамаарах төлөвлөлтийн дагуу бүс нутгийн тэргүүлэх чиглэл,

³ <https://cmcs.mrpm.gov.mn/cmcs#c=SpecialArea&a=Index&i=6>

⁴ Монгол улсын голлох томоохон ашигт малтмалын ордуудын байршил, 2017 он, АМГТГ

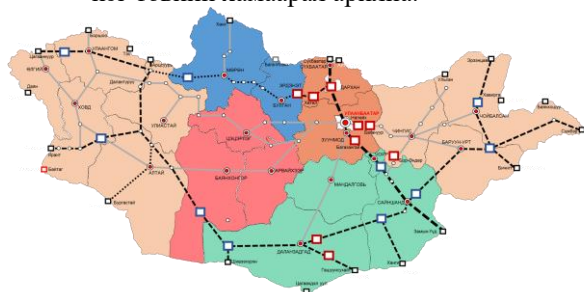
⁵

<https://legalinfo.mn/mn/detail?lawId=17140840374051&showType=1>

байгаль газар зүйн нөхцөл, нөөц, байршлын давуу талтай уялдсан төсөл, хөтөлбөрүүдийг хэрэгжүүлэх зайлшгүй шаардлагатай юм.

Монгол улсын бүсчилсэн хөгжлийн үзэл баримтлалыг хэрэгжүүлснээр:

- Бүс нутгийн эдийн засаг, нийгмийн тэнцвэрт хөгжлийг хангах, улмаар үндэсний эдийн засаг, нийгмийн дэвшлийг түргэтгэх нутаг дэвсгэрийн бүтэц зохион байгуулалтын дотоод, гадаад таатай орчныг бүрдүүлэх юм.
- Бүс бие даан хөгжих чадвартай болж, бүс нутгуудын эдийн засаг, нийгмийн хөгжлийн түвшний ялгаа багасаж, иргэдийн амьдралын чанарын үзүүлэлт өсөж, хөдөлмөр эрхлэлт нэмэгдэж, ажилгүйдэл, ядуурал буурна.
- Бүсчлэлээр дамжуулан Монгол Улсын хүн амын нутагшилт, суурьшлын оновчтой тогтолцоотой, эдийн засгийн үйл ажиллагааны төрөлжилт, дагналт, хоршилт бүхий бүс нутгийг хөгжүүлнэ.
- Бүсүүд бие даан хөгжих чадвартай болж, бүс нутгуудын эдийн засаг, нийгмийн хөгжлийн түвшний ялгаа буурна.
- Хот, хөдөөгийн иргэдийн амьдралын түвшин, чанарын ялгаа багасна.
- Хүн ам суурьшсан нутаг дэвсгэрийн дэд бүтцийн хангамж шаардлагатай түвшинд хүрч, нийлүүлэлтийн сүлжээ бүрдсэнээр нэг төвийн хамаарал арилна.



2-р зураг. Монгол улсын нийгэм-эдийн засгийн бүсүүд дэх үйлдвэрлэл технологийн паркийн байршил⁶

ДҮГНЭЛТ

1. Монгол улсын эрдэс баялгийн мэдээллийн санг эмхлэх цэгцлэх, байгаа нөөц бололцоогоо үнэлэх, хэтийн төлөвийг тодорхойлох шаардлагын хүрээнд 522 ордод буй 20 нэр төрлийн ашигт малтмалыг судлаачдын зүгээс манай улсын голлох ашигт малтмал гэж үзэж, салбарын хөгжлийн чиг хандлагыг тодорхойлох, хөгжлийн бодлого боловсруулах, төлөвлөх, шинжилгээ судалгаа хийх ажилд ашиглах, анхаарал хандуулахыг салбарын

удирдах байгууллага, мэргэжилтнүүд, судлаачдад санал болгож байна.

2. Монгол улсад өнөөгийн байдлаар ашигт малтмалын нийт 2777 тусгай зөвшөөрөл байгаагаас хайгуулын тусгай зөвшөөрөл 1004 /нийт 4.9 сая.га талбай буюу Монгол улсын нийт газар нутгийн 3.2%/, ашиглалтын тусгай зөвшөөрөл 1773 /нийт 1.9 сая.га талбай буюу Монгол улсын нийт газар нутгийн 1.2%/ байна.
3. Манай улсын ашигт малтмалын томоохон нөөцтэй ордууд нь Монгол улсын үндсэн хуульд томъёологдсон стратегийн 16 ордууд байна.
4. Голлох ашигт малтмалын нөөц, дотоодын болон эрэлт, хэрэгцээ, бодлогын баримт бичгүүдэд тулгуурлан манай улсын голлох түүхий эдийг дараах байдлаар тодорхойлсон. Үүнд: Төмрийн хүдэр, зэс, алт, мөнгө, нүүрс, уран, газрын тос, жонш, фосфор, шохойн чулуу байхаар байна.
5. Үйлдвэрлэл эдийн засгийн хөгжлийн төлөвлөлтөд 20-25 жилээс дээш эрэмбэд хамаарах урт хугацаанд, 10-20 жил буюу дунд хугацаанд, 10 жилээс дотогш богино хугацаанд ашиглах ашигт малтмалын ордууд түүнд түшиглэсэн уул уурхайн үйлдвэрүүдийн тоймыг гаргах нь эрдэс баялгийн салбарын ойрын болон алс хэтийн зорилго, зорилтуудыг тодорхойлоход чухал суурь нөхцөлүүдийн нэг байх болно.
6. Урт хугацаанд буюу 20-25 жилээс дээш хугацаанд ашиглалт явуулах ордууд нь нөөц ихтэй, мөн нөөц ихтэй биш боловч үйлдвэрлэлийн хязгаарлагдмал хүчин чадалтай уурхайгаар ашиглалт явуулах нөхцөлтэй байна. Урт хугацааг хамарсан ашиглалтад: зэс, төмөр, фосфорит, хөнгөн цагаан, цагаан тугалга, ураны хүдэр, хүрэн болон чулуун нүүрсний ордуудад боломжтой нөөцийн бүртгэл харуулж байна.
7. Дунд хугацаанд буюу 10-20 жил, мөн богино хугацаанд буюу 10 хүртэлх жилийн хугацаанд Монгол улсад 2020 онд ашиглалт явуулж буй хүдэр, нүүрс, түгээмэл ашигт малтмалын ихэнх ордуудад үйлдвэрлэл явагдах ерөнхий тойм харагдаж байна. Зэсийн хүдэр олборлох, баяжуулах Эрдэнэт, Оюутолгойн ордууд болон Цагаан суваргын орд, Тавантолгойн чулуун нүүрсний ордыг ашиглаж буй Баруун, Зүүн

⁶ Үйлдвэрлэл технологийн паркуудын байршил, Монголын үйлдвэрлэл технологийн паркуудын нэгдсэн холбоо, 2024.

цанхи, Ухаахудаг, жижиг тавантолгойн уурхай, Нарийн сухайтын ордыг ашиглаж буй 4 уурхай, Хөшөөт, Хартарвагатай, Хотгор, Баянтээг, Зээгтийн уурхайнууд, Хүрэн нүүрс олборлож буй Багануур, Шивээ-Овоо, Шарын гол, Адуунчулуун, Хөөт, Бөөрөлжүүт болон орон нутгийн эрэлтийг хангадаг бусад уурхайнууд, Төмрийн хүдэр үйлдвэрлэх Дарханы төмөрлөгийн үйлдвэрийн уурхайнууд, Архангай, Говь-Алтай аймаг дахь төмрийн хүдэр олборлох боловсруулах үйлдвэрүүд, Алтны хүдэр, шороон орд ашиглаж буй Төв, Сэлэнгэ, Баянхонгор, Дорнод, Говь-Алтайн уурхайнууд үйлдвэрлэл явуулна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] Голлох ашигт малтмалын судалгаа, Геологи, уул уурхайн сургууль, 2017 он.
- [2] Монгол улсын голлох томоохон ашигт малтмалын ордуудын байршил, АМГТГ, 2017 он.
- [3] Үйлдвэрлэл технологийн паркуудын байршил, Монголын үйлдвэрлэл технологийн паркуудын нэгдсэн холбоо, 2024 он.
- [4] <https://cmcs.mrpam.gov.mn/cmcs>
- [5] <https://cmcs.mrpam.gov.mn/cmcs#c=SpecialArea&a=Index&i=6>
- [6] <https://legalinfo.mn/mn/detail?lawId=17140840374051&showType=1>

УУРХАЙН ОРЧИН, НӨХӨН СЭРГЭЭЛТИЙН ЗАРДЛЫН ТООЦООЛЛЫН АСУУДАЛД

Батгэрэлийн УЛААНБААТАР

Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Геологи, уул уурхайн сургууль, Уурхайн технологийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: Ulaanbaatar888@must.edu.mn

Хураангуй: Уурхайн байгаль орчны менежмент, нөхөн сэргээлтийн зардлын уялдаа инженерийн тооцооллын аргачлал боловсруулах зорилго дэвшүүлэв. Ил уурхайн ашиглалтын технологийн параметрууд, нөхөн сэргээдэх талбай (S , га), нөхөн дүүргэх хөрсний хэмжээ ($V_{м^3}$), технологийн усны хэрэглээ ($W_{м^3}$) зэрэг үзүүлэлтүүдээс хамаарах нөхөн сэргээлтийн нийт зардал (C_n) –ын статистик тооцоолол хийсэн. Овоот толгой уурхайн 2024 оны байгаль орчны менежментийн төлөвлөгөө SGS нойтон баяжуулах үйлдвэрийн төсөл нөхөн сэргээлтийн тооцоолол зэрэг баримт бичиг ашиглана судалгааг хийв. Статистик шинжилгээг хөрсний эзлэхүүн нөхөн сэргээдэх талбайн хамаарал усны хэрэглээ ба зардлын хоорондын хамаарал дундаж хазайлт зардлын өсөлтийн нөлөөлөх хүчин зүйлсийг тодорхойлно. Судалгааны үр дүнгээс харахад нөхөн сэргээлтийн зардалд хөрсний эзлэхүүн 52%, талбайн хэмжээ 33%, усны хэрэглээ 15%-ийн нөлөөтэйг тогтоов. Чанарын үнэлгээнд техникийн нөхөн сэргээлтийн хэрэгжилт 85%, биологийн нөхөн сэргээлтийн хэлбэржилт 68-72% байгаа нь байгаль орчны менежментийн төлөвлөгөөний хэрэгжилт дунд-өндөр түвшинд байна. Судалгааны үр дүн нь нөхөн сэргээлтийн зардлын тооцооллыг инженерийн параметруудтай уялдуулан илүү бодитой үнэлэх боломжийг бүрдүүлж уурхайн хамтын үе шатанд байгаль орчны оновчтой стратеги боловсруулах ач холбогдолтой.

Түлхүүр үг: нөхөн сэргээлтийн зардал, усны менежмент технологийн параметр, статистик хамаарал, үнэлгээ.

I. УДИРТГАЛ

Уул уурхайн үйлдвэрлэл нь байгаль орчны тогтворжилт, экосистемийн сэргээгдэх чадавх зэрэг асуудлын суурь эх үүсвэрүүдийн нэг юм[1]. Олборлолтын явцад эвдрэлд өртсөн газрын хэвлийн нөхөн сэргээлт, усны менежмент, хөрсний тогтворжилт, уурхайн хамтын дараах газрын ашиглалтын төлөвлөлт нь байгаль орчны гол шалгарууд болдог[2].

Сүүлийн 10-н жилүүдэд уул уурхайн төслүүдийн байгаль орчны менежментийн тогтолцоо нь олон улсын стандарт, хариуцлагатай уул уурхайн зарчимтай уялдаж байна [3].

International Council on Mining and Metals[KMM], Australian Centre for Geomechanics (ACG) зэрэг байгууллагууд “Нөхөн сэргээлт”-ийг “Уурхайн амьдралын мөчлөгийн нэг үе шат” гэж тодорхойлж, инженерийн ажиллагаа, биологийн нөхөн сэргээлтийн уялдаа холбоо болно гэж үзсэн [4],[5].

Монгол улсад уул уурхайн байгаль орчны менежментийг “Уурхай, уулын болон баяжуулах үйлдвэрийн нөхөн сэргээлт, хаалтын журам”(2019, А/161)-аар зохицуулагддаг нь уурхайнууд өөрийн өөрт тохирсон менежмент төлөвлөгөө боловсруулах эрх зүйн баримтлал болдог. Гэвч нөхөн сэргээлтийн зардлын үнэлгээний аргачлал, инженерийн параметртэй уялдаа математик хамаарлын загвар, санхүүгийн тооцоолол тодорхой бус байна[6].

Судалгаанд 2024 оны “Овоот Толгойн байгаль орчны менежментийн төлөвлөгөө”, баяжуулах үйлдвэрлэл төсөл, нөхөн сэргээлтийн тооцоо зэрэг өгөгдлийг ашиглав. Тус өгөгдлүүдэд тулгуулан нөхөн сэргээлтийн талбай(S), нөхөн дүүргэх хөрсний эзлэхүүн(V), усны хэрэглээ(W) зэргийг үндэслэн судалгааны математик загвар боловсруулна.

Судалгааны ажлын онцлог нь зардлын статистик тооцооллоос гадна чанарын үнэлгээ хийхэд оршино.

II. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Уурхайн байгаль орчны менежмент болон нөхөн сэргээлтийн зардлыг инженерийн параметруудтай уялдуулан тооцох зорилгоор статистик шинжилгээ хийв.

2.1 Судалгаанд ашигласан параметрууд:

C_n - нөхөн сэргээлтийн нийт зардал

S - нөхөн сэргээгдэх талбай(га)

V – Нөхөн дүүргэх хөрсний эзлэхүүн ($м^3$)

W – Усны хэрэглээ ($м^3$)

a, b, c – Параметрийн жинлэсэн коэффициент

S нь тухай жилд нөхөн сэргээгдсэн газрын хэмжээ, V нь нөхөн дүүргэх хөрсний хэмжээ, W нь технологийн ус, нөхөн сэргээлтийн усалгаанд ашиглах хэмжээ, C_n нь тухайн жилийн нөхөн сэргээлтийн нийт хөрөнгө оруулалт, ϵ нь техникийн болон биологийн нөхөн сэргээлтийн хэрэгжилт гэж ойлгоно.

Мөн RQI бол нөхөн сэргээлтийн чанарын индекс бөгөөд ургашлах бүрхэвч, хөрсний тогтворжилт, усны чанарт багтаасан үзүүлэлт жил бүрийн байгаль орчны суурь үзүүлэлт, санхүүгийн үзүүлэлтийг тайлангаас 2020-2024 оныг хамруулж, харцуулалт хийв.

2.2 Тооцооллын загвар

Нөхөн сэргээлтийн нийт зардал[C_n]-ийг дараах загвараар тооцоолно.

Регрессийн загвар:

$$C_n = a * S + b * V + c * W + \varepsilon \quad (1)$$

Регрессийн тооцоог хамгийн бага квадратын арга ашиглан статистик хэмжигдэхүүнийг тооцоолно.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(Cn - \bar{Cn})^2}{\sum(Cn - \bar{Cn})^2} \quad (2)$$

$$R = \frac{C_o(X, y)}{\delta_x * \delta_y} \quad (3)$$

$$\delta = \sqrt{\frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (4)$$

r - Хамаарлын коэффициент,

R^2 - Тодорхойлох коэффициент,

δ - Дундаж хазайлт

1. Төслийн хэмжилтийн мэдээллийг Excel, Python[NumPy, Pandas]-ийн орчинд тооцоолол хийв.

2. Харьцуулсан шинжилгээг Spring, EBSCO ШУТТНС-ийн хайлтын систем, Монголд хэрэгжиж байгаа бусад төслүүдийн нөхөн сэргээлтийн зардлын түвшин[4][5].

3. Чанарын үнэлгээг гаргахдаа байгаль орчны менежментийн хэрэгжилтийн чанарын индексийг ашигласан.

$$RQI = \frac{0.4 U + 0.35 S + 0.25 H}{100} \quad (3)$$

U - Ус дахин ашиглалтын түвшин(%)

S -Ургамлын бүрхэвчийн сэргээлт(%)

H -Хөрсний тогтворжилтын үнэлгээ(%)

2.4 Судалгааны хязгаарлалт

Судалгаанд ашигласан өгөгдөл нь уурхайн тайлан, төсөл, өмнөх жилүүдийн жилийн эцсийн эхний үлдэгдэл үзүүлэлт ашигласан. Гэхдээ статистикийн аргаар гажилтыг бууруулсан. Байгаль орчны нөхөн сэргээлтийн чанарын үзүүлэлтийг талбайн ажиглалт болон тайлангийн дундаж үзүүлэлтээр нэгтгэсэн [7].

III. ҮР ДҮН, ШИНЖИЛГЭЭ

3.1. Нөхөн сэргээлтийн зардлын тоо шинжилгээ.

Судалгааны объектийн 2020-2024 оны хугацаанд хамаарах нөхөн сэргээлтийн зардлын өгөгдлийг нэгтгэж, дүн шинжилгээ хийв.

НӨХӨН СЭРГЭЭЛТИЙН ЗАРДЛЫН ҮНДСЭН ТООН

ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮД (2020-2024)

1-Р ХҮСНЭГТ

Он	Нөхөн сэргээдэх талбай, S(га)	Хөрсний эзлэхүүн, V(м³)	Усны хэрэглээ, W(м³)	Нийт зардал, C _n
2020	12.4	18500	10200	246.4
2021	16.8	21300	11800	319.5
2022	20.1	24100	12600	347.9
2023	23.5	27400	13900	383.1
2024	26.7	30600	15200	412.8

Нөхөн сэргээлтийн нийт зардал жил бүр тогтвортой өссөн бөгөөд 2020-2024 онд дундаж өсөлтийн хувьд 10.4% байна. Талбай, хөрсний эзлэхүүн, усны хэрэглээ зэрэг үзүүлэлтүүдийн өсөлт нь зардлын өсөлттэй шууд хамааралтай байна.

3.2 Хамаарлын шинжилгээ

Олон хувсагчтай регрессийн загвар.

$$C_n = 8.15 S + 0.0046 V + 0.0027 W + \varepsilon \quad (4)$$

ХАМААРЛЫН ТООЦООЛЛЫН РЕГРЕССИЙН ҮР ДҮН

2-Р ХҮСНЭГТ

Үзүүлэлт	Тайлбар	Утга
a	Талбайн коэффициент (сая₮/га)	8.15
b	Хөрсний эзлэхүүний коэффициент(сая₮/м³)	0.0046
c	Усны хэрэглээний коэффициент (	0.0027
R^2	Детерминацийн коэффициент	0.87
$r(S-C_n)$	Хамаарлын коэффициент	0.89
$r(V-C_n)$	Хамаарлын коэффициент	0.91
$r(W-C_n)$	Хамаарлын коэффициент	0.76
σ	Дундаж хазайлт	±0.09
ε	Зөрүү	< 5%

Хөрсний эзлэхүүн (V) нь нөхөн сэргээлтийн зардал хамгийн өндөр нөлөөтэй хувьсагч байна. Нийт зардлын ≈ 52% нь нөхөн сэргээлтийн зардал, талбайн хэмжээ ≈ 33% усны хэрэглээ ≈ 15% байна.

3.3 Нөхөн сэргээлтийн чанарын үнэлгээ:

Судалгаанд чанарын үнэлгээг техникийн болон биологийн нөхөн сэргээлтийн хэрэгжилт RQI индексээр тооцоо хийнэ.

НӨХӨН СЭРГЭЭЛТИЙН ЧАНАРЫН ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮД

3-Р ХҮСНЭГТ

Үзүүлэлт	Утга %	Жин	Нөлөөлөл
Ус дахин ашиглалт (u)	84	0.4	33.6
Ургамлын бүрхэвчийн сэргээлт(s)	71	0.35	24.9
Хөрсний тогтворжилтын үнэлгээ (H)	63	0.25	15.8
Нөхөн сэргээлтийн чанарын индекс $RQI=0.4 * u + 0.35 * s + 0.28 * H$	74.3	1.0	

Нөхөн сэргээлтийн чанарын үнэлгээ RQI=0.743 (74.3%) дунд түвшин - өндөр түвшинд байна. Техникийн нөхөн сэргээлт хангалттай боловч

биологийн нөхөн сэргээлт ургамлан бүрхэвчийн сэргээлт дутмаг байгааг ихтэй байна [8].

3.4 Шинжилгээний дүгнэлт:

1. Зардлын өсөлтийн хандлага:

2020-2024 онд нөхөн сэргээлтийн зардал 276.4 сая ₮-412.8 сая ₮ болж өссөн байна. Энэ нь инженерчлэл, ашиглалтын технологийн нарийвчлал нэмэгдсэнтэй холбоотой байна.

2. Инженерчлэлийн хүчин зүйл:

Хөрсний эзлэхүүн нь нөхөн сэргээлттэй зардлын хамгийн мэдрэмжтэй фактор үзүүлэлт болж $R^2=0.87$ нь загварын үнэмшил өндөр байна

3. Чанарын дүн:

Байгаль орчны менежментийн хэрэгжилтийн түвшин техникийн хувьд 85-90% биологийн нөхөн сэргээлтийн хувьд 69-72% байна. Төслийн зорилтын түвшин 90%-ийн биелсэн байна.

$$\Delta C_n = a * \Delta S + b * \Delta V + c * \Delta W \quad (5)$$

Жилийн өсөлтийн хандлага параметруудийн өөрчлөлтийг үнэлэх, байгаль орчны менежментийн урьдчилан тооцоолох загвар болно.

IV. ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

4.1 Нөхөн сэргээлтийн зардлын бүтэц.

Судалгааны үр дүнгээс харахад нөхөн сэргээлтийн зардлын бүтэц нь хөрсний нөхөн дүүргэх ажиллагаа нийт зардлын 52%-ийг эзэлсэн. Энэ нь Kamppila et al(2019), Wand et al (2023) нарын судалгааны агуулгатай нийцэж байна. Судлаачид уурхайн хаалт зардлын 50-55%-ийг геотехникийн ажилд зарцуулдаг байна. Нөхөн сэргээлтийн зардалд эерэг үр дүн үзүүлэхийн тулд хөрсний нөхөн дүүргэх ажилд зарцуулах хэмжээг бууруулах, тэгшилгээний ажлыг үе шаттайгаар хэрэгжүүлэх хэрэгтэй.

4.2 Инженерийн болон эдийн засгийн

Детерминацийн коэффициентийн $R^2=0.87$ нь загварын тайлбарлах чадвар өндөр, нөхөн сэргээлтийн зардлын 87% -ийг судалгаанд ашигласан параметрууд[S,V,W] тайлбарлаж чадсаныг илтгэж байна.

Үлдсэн 13% нь менежментийн үр ашиг зах зээлийн үнэ, ажиллах хүчний зардал гэх мэт гадаад хүчин зүйлээс хамаардаг байна.

Sormunen et.al (2023), Gankhuyag and Gregoire(2023) нарын судалгаанд дэвшүүлсэн инженерийн хүчин зүйлс нь уурхайн хаалтын зардал $\geq 80\%$ -ийг тодорхойлдог гэх баримтлалтай нийцэж байна.

4.4 Нөхөн сэргээлтийн стратеги

Олон улсын туршлагад нөхөн сэргээлтийн стратегийг “техник + биологи” хослолоор хэрэгжүүлж, шат дараалалтайгаар хийдэг.

Судалгааны үр дүнгээс харахад нөхөн сэргээлтийн үр ашиг:

1. Инженерийн нарийвчлалаар хөрсний нөхөн дүүргэлтийн төлөвлөлт, тэгшилгээний үр ашиг
2. Усны менежментийн хувьд ус дахин ашиглалт $\geq 90\%$ хүргэх боломж
3. Биологийн нөхөн сэргээлтийн хувьд нутгийн уур амьсгалд тохируулан сонгох

4.5. Судалгааны онолын болон практик ач холбогдол

1. Онолын түвшинд:

Судалгаанд боловсруулсан $C_n = a \cdot S + b \cdot V + c \cdot$

$W + \varepsilon$ загвар нь нөхөн сэргээлтийн зардлыг инженерийн параметрээр тайлбарлах боломжтой болохыг нотолж байна. Хаалтыг загварт ашиглах боломжтой.

2. Практик түвшинд: Энэхүү судалгаа нь байгаль орчин менежментийн зардлын төлөвлөлт санхүүгийн харьцуулсан тооцоог хийх нэмэлт боломж хаалтын үеийн хөрөнгө оруулалтын эрсдэл бууруулахад ашиглана.

4.6 Судалгааны үр дүнгийн хязгаарлалт:

Судалгаанд ашигласан өгөгдөл нь стандарт хазайлт $\sigma=\pm 0.09$ байгаа нь хамгаалттай нарийвчлалтай байна. Цаашид динамик прогноци загварыг хөгжүүлэх шаардлагатай [10].

ДҮГНЭЛТ

Уурхайн байгаль орчны менежмент ба нөхөн сэргээлтийн стратегийг инженерчлэлийн судалгаа, зардлын хамаарлын параметруудтэй уялдуулан шинжлэв.

1. Нөхөн сэргээлтийн зардлын хамаарал: Судалгаанд боловсруулсан $C_n = a \cdot S + b \cdot V + c \cdot W + \varepsilon$ хамаарлын дагуу, нөхөн сэргээлтийн нийт зардал нь хөрсний эзлэхүүн (V), нөхөн сэргээгдэх талбай (S), усны хэрэглээ (W)-тэй хүчтэй хамааралтай байгааг тогтоов. Хөрсний эзлэхүүн нь зардлын 52% талбайн хэмжээ 33% усны хэрэглээ 15%-ийн нөлөөтэй байна.
2. Статистик үр дүн: Регрессийн шинжилгээгээр $R^2=0.87$, $r(V-C_n)=0.91$, $b=\pm 0.009$ гарсан математик загварын тайлбарлах чадвар өндөр, стандарт хазайлт бага байна.
3. Чанарын үнэлгээ: Байгаль орчны менежментийн түвшин техникийн 68-72%, чанарын индекс RQI= 0.743[74.3%] байна. Судалгааны объект нь нөхөн сэргээлтийн хэрэгжилт сайн илтгэж байна.
4. Зардлын жилийн өсөлтийн дараах загварыг ашиглах боломжтой.

$$\Delta C_t = a * \Delta S + b * \Delta V + c * \Delta W$$

Байгаль орчны зардлын прогноз хийх, уурхайн хаалтын хөрөнгө оруулалтыг

оновчлолд ашиглах нь практик ач холбогдолтой.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] Овоот Толгой уурхайн Байгаль орчны менежментийн төлөвлөгөө (EMP). (2024). SGS Mongolia LLC. Шинжээчийн дүгнэлт, тооцоолол.
- [2] SGS Mongolia LLC. (2024). *Нойтон баяжуулах үйлдвэрийн техник, эдийн засгийн үндэслэл (ТЭЗҮ)*. Улаанбаатар хот.
- [3] Овоот Толгой төсөл. (2023–2024). *Нөхөн сэргээлтийн санхүүгийн баримт (Reclamation Financial Provisions)*. Шинжээчийн дүгнэлт, тооцоолол. Excel.
- [4] Gankhuyag, E., & Gregoire, M. (2023). Sustainable and responsible mining through sound mine closure. *International Journal of Coal Science & Technology*. Springer. <https://doi.org/10.1007/s40789-023-00572-x>
- [5] Sormunen, M., Esberg, C., & Saiang, D. (2023). First geomorphic mine closure site in Scandinavia—current status. In B. Abbasi, J. Parshley, A. Fourie, & M. Tibbett (Eds.), *Mine Closure 2023*. Australian Centre for Geomechanics (ACG).
- [6] Kauppila, T., Bellenfant, G., Solismaa, L., & Mittelstadt, P. (2019). Digitalisation of continuous mine closure planning and management: An EIT RawMaterials initiative. In A. B. Fourie & M. Tibbett (Eds.), *Mine Closure 2019* (pp. 125–136). Perth: Australian Centre for Geomechanics.
- [7] Wang, Y., Peng, S., & Wang, L. (2023). *Guidelines for green mine construction and management*. Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-19-9760-0>
- [8] Li, T., Li, L., Song, H., Meng, L., & Zhang, S. (2016). Evaluation of groundwater pollution in a mining area using analytical solution: A case study of the Yimin open-pit mine in China. *SpringerPlus*, 5(392). <https://doi.org/10.1186/s40064-016-2023-x>
- [9] Liu, H., Wu, Q., Chen, J., Wang, M., & Zhao, D. (2021). Environmental impacts related to closed mines in Inner Mongolia. *Sustainability*, 13(23), 13473. <https://doi.org/10.3390/su132313473>
- [10] International Council on Mining and Metals (ICMM). (2019). *Integrated mine closure: Good practice guide* (2nd ed.). London, UK: ICMM.
- [11] Tibbett, M., & Fourie, A. B. (Eds.). (2020). *Mine Closure 2020: Proceedings of the 13th International Conference on Mine Closure*. Perth: Australian Centre for Geomechanics.
- [12] Lottermoser, B. G. (2017). *Mine wastes: Characterization, treatment and environmental impacts* (3rd ed.). Springer, Berlin.
- [13] Ochieng, G. M., Hugo, A., & Bezuidenhout, N. (2020). Water management strategies for sustainable mine closure. *Journal of Cleaner Production*, 274, 122695. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122695>
- [14] Department of Industry, Science and Resources (Australia). (2021). *Mine rehabilitation handbook: Leading practice sustainable development program for the mining industry*. Canberra, Australia.
- [15] Zipper, C. E., Burger, J. A., & Skousen, J. G. (2022). Reclamation success measurement and long-term monitoring. *Environmental Earth Sciences*, 81(6), 251. Springer. <https://doi.org/10.1007/s12665-022-10379-5>

УУЛ УУРХАЙН САЛБАРЫН ТӨР-СУРГУУЛЬ-КОМПАНИЙН ХӨРӨНГӨ ОРУУЛАЛТЫН АСУУДАЛД

Батгэрэлийн УЛААНБААТАР

Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Геологи, уул уурхайн сургууль, Уурхайн технологийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: Ulaanbaatar888@must.edu.mn

Хураангуй: Уул уурхайн салбарын тогтвортой хөгжлийг хангахын тулд зөвхөн технологийн шинэчлэл бус, боловсролын чанар болон засаглалын үр өгөөжийн уялдаа холбоо чухал ач холбогдолтой юм. Судалгаа нь уул уурхайн тогтвортой хөгжлийн өгөөжид нөлөөлөх хүчин зүйлс дундаас боловсрол ба засаглалын үүргийг онолын болон практик үндэслэлтэйгээр шинжилж, салбарын хөгжилд тэдгээрийн нөлөөллийг илрүүлэхэд оршино. Судалгаанд холбогдох олон улсын туршлага, Монгол Улсын уул уурхайн салбарын хөдөлмөрийн зах зээлийн статистик болон боловсролын байгууллагын төгсөгчдийн ажил эрхлэлтийн мэдээллийг ашиглан тоон ба чанарын шинжилгээ хийв. Боловсролын хөрөнгө оруулалт нь хүний капиталын бүтээмжийг нэмэгдүүлж, улмаар салбарын өрсөлдөх чадварыг дээшлүүлэх замаар засаглалын чанарт нөлөөлдөг болохыг харуулж байна. Төр-сургууль-компанийн гурвалсан засаглалын механизмыг дэмжиж, уул уурхайн компаниудыг ирээдүйн инженер, мэргэжилтэн бэлтгэх үйл ажиллагаанд хөрөнгө оруулах хөшүүргийг бий болгох нь салбарын тогтвортой хөгжлийн гол баталгаа болохыг дүгнэлээ. Боловсрол ба засаглалын уялдааг уул уурхайн value chain (үнэ цэнийн хэлхээ)-ийн хүрээнд авч үзсэн. Салбарын хөгжлийг зөвхөн эдийн засгийн үзүүлэлтээр бус, хүний капитал ба засаглалын үр өгөөжөөр үнэлэх шинэ арга зүйтэй холбосон.

Түлхүүр үг: Хүний нөөц, Бодлогын уялдаа, Үнэлгээний гинжин хэлхээ, Засаглалын загвар

I. УДИРТГАЛ

Уул уурхайн салбар нь Монгол Улсын эдийн засгийн тулгуур хөдөлгөгч хүч төдийгүй дотоодын нийт бүтээгдэхүүн (ДНБ)-ий 20%, экспортын орлогын 90% бүрдүүлдэг. Уул уурхайн салбарын тогтвортой хөгжил нь зөвхөн ашигт малтмалын олборлолтын хэмжээгээр бус, хүний капиталын чанар, институцийн засаглал, төр-сургууль-компанийн гурвалсан түншлэлийн үр өгөөжөөр тодорхойлогдоно. Сүүлийн арван жилд уул уурхайн компаниудын хөдөлмөрийн зах зээлд инженерийн мэргэжилтнүүдийн эрэлт тогтмол өссөн боловч их, дээд сургуулиудын төгсөгчдөд тавих ур чадварын зах зээлийн шаардлагатай зөрүүтэй үр дагавар гарч байгаа нь салбарын өрсөлдөх чадварыг сулруулж буй хүчин зүйл болж байна.

Олон улсын туршлагаас харахад (жишээ нь Чили, Австрали, Канад) уул уурхайн салбарт хүний нөөцийн бүрдүүлэлтийг уул уурхайн салбарын компанийн хөрөнгө оруулалт, төрийн бодлого, сургуулийн оролцоог уялдуулсан загвараар хэрэгжүүлдэг байна. Монгол Улсад төр-сургууль-компани хоорондын хамтын ажиллагаа тогтолцооны хувьд сул, засаглалын үр өгөөж хангалтгүй, хүний нөөцийн ба бодит үйлдвэрлэлийн шаардлагын зөрүүтэй байна.

Тус судалгааны зорилго нь уул уурхайн тогтвортой хөгжлийн ирээдүйг тодорхойлох гол хүчин зүйлс дотроос боловсрол ба засаглалын уялдаа холбоог шинжилж, төр-сургууль-компаниамтын ажиллагааны үр өгөөжийг value chain-ийн үүднээс үнэлэхэд оршино. Судалгааны хүрээнд тоон болон

чанарын аргазүйг хослуулж, нэг талаас уул уурхайн чиглэлээр төгсөгчдийн ажил эрхлэлтийн статистик, хөдөлмөрийн зах зээлийн эрэлтийн тоон мэдээлэлд шинжилгээ хийх, нөгөө талаас салбарын компанийн удирдлага, төгсөгч инженерүүд, бодлого боловсруулагчдын оролцоотой чанарын судалгаа (интервью, кейс) хийх нь үр дүнтэй.

Судалгааны шинэлэг тал нь боловсрол ба засаглалын уялдаа холбоог зөвхөн хүний капиталын түвшинд бус, салбарын өрсөлдөх чадвар ба тогтвортой хөгжлийн индикаторуудтай холбон тайлбарлаж, уул уурхайн value chain-ийн хүрээнд үнэлгээний шинэ загвар дэвшүүлж буйд оршино. Цаашид Монгол Улсын уул уурхайн салбарын тогтвортой хөгжлийн бодлогод боловсролын хөрөнгө оруулалт, засаглалын үр өгөөжийг үнэлэх, төр-сургууль-компаниамтын ажиллагааны шинэчлэлийг хийх онол-практикийн суурь судалгааг өргөжүүлэх юм.

II. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Монгол Улсын уул уурхайн салбарын тогтвортой хөгжлийн ирээдүйд боловсрол ба засаглалын үүргийн нөлөөг онол, практик, тоон болон чанарын аргуудын тусламжтайгаар шинжилж, төр-сургууль-компаниамтын ажиллагааны үр өгөөжийг value chain-ийн хүрээнд үнэлэхэд чиглэгдсэн. Судалгааны арга зүй нь таван үндсэн түвшинтэй.

1. Онолын аргазүй

Уул уурхайн салбарын тогтвортой хөгжилд хүний капитал ба засаглалын үүргийг тодорхойлох чиглэлээр анх Becker-ийн Human Capital Theory [4] болон Sachs & Warner-ийн нөөц, баялгийн эдийн

засгийн нөлөөлөл [3]-ийг суурь онол болгон ашигласан. Үүнээс гадна, олон улсын туршлагаас харуулж буй уул уурхайн CSR (Corporate Social Responsibility) загваруудыг [1], салбарын хөгжлийн шинэ динамик, хөрөнгө оруулалт ба инновацын уялдааг [2,12] авч үзсэн.

2. Тоон судалгаа

Монгол Улсын уул уурхайн салбарын хүний нөөцийн бүтэц, хөдөлмөрийн зах зээлийн эрэлт, төгсөгчдийн ажил эрхлэлтийн байдал зэрэг тоон мэдээллийг [13,15,18,19] ашиглан статистик аргаар шинжилсэн. Үүнд дараах үзүүлэлтүүдийг авч үзсэн.

- Төгсөгчдийн тоо, мэргэжлийн чиглэлийн эрэлт ба нийлүүлэлт
- Инженерийн мэргэжилтнүүдийн уул уурхайн салбарын компанид орох шууд шилжилтийн хувь, %
- Хөдөлмөрийн бүтээмж, хүний капиталын өгөөжийн үзүүлэлтүүд

Дээрх тоон үзүүлэлтүүдийг **descriptive statistics** болон **correlation analysis** аргаар боловсруулж, боловсрол, засаглалын хүчин зүйлсийн салбарын өрсөлдөх чадвар, тогтвортой хөгжлийн индикаторуудтай хамаарлыг авч үзсэн.

3. Чанарын судалгаа

Салбарын бодлого боловсруулагч, уул уурхайн компанийн удирдлага, төгсөгч инженерүүдтэй **semi-structured interviews, кейсэн судалгаа (case study)** аргуудыг ашиглан чанарын мэдээлэл цуглуулсан. Судалгааны явцад дараах асуудлыг тодруулсан:

- Төр-сургууль-компанийн хамтын ажиллагааны нөлөөлөл
- Сургалтын хөтөлбөр ба үйлдвэрлэлийн бодит шаардлагын нийцэл
- Засаглалын чанар, хөрөнгө оруулалтын хөшүүрэгт тулгарч буй саад бэрхшээл

4. Тоон ба чанарын хослол

Тоон ба чанарын судалгааг нэгтгэн, төр-сургууль-компанихамтын ажиллагааны үр өгөөжийг уул уурхайн үнэ цэнийн хэлхээний хүрээнд үнэлгээний загвар болгон боловсруулсан. Энэхүү загвар нь:

$$V_y = f(E_{\text{бол}}, G_{\text{тор}}, C_{\text{ком}}) \quad (1)$$

Энд V_y нь салбарын үр өгөөж, $E_{\text{бол}}$ нь боловсролын хөрөнгө оруулалт ба хүний капитал, $G_{\text{тор}}$ нь төрийн засаглалын чанар, $C_{\text{ком}}$ нь салбарын компаниудын оролцоог илтгэнэ [5,6,7,11].

5. Эх сурвалжийн уялдаа холбоо

Судалгааны арга зүйд ашигласан эх сурвалжууд нь олон улсын стандарт, туршлагаас (World Bank [5,8], OECD [11], EITI [7], Ernst & Young [10]) авсан мэдээлэл, мөн Монгол Улсын албан ёсны тайлан, салбарын судалгаа [13–15,18–24] зэрэг бодит эх сурвалжийг хамарсан. Энэ нь судалгааны үр дүнгийн найдвартай байдал, бодит байдалд суурилсан зөвлөмж боловсруулах боломжийг нэмэгдүүлж байна.

IV. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Уул уурхайн салбарын тогтвортой хөгжлийн хүрээнд боловсрол ба засаглалын үүргийг үнэлэх зорилгоор ШУТИС-ийн уул уурхайн инженерийн төгсөгчдийн хөдөлмөр эрхлэлтийн тоон болон чанарын мэдээллийг цуглуулж, уул уурхайн салбарын компанийн хүний нөөцийн бодлого, төрийн засаглалын үзүүлэлттэй уялдуулан дүн шинжилгээ хийв.

1. Төгсөгчдийн хөдөлмөр эрхлэлт ба салбарын эрэлт

Сүүлийн 5 жилийн хугацаанд ШУТИС болон бусад их сургуулиудын уул уурхайн инженерийн төгсөгчдийн дунд хөдөлмөр эрхлэлтийн байдал нь дараах байдалтай байна [15], [13]:

ТӨГСӨГЧДИЙН ХӨДӨЛМӨР ЭРХЛЭЛТИЙН БАЙДАЛ
1-Р ХҮСНЭГТ

Жил	Төгсөгчдийн тоо	Салбарын ажилд орох боломж (%)	Компаниудын эрэлт (ажлын байр)
2019	120	65%	110
2020	135	68%	130
2021	142	70%	140
2022	150	72%	150
2023	160	75%	155

Төгсөгчдийн хөдөлмөр эрхлэлт нь салбарын эрэлттэй ойролцоо өсч байна, ур чадварын нийцэл, компанийн шаардлагатай төгсөгчдийн тоо 20–25%-тайгаар тохирч байна.

2. Боловсрол ба засаглалын хамаарал

Төгсөгчдийн ур чадварын индекс ($E_{\text{бол}}$) ба засаглалын чанарын үзүүлэлт ($G_{\text{тор}}$, WGI – World Bank [8]) хоорондын хамаарлыг Pearson correlation-аар тооцсон:

$$r(E_{\text{бол}}, G_{\text{тор}}) = 0.68 \quad (2)$$

Энэ нь боловсролын чанар ба засаглалын чанар хооронд эерэг хүчтэй хамааралтайг харуулж байна.

3. Үнэ цэнийн хэлхээний загварчлал

Салбарын үр өгөөжийг (Vsector) боловсрол (Edu), төрийн засаглал (Gov), компаниудын хөрөнгө оруулалт (Corp) хоорондын уялдаа холбоогоор томьёолвол:

$$V_y = 0.5 \cdot E_{\text{бол}} + 0.3 \cdot G_{\text{төр}} + 0.2 \cdot C_{\text{ком}} \quad (3)$$

ТОДОРХОЙ ИНДЕКСҮҮДИЙГ 0–100 SCALE-Д
ХӨРВҮҮЛСЭН ТООЦООЛЫН ҮР ДҮН

2-Р ХҮСНЭГТ

Жил	Ебол (төгсөгчдийн индекс)	Gтөр (WGI)	Cком (хөрөнгө оруулалт)	V _y
2019	70	60	55	64.5
2020	72	62	60	67.2
2021	74	63	62	68.8
2022	76	65	65	71.2
2023	78	67	68	73.1

Боловсролын индекс, засаглалын чанар, компаниудын хөрөнгө оруулалт нэмэгдэх тусам салбарын үнэ цэнийн хэлхээний үр өгөөж тогтмол өсөж байна. Төр-сургууль-компанийн хамтын ажиллагаа болон хөрөнгө оруулалт нь салбарын тогтвортой хөгжлийг хангах гол хүчин зүйл болж байна [5], [6], [15], [18]. Тоон үзүүлэлтийг ажил эрхлэлтийн хувь, хөтөлбөрийн чанарын үнэлгээ, төгсөгчдийн дундаж ажил эрхлэлт, боловсролын салбарт ААН-ийн оруулсан хөрөнгө оруулалт, тэтгэлэг-дэмжлэгийн тоо гэх мэт параметруудээр үнэлэгдэж, тооцоологдсон.

4. Чанарын судалгааны дүгнэлт

- Кейс судалгааны хувьд компанийн удирдлага, төгсөгчид, бодлого боловсруулагчид төр-сургууль-компанийн харилцан хамаарал сул гэж дүгнэсэн.
- Төгсөгчдийн ур чадвар, практик туршлага нь салбарын үнэлгээний системд шууд нөлөөлдөг. Хөрөнгө оруулалтын дутагдал нь салбарын өрсөлдөх чадварыг бууруулдаг.
- Үнэ цэнийн хэлхээний загвараас харахад боловсролын хөрөнгө оруулалт ба засаглалын чанар нь салбарын үр өгөөжид шууд, бие даасан нөлөө үзүүлдэг болохыг харж болно.

ДҮГНЭЛТ

Тоон болон чанарын шинжилгээний үр дүнд төр-сургууль-компанийн хамтын ажиллагаа, боловсролд чиглэх хөрөнгө оруулалт, засаглалын чанар нь Монгол Улсын уул уурхайн салбарын тогтвортой хөгжлийг тодорхойлох гол хүчин зүйл болно. Судалгааны ажлын үр дүнгээс харахад хүний капитал ба институцийн засаглалд хөрөнгө оруулалт хийх стратегийн суурь судалгааг өргөжүүлэх шаардлагатай байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] G. Hilson, "Corporate social responsibility in the extractive industries: Experiences from developing countries," *Resources Policy*, vol. 37, no. 2, pp. 131–137, 2012. doi:10.1016/j.resourpol.2012.01.002.
- [2] A. Bebbington and J. Bury, *Subterranean Struggles: New Dynamics of Mining, Oil and Gas in Latin America*. Austin, TX: University of Texas Press, 2013. DOI: 10.7560/748620.
- [3] J. D. Sachs and A. M. Warner, "Natural resource abundance and economic growth," NBER Working Paper No. 5398, 1995. Available: <https://www.nber.org/papers/w5398>
- [4] G. S. Becker, *Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education*, New York, NY: National Bureau of Economic Research / Columbia University Press, 1964.
- [5] World Bank, "Accelerating Mongolia's development requires a shift from mines to minds," World Bank press release / report summary, Sep. 17, 2020. Available: <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2020/09/17/accelerating-mongolias-development-requires-a-shift-from-mines-to-minds>
- [6] International Institute for Sustainable Development (IISD) / Intergovernmental Forum on Mining (IGF), "Mongolia: Mining policy framework assessment," report prepared by IISD, 2018. <https://www.iisd.org/system/files/publications/mongolia-mining-policy-framework-assessment-en.pdf>
- [7] Extractive Industries Transparency Initiative (EITI), *EITI Standard 2019*, EITI Secretariat, 2019. Available: <https://eiti.org/collections/eiti-standard-2019>
- [8] World Bank, "Worldwide Governance Indicators (WGI)," dataset and documentation, 2024 (accessed 2024). <https://databank.worldbank.org/source/worldwide-governance-indicators>
- [9] D. Humphreys, *Mining and Economic Development: Lessons from Canada and Australia*, London: Palgrave Macmillan, 2019.
- [10] Ernst & Young Global Ltd., *Mining and Metals: Business risks and opportunities — Outlook 2023/2024*, EY, 2022. (Industry report; use for sector risk/innovation context.) https://www.ey.com/en_gl/mining-metals
- [11] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), *Policy Framework for Investment in Mining: Governance and Sustainable Practices*, OECD Publishing, Paris, 2016.
- [12] Austrade (Australian Trade and Investment Commission), *Australia's Mining Innovation and Collaboration: Lessons for International Partnerships*, Austrade report, 2021.
- [13] MinePro.mn / Mongolian mining sector overview, *Mining Industry in Mongolia* (sector brief), 2025. <https://www.minepro.mn/uploads/files/Mining%20industry%20in%20Mongolia%202025.pdf>
- [14] Government of Mongolia, *State Policy on Minerals 2014–2025*, Parliament/Ministry publication, Ulaanbaatar, 2014. (Official policy document; Mongolian Government Order No.18, Jan. 16, 2014.)
- [15] (ШУТИС), *Уул уурхайн инженерийн мэргэжилтнүүдийн хөдөлмөр эрхлэлтийн тайлан*, УБ: ШУТИС, 2022. (Institutional graduate employment report.)
- [16] P. R. Auty, *Sustaining Development in Mineral Economies: The Resource Curse Thesis*, London: Routledge, 1993.
- [17] M. L. Ross, "The political economy of the resource curse," *World Politics*, vol. 51, no. 2, pp. 297–322, Jan. 1999. doi:10.1353/wp.1999.0005.
- [18] Монгол Улсын Засгийн газрын уул уурхайн салбарын байгаль орчны, нийгмийн стратегийн үнэлгээ. <https://www.mrpam.gov.mn/public/pages/66/МУ-ын-уул-уурхайн-салбарын-байгаль-орчин,-нийгмийн-стратегийн-үнэлгээ.pdf>.
- [19] Монгол Улсын тогтвортой хэрэглээ, үйлдвэрлэл (ТХҮ)-ийн үндсэн тайлан. <https://www.switch->

- asia.eu/site/assets/files/2566/mongolia_scp_baseline_report_mongolian_updated.pdf.
- [20] Уул уурхай ба тогтвортой хөгжил.
https://www.eri.mn/download/2020.09.30/mn/05.%20Sustainable_MN%20Khashchuluun.pdf.
- [21] ЗГХФ уул уурхайн бодлогын үзэл баримтлалын үнэлгээ.
<https://www.iisd.org/system/files/publications/mongolia-mining-policy-framework-assessment-Mongolian.pdf>.
- [22] Монголын уул уурхайн салбарын өрсөлдөх чадвар ба тогтвортой байдлын гэрээ.
<https://forum.mn/product/151824?page=77>.
- [23] Тогтвортой хөгжлийн тайлан 2024.
<https://www.energyresources.mn/public/storage/reports/May2025/bcVeTYff0kazkydOjxXA.pdf>.
- [24] Харнуцлагатай уул уурхайн жишиг шаардлага.
<https://files.acquia.undp.org/public/migration/mn/3a9d885828fa51337a66f7d13ab5754377e3cc764827c0a2988b182bb2c07cc8.pdf>.

ГУРАВ. УУЛ УУРХАЙН ҮЙЛДВЭРИЙН ГЕОТЕХНИК БА ЧУЛУУЛГИЙН СУДАЛГАА

АЛТНЫ ИЛ УУРХАЙН ПАРАМЕТРУУДИЙГ ТОДОРХОЙЛОХ ГЕОТЕХНИКИЙН СУДАЛГАА

Батчулууны ГАНЗОРИГ¹

¹Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Геологи, уул уурхайн сургууль, Уурхайн технологийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: chelikcesur79@must.edu.mn

Хураангуй: Төв аймгийн Заамар суманд байрлах “Ар наймган дунд хэсэг” алтны шороон ордын ил уурхайн параметруудийг геологийн тогтоц, ХШ-104, ХШ-106 геологийн хайгуулын шугамын хөндлөн зүсэлт, GEO_TS001, GEO_TS002, GEO_TS003, GEO_TS004 дугаар бүхий геотехникийн өрөмдлөгийн цооногуудын геотехникийн дээжийн бичиглэл, тус цооногуудаас гарсан дээжүүдийн лабораторийн шинжилгээний үр дүн зэрэгт тулгуурлан Моргенстерн ба Прайсийн аргачлалаар Слайд (Slide) хоёр хэмжээст геотехникийн программ хангамжийг ашиглан уулын даралт, чулуулгийн шинж чанарын үзүүлэлтүүдийг харгалзан үзэж, хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээнүүдийн үр дүнгээр тодорхойлов.

Түлхүүр үг: Уулын даралт, тэнцвэрийн арга, шинжилгээ, хажуугийн тогтворжилтын итгэлцүүр

I. УДИРТГАЛ

Ар Наймганы дунд хэсгийн алтны шороон орд нь Төв аймгийн Заамар сумын Хайлааст багийн нутаг дэвсгэрт Заамарын нурууны төв хэсэг, Туул голын баруун цутгал болох Ар Наймганы хөндийн дунд хэсэгт оршдог [1].

“Ар наймганы дунд хэсэг” алтны ил уурхайн параметруудийг геотехникийн нөхцөлд тулгуурлан тодорхойлох зорилгоор геотехникийн судалгааны ажлыг гүйцэтгэсэн.

Уг судалгааны ажилд дараах зорилтуудыг дэвшүүлсэн.

1. Уг ордод шинээр нээх блокийн ашиглалттай уялдуулан уурхайн ажлын бус хажууд геотехникийн цооног өрөмдөж, гарсан дээжүүдийн геотехникийн бичиглэлийг гүйцэтгэх, хажууг судлах
2. Геотехникийн цооногоос төлөөлүүлэн авсан дээжүүдийн сэвсгэр хурдсын болон чулуулгийн шинж чанарын үзүүлэлтүүдийг тодорхойлох
3. “Ар наймганы дунд хэсэг” алтны ил уурхайг ашиглахад чулуулгийн литологи, сэвсгэр хурдас, чулуулгийн шинж чанарын үзүүлэлт, уулын даралт зэргийг харгалзан үзэж, хамаарах хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээ хийж, энэхүү судалгаагаар уурхайн ажлын бус хажууд гулсалт, нурал болон эрсдэл үүсгэхгүй боломжтой уурхайн параметруудийг тодорхойлох.

Энэхүү судалгааны ажлыг гүйцэтгэхэд хүчин чармайлт гаргаж хамтарч ажилласан “Монгол Майнинг энд Эксплорэйшн” ХХК-ийн хамт олон, түүнчлэн геотехникийн өрөмдлөгийн ажлыг гүйцэтгэсэн “Стийл айрон” ХХК, лабораторийн

шинжилгээнүүдийн үр дүнг гаргасан “Инженер Геодези” ХХК-ийн хамт олонд талархал илэрхийлж байна.

II. СУДАЛГААНЫ АРГА

Моргенстерн ба Прайс нарын аргачлал

Хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээг хязгаарлагдмал тэнцвэрийн аргад суурилсан Моргенстерн ба Прайс нарын аргачлалаар тооцоолдог.

Моргенстерн ба Прайс нарын аргачлал нь хүч ба моментийг тэнцвэржүүлж, хэрчим хоорондын хүчний функцийг авна. Энэхүү аргачлалын дагуу хэрчим хоорондын хүчний хазайлт нь дурын функцээр $f(x)$ өөрчлөгдөж болно.

$$T = f(x) \cdot \lambda \cdot E \quad (1)$$

$f(x)$ - гулсалтын гадаргуугийн дагуу тасралтгүй өөрчлөгддөг хэрчим хоорондын хүчний функц

λ -таамагласан функцийн масштабын коэффициент

E , T -Хэрчим хоорондын хүчнүүд

III. ГЕОТЕХНИКИЙН ӨРӨМДЛӨГИЙН АЖИЛ

ХШ-104, ХШ-106 дугаар бүхий геологийн хайгуулын шугамуудыг төлөөлүүлэн өрөмдсөн хайгуулын цооног, уурхайн хүрээг үндэслэн геотехникийн цооногуудын байршлыг сонгосон бөгөөд нийт 4 цооногийн 294.8 тууш метр өрөмдлөгийг гүйцэтгэсэн.

“Стийл айрон” ХХК нь HQ буюу 63,5 мм, PQ буюу 85 мм диаметр бүхий геотехникийн дээж авахаар 85 градусын налуутайгаар геотехникийн өрөмдлөгийн ажлыг гүйцэтгэсэн.



2-р зураг. Геотехникийн өрөмдлөгийн цэгүүдийн байршил [1]

III. ГЕОТЕХНИКИЙН ДЭЭЖИЙН БИЧИГЛЭЛ

Чөмгөн дээжүүдэд геотехникийн бичиглэл, дээжлэлтийг стандартын дагуу гүйцэтгэх нь уурхайн хажуугийн параметруудийг гулсалт, нурлаас сэргийлэх үүднээс оновчтой зөв тогтоох, гарч болзошгүй эрсдлийг үнэлэхэд оршино.

Өрөмдлөгөөр гарсан дээжүүдийн зураг авалт, бичиглэл, дээжлэлтийг геотехникийн бичиглэлийн заавар, зөвлөгөөний дагуу хийж гүйцэтгэсэн.

GEO_TS001, GEO_TS002, GEO_TS003, GEO_TS004 дугаар бүхий геотехникийн өрөмдлөгийн цооногуудын хувьд хийгдсэн геотехникийн дээжийн бичиглэлийг 1-р хүснэгтэд үзүүлэв. Геотехникийн дээжлэлт хийснийг 3-р зурагт харуулав.

ГЕОТЕХНИКИЙН ДЭЭЖИЙН БИЧИГЛЭЛ

1-Р ХҮСНЭГТ

[illegible]

3-р зураг. Геотехникийн дээжлэлт

IV. ИЛ УУРХАЙН ПАРАМЕТРУУДИЙГ ТОДОРХОЙЛОХ ГЕОТЕХНИКИЙН СУДАЛГАА

Ар Наймганы дунд хэсэгт хийгдсэн геотехникийн судалгааны ажлаар тодорхойлсон ил уурхайн параметруудыг ил уурхайн ажлын бус хажууд гулсалт, нурал үүсэх эсэхийг тогтоох зорилгоор тодорхойлсон.

Ил уурхайн параметруудийг тодорхойлох геотехникийн судалгаа (ХШ-104 хөндлөн зүсэлтийн хувьд)

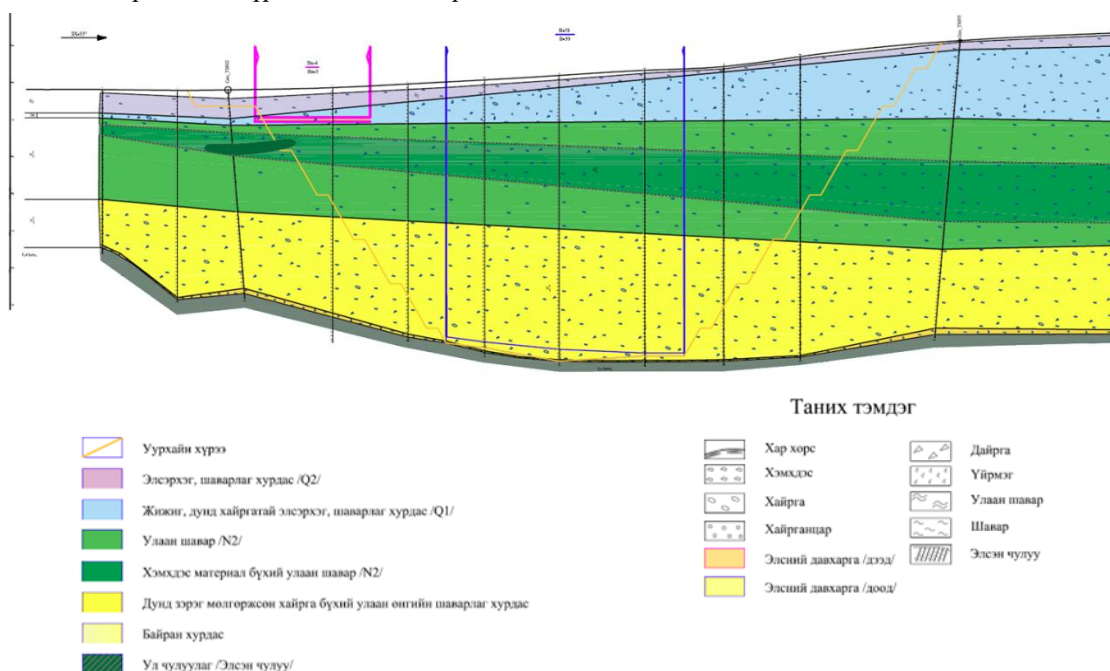
Ил уурхайн доголын өндрийг 10 метрээр, доголын хажуугийн өнцгийг 60 градусаар, аюулгүйн бермийн өргөнийг 3 метрээр, ил уурхайн гүнийг ил уурхайн баруун хажууд 68.378 метрээр, зүүн хажууд 85.102 метрээр, уурхайн баруун хажуугийн үндсэн хажуугийн өнцгийг 49 градусаар, зүүн хажуугийн үндсэн хажуугийн өнцгийг 49 градусаар, уурхайн амсрын өргөнийг 197.513 метрээр, уурхайн ёроолын өргөнийг 64.437 метрээр тус тус тогтоосон байна (5-р зураг).

Ил уурхайн параметруудийг геотехникийн судалгаанд тулгуурлан тогтоохын тулд ХШ-104 дугаар бүхий геологийн хайгуулын хөндлөн зүсэлт дээр Geo_TS001, Geo_TS002 дугаартай геотехникийн цооногуудыг 85 градусаар налуу өрөмдөж, Geo_TS001, Geo_TS002 дугаартай геотехникийн цооногуудаас гарсан чөмгөн болон бутармаг дээжүүдэд геотехникийн бичиглэлийг гүйцэтгэж, Geo_TS002 дугаартай геотехникийн цооногоос төлөөлүүлэн нийт 8 ширхэг дээжинд, Geo_TS001 дугаартай геотехникийн цооногоос төлөөлүүлэн нийт 14 ширхэг дээжинд хувийн жин, барьцалдалтын хүч, дотоод үрэлтийн өнцөг зэргийг

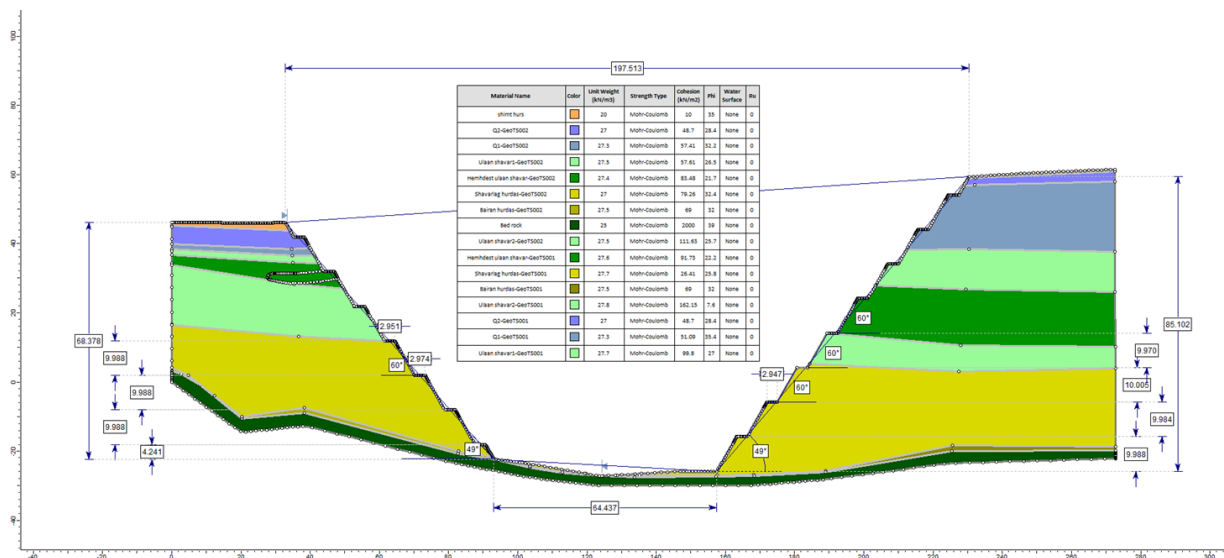
“Инженер Геодези” ХХК-ний хөрсний болон чулуулгийн механикийн лабораторид туршилтуудыг гүйцэтгүүлэн тодорхойлсон бөгөөд Рокдата(RocData) геотехникийн программ хангамжаар уул цулын барьцалдалтын хүч, дотоод үрэлтийн өнцөг зэргийг боловсруулсан. Эдгээр шинж чанарын үзүүлэлтүүдээр уурхайн баруун, зүүн хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээ хийж, уурхайн параметруудийг геотехникийн нөхцөлд тулгуурлан тогтооход ашигласан.

ХШ-104 дугаар бүхий геологийн хайгуулын хөндлөн зүсэлтийн дагуу өрөмдсөн Geo_TS001, Geo_TS002 дугаартай геотехникийн цооногуудыг ашиглан чулуулгийн литологийн зүсэлтийг гаргасан (4-р зураг).

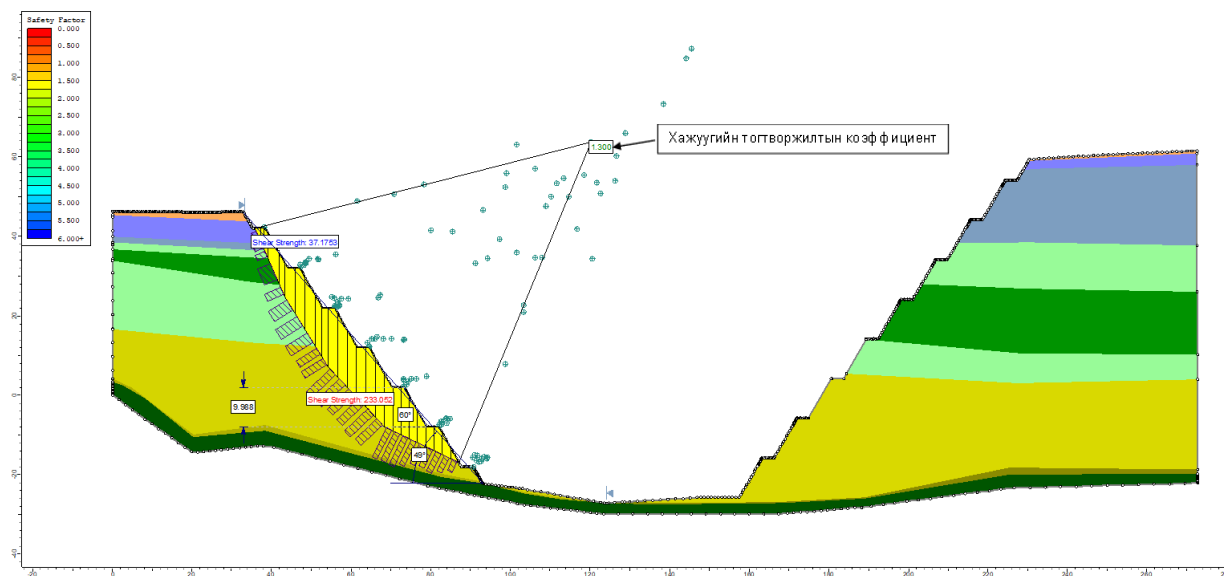
ХШ-104 геологийн хөндлөн зүсэлт дээрх уурхайн параметрууд, геометр модел (5 ба 7-р зураг)-ийг геотехникийн Слайд програм хангамж дээр үүсгэж, хязгаарлагдмал тэнцвэрийн аргын Н.Моргенстерн ба В.Прайс нарын аргачлалаар Слайд програм хангамжийг ашиглан уурхайн хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээнүүд (6 ба 8-р зураг)-ийг гүйцэтгэсэн. Зургуудыг 1:1000 масштабаар зурсан болно.



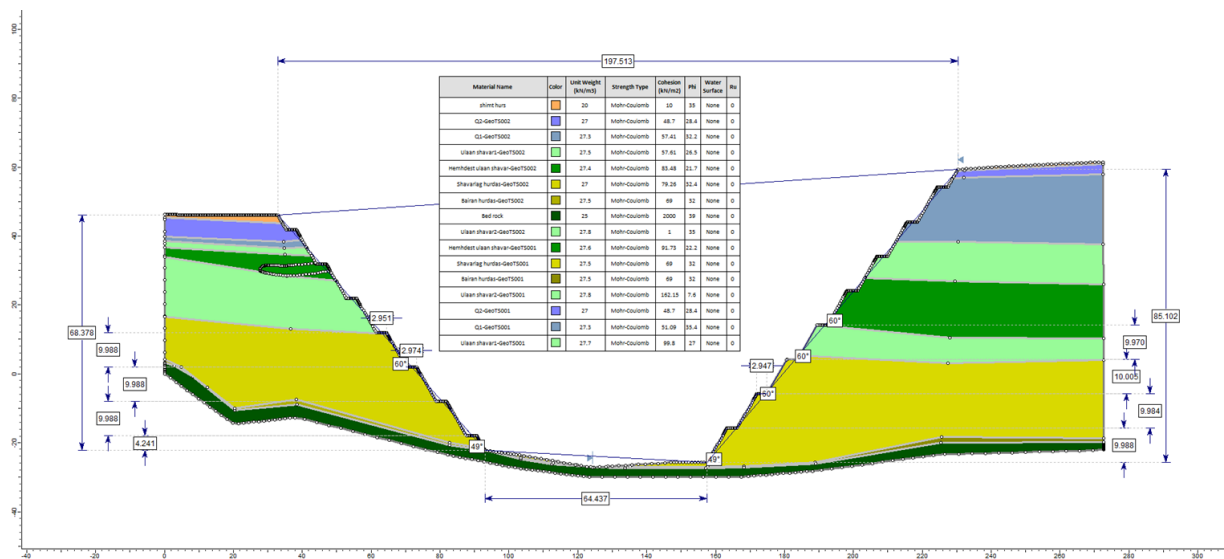
4-р зураг. ХШ-104 геологийн хайгуулын шугамын хөндлөн зүсэлтийн чулуулгийн литологи, өрөмдсөн геотехникийн цооногууд, уурхайн хүрээ



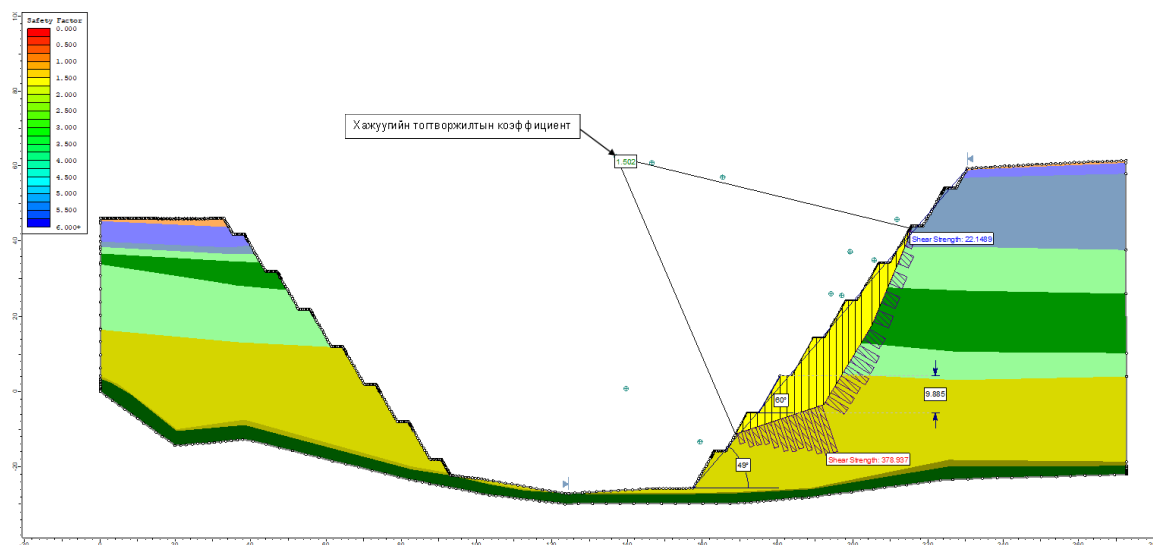
5-р зураг. ХШ-104 геологийн хайгуулын шугамын хөндлөн зүсэлт дээрх уурхайн параметрууд, геометр модел



6-р зураг. Уурхайн баруун жигүүр хэсгийн үндсэн налуу 49 градус байх үеийн хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээний үр дүн



7-р зураг. Уурхайн зүүн хажуугийн үндсэн налуу 49 градус байх үеийн хажуугийн геометр модел



8-р зураг. Уурхайн зүүн хажууг хэсгийн үндсэн налуу 49 градус байх үеийн хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээний үр дүн

Ил уурхайн параметруудийг тодорхойлох геотехникийн судалгаа (ХШ-106 хөндлөн зүсэлтийн хувьд)

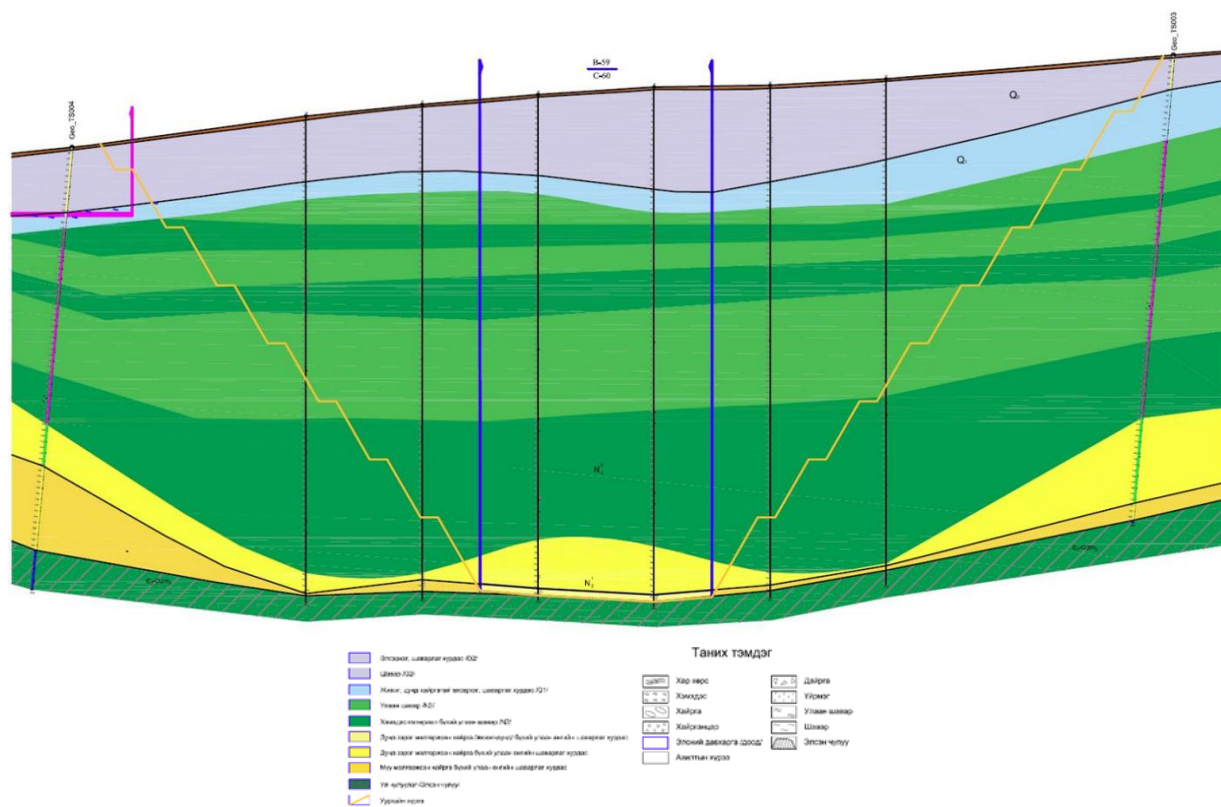
Ил уурхайн параметруудийг уурхайн дизайны нөхцөл байдлаар авч үзэхэд доголын өндрийг 10 метрээр, доголын хажуугийн өнцгийг 60 градусаар, аюулгүйн бермийн өргөнийг 3 метрээр, уурхайн гүнийг баруун хажууд 77.120 метрээр, зүүн хажууд 93.359 метрээр, баруун хажуугийн үндсэн хажуугийн өнцгийг 50 градусаар, зүүн хажуугийн үндсэн хажуугийн өнцгийг 50 градусаар, уурхайн амсрын өргөнийг 183.303 метрээр, уурхайн ёроолын өргөнийг 40 метрээр тус тус тогтоосон байна (10-р зураг).

Ил уурхайн параметруудийг геотехникийн судалгаанд тулгуурлан тогтоохын тулд ХШ-104 дугаар бүхий геологийн хайгуулын хөндлөн зүсэлт дээр Geo_TS003, Geo_TS004 дугаартай геотехникийн цооногуудыг 85 градусаар налуу өрөмдөж, Geo_TS003, Geo_TS004 дугаартай геотехникийн цооногуудаас гарсан чөмгөн дээжүүдэд геотехникийн бичиглэлийг гүйцэтгэж, Geo_TS003 дугаартай геотехникийн цооногоос төлөөлүүлэн нийт 12 ширхэг дээжинд, Geo_TS004 дугаартай геотехникийн цооногоос төлөөлүүлэн нийт 20 ширхэг дээжинд “Инженер Геодези” ХХК-ний хөрсний болон чулуулгийн механикийн лабораторид туршилтуудыг гүйцэтгүүлэн хөрсний ба чулуулгийн хувийн жин, барьцалдалтын хүч,

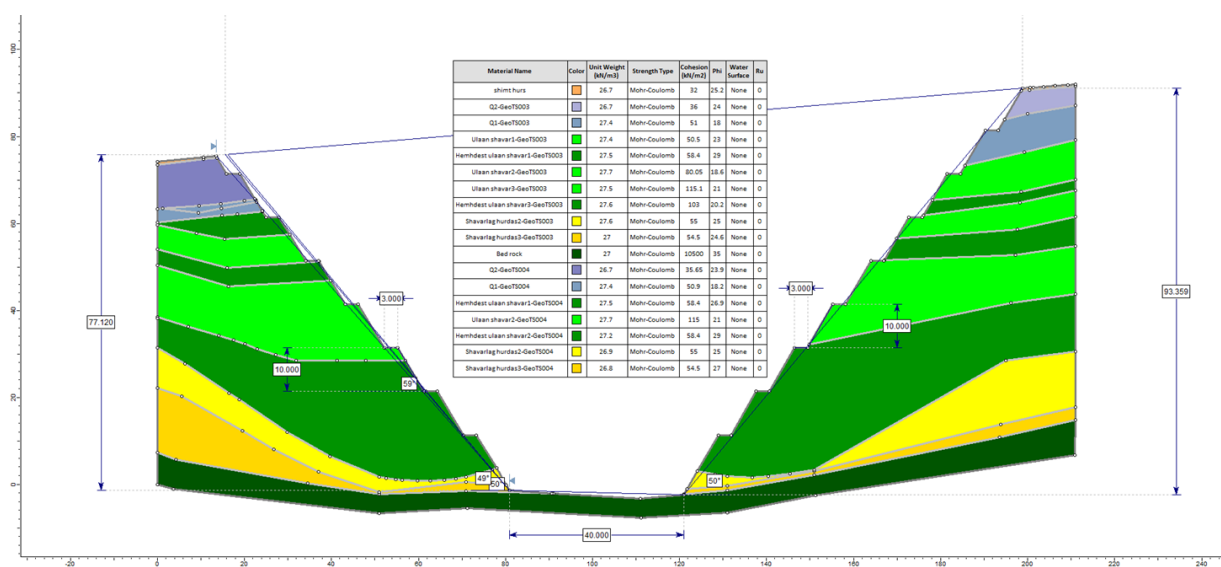
дотоод үрэлтийн өнцөг зэргийг тодорхойлсон бөгөөд Рокдата(RocData) геотехникийн программ хангамжаар уул цулын барьцалдалтын хүч, дотоод үрэлтийн өнцөг зэргийг боловсруулсан. Эдгээр шинж чанарын үзүүлэлтүүдийг уурхайн баруун, зүүн хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээ хийж, уурхайн параметруудийг геотехникийн нөхцөлд тулгуурлан тогтооход ашигласан.

ХШ-104 дугаар бүхий геологийн хайгуулын хөндлөн зүсэлт дээр өрөмдсөн Geo_TS003, Geo_TS004 дугаартай геотехникийн цооногуудыг ашиглан чулуулгийн литологийн зүсэлтийг гаргасан (9-р зураг).

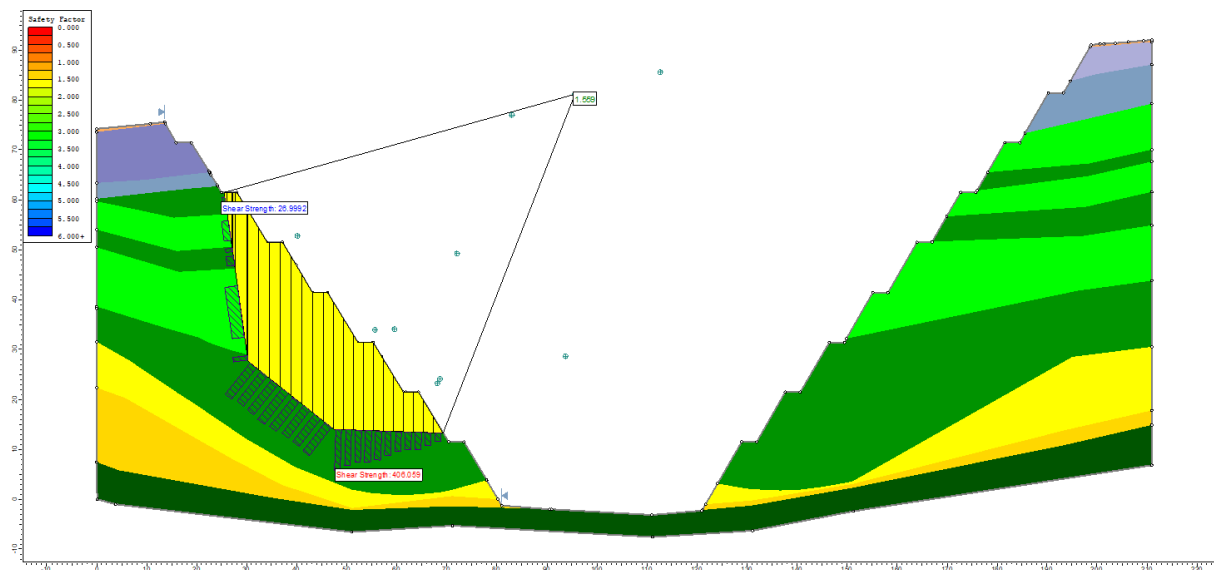
ХШ-104 геологийн хөндлөн зүсэлт дээрх уурхайн параметрууд, геометр модел (10 ба 12-р зураг)-ийг геотехникийн Слайд програм хангамж дээр үүсгэж, хязгаарлагдмал тэнцвэрийн аргын Н.Моргенстерн, В.Прайс нарын логарифм спиралийн аргачлалаар Слайд програм хангамжийг ашиглан уурхайн хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээнүүд (11 ба 13-р зураг)-ийг чулуулгийн структур ба литологи, чулуулгийн шинж чанарын үзүүлэлт, уулын даралт зэргийг харгалзан үзэн гүйцэтгэж, геотехникийн нөхцөлөөр тогтоосон уурхайн параметруудээр уулын ажлыг явуулахад уурхайн хажууд гулсалт, нурал үүсэх боломжтой эсэхийг тогтоов.



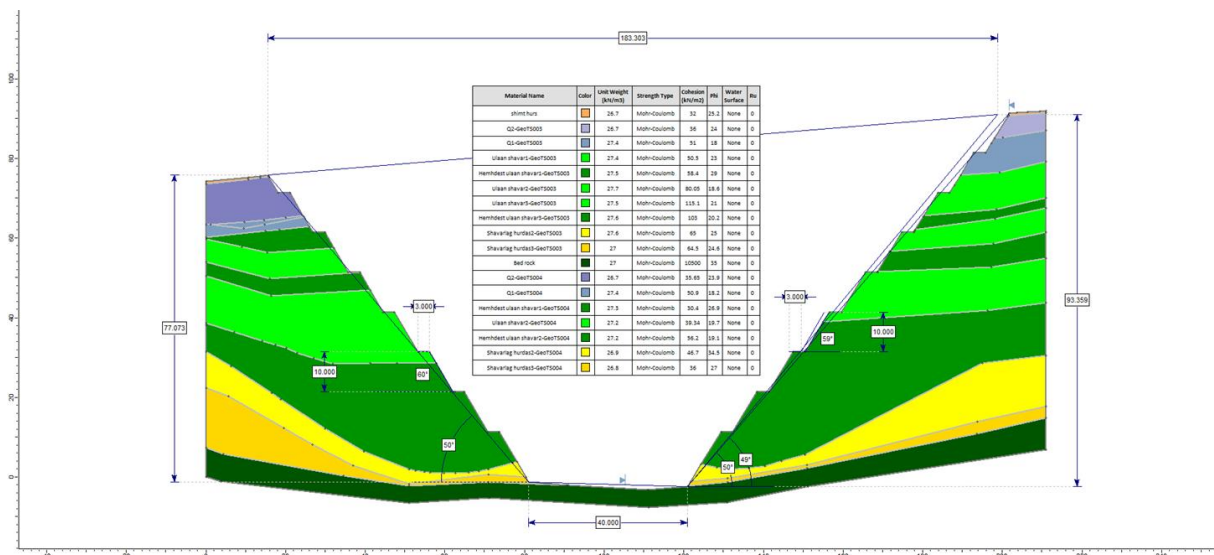
9-р зураг. ХШ-106 геологийн хайгуулын шугамын хөндлөн зүсэлтийн чулуулгийн литологи, өрөмдсөн геотехникийн цооногууд, уурхайн хүрээ



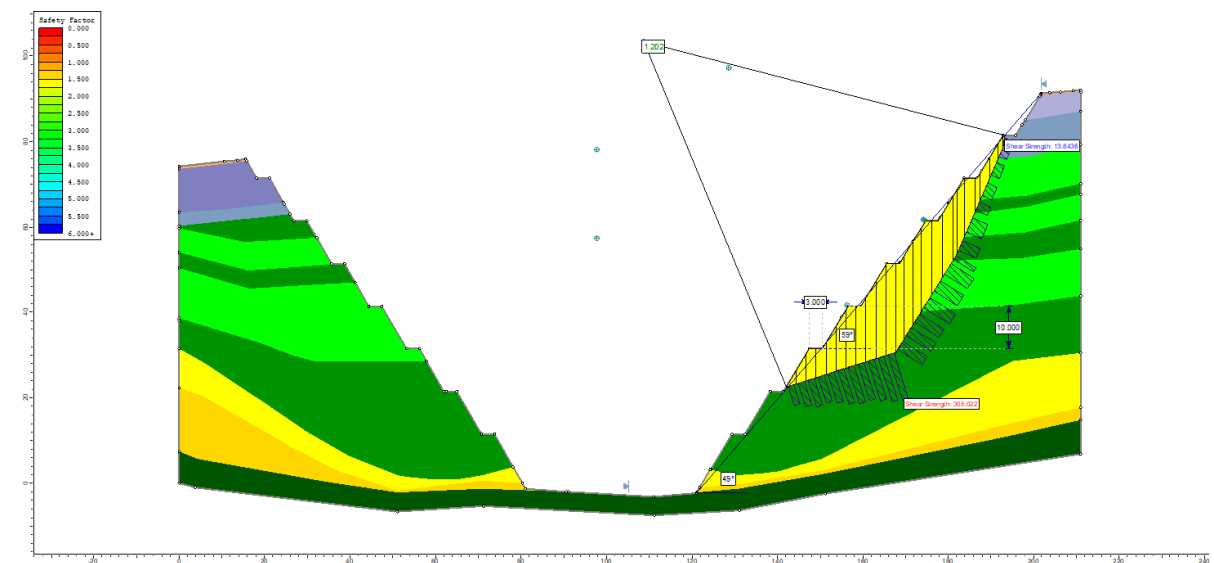
10-р зураг. ХШ-106 геологийн хайгуулын шугамын хувьд уурхайн параметрууд, геометр модел



11-р зураг. Уурхайн баруун жигүүрийн үндсэн налуу 49 градус байх үеийн хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээний үр дүн



12-р зураг. Уурхайн зүүн жигүүрийн үндсэн налуу 49 градус байх үеийн хажуугийн геометр модел



13-р зураг. Уурхайн зүүн жигүүрийн үндсэн налуу 49 градус байх үеийн хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээний үр дүн

ДҮГНЭЛТ

1. ХШ-104 дугаар бүхий геологийн хайгуулын хөндлөн зүсэлтийн хувьд уурхай баруун хажуудаа 68.378 метр гүнзгийрэхэд уурхайн баруун хажуугийн тогтворжилтыг хангах боломжтой болохыг, уурхай зүүн хажуудаа 85.102 метр гүнзгийрэхэд уурхайн зүүн хажуугийн тогтворжилтыг хангах боломжтой болохыг тус тус тогтоов.
2. ХШ-106 дугаар бүхий геологийн хайгуулын хөндлөн зүсэлтийн хувьд уурхай баруун хажуудаа 77.120 метр гүнзгийрэхэд уурхайн баруун хажуугийн тогтворжилтыг хангах боломжтой болохыг, уурхай зүүн хажуудаа 93.359 метр гүнзгийрэхэд уурхайн зүүн хажуугийн тогтворжилтыг хангах боломжтой болохыг тус тус тогтоов.
3. Хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээний үр дүнд ХШ-104 дугаар бүхий геологийн хайгуулын хөндлөн зүсэлтийн хувьд геотехникийн нөхцөлөөр уурхайн баруун хажууд гулсалт, нурал болон эрсдэл үүсэхгүй байх боломжтой уурхайн параметрууд болох доголын өндөр 10 метр, аюулгүйн бермийн өргөн 3 метр, доголын өнцөг 60 градус, үндсэн налуугийн өнцөг 49 градус болохыг, уурхайн зүүн хажууд гулсалт, нурал үүсэхгүй байх боломжтой доголын өндөр 10 метр, аюулгүйн бермийн өргөн 3 метр, доголын өнцөг 60 градус, үндсэн налуугийн өнцөг 49 градус болохыг тус тус тогтоосон.
4. Хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээний үр дүнд ХШ-106 дугаар бүхий геологийн хайгуулын хөндлөн зүсэлтийн хувьд геотехникийн нөхцөлөөр уурхайн баруун хажуугийн доголын өндөр 10 метр, аюулгүйн бермийн өргөн 3 метр, доголын өнцөг 59 градус, үндсэн налуугийн өнцөг 50 градус байсныг 49 градус болохыг, уурхайн зүүн хажуугийн уурхайн параметрууд болох доголын өндөр 10 метр, аюулгүйн бермийн өргөн 3 метр, доголын өнцөг 59 градус, үндсэн налуугийн өнцөг 50 градус байсныг 49 градус болохыг тус тус тогтоосон.
5. Ар наймганы дунд хэсгийн уурхай гүнзгийрэхийн хирээр тектоник эвдрэл, хагарал ба ан цавуудаар үүсэх сулралын болон гулсалт, нурлын эрсдэлтэй бүсүүдийн шинэ илрэлүүд, гадаргын болон гүний усны нөлөөлөл, газар хөдлөлийн чичирхийлэл, уурхайн тоног төхөөрөмжийн чичиргээ доргионы үйлчлэл, уурхайн хүнд даацын тоног төхөөрөмжийн даралт зэргээс шалтгаалан тус уурхайн хажуугийн тогтворжилт алдагдах боломжтой.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] Төв аймгийн Заамар сумын нутагт орших Ар Наймганы алтны шороон ордын дунд хэсэгт /хш 94-106/ 2017-2018 онуудад гүйцэтгэсэн нэмэлт нарийвчилсан хайгуулын ажлын үр дүнгийн тайлан, 2018 он.
- [2] Ар Наймганы дунд хэсэг алтны шороон ордын ил уурхайн параметруудийг тодорхойлох геотехникийн судалгааны ажлын тайлан, 2020 он.
- [3] “Инженер Геодези” ХХК. Хөрс болон чулуулгийн физик-механик шинж чанарын үзүүлэлтүүдийн лабораторийн шинжилгээний үр дүнгийн тайлан, 2020 он.
- [4] Abramson. L. W., Thomas. S. L and Sharma. S., Slope Stability and Stabilization Methods, John Wiley & Sons. Inc, 2002.
- [5] Cheng. M.Y and Lau. C.K, Slope stability analysis and Stabilization-New Methods and Insight, Routledge, 2008.
- [6] https://www.researchgate.net/publication/312332259_Evaluating_the_Stability_of_Slope_of_Rajshahi_City_Protection_Embankment_under_Seismic_Load?enrichId=rgreq-5a7389defdc8672f2bf24364595ede4d-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzMxMjMzMjIOTtBUzo0NTA2NzA4NDAwMjkxODRAMTQ4NDQ1OTcwOTU5Mg%3D%3D&el=1_x_2&esc=publicationCoverPdf
- [7] Rocscience, Slide Tutorials.

УУЛ УУРХАЙН ГЕОТЕХНИКИЙН ТУРШИЛТ, СУДАЛГААНЫ ЛАБОРАТОРИЙН ХӨГЖЛИЙН СОРИЛТ, БОЛОМЖ

Эрдэнэбаатарын ОРХОН¹

¹Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Геологи, уул уурхайн сургууль, Уурхайн технологийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: orkhon.e@must.edu.mn¹

Хураангуй: Уул уурхайн үйлдвэрлэлд, тэр дундаас геотехникийн судалгаанд лабораторийн туршилтын үр дүн нь уурхайн үе шат бүрд тохирсон геотехникийн өгөгдлийг хангаж байх гол дэд бүтэц болдог. Эдгээр өгөгдөл нь ил болон далд уурхайн геотехникийн бүх үндсэн мэдээллийг бүрдүүлдэг чухал өгөгдөл юм. Монгол Улсад гүний уурхайн хөгжлийн эрэлт нэмэгдэж, инженерийн шийдвэрүүд өндөр нарийвчлалтай туршилтын өгөгдөлд тулгуурлах шаардлага улам бүр нэмэгдэж байна. ШУТИС-ийн Уул уурхайн геотехникийн туршилт, судалгааны лаборатори нь шинэ тоног төхөөрөмж ашиглан геотехникийн үндсэн туршилтуудыг хийх боломжтой боловч олон улсын түвшинд хүрэхэд шаардлагатай стандарт, хүний нөөц, чанарын удирдлагын тогтолцооны талаарх сорилтууд тулгарсаар байна. Иймээс энэ өгүүллийн зорилго нь уул уурхайн геотехникийн лабораторийн өнөөгийн нөхцөл, ISO 17025 стандартын хэрэгжилт, тоног төхөөрөмж, хүний нөөцийн чадавх, хөгжлийн боломжийг үнэлэн судалсан болно.

Түлхүүр үг: геотехникийн лаборатори, ISO 17025, тоног төхөөрөмж, хүний нөөц,

I. УДИРТГАЛ

Уурхайн үе шат тус бүрд геотехникийн өгөгдлийн найдвартай байдлыг хангах нь тасралтгүй процесс бөгөөд мэдээлэл, өгөгдлийн хүртээмж нэмэгдэхийн хэрээр тодорхойгүй байдал буурч, инженерийн загварчлал илүү бодитой болдог. [1] Guest and Read (2009) нар уурхайн урьдчилсан судалгаанаас эхлээд олборлолтын үе шат бүр дэх геотехникийн өгөгдлийн найдвартай байдлыг зорилтот түвшинд тодорхойлон тайлбарласан байдаг. [2] Тухайлбал:

- Урьдчилсан таамаглалын түвшин: уурхайн хэмжээнд геотехникийн анхны өгөгдлийн судалгааг хийх, үнэлэх.
- Урьдчилсан ТЭЗҮ-ийн түвшин: үргэлжлүүлэн уурхайн хэмжээнд нэмэгдэл геотехникийн өгөгдөл цуглуулах, үнэлэх.
- Зураг төсөл, уурхайг барьж байгуулах үед шат: геотехникийн мэдээллийн сан болон 3D загварыг боловсронгуй болгох
- Олборлолтын үе шатуудад: уулын цулын хариу үйлчлэлийг хянаж геотехникийн мэдээллийн сан болон 3D загварт баталгаажуулт хийх зэргийг хийнэ.

Геотехникийн лабораториудын үйл ажиллагаа нь эдгээр үе шаттай уялдсан, зорилтот түвшний өгөгдлийг тасралтгүй нийлүүлэхэд чиглэсэн байх шаардлагатай. Ингэснээр уурхайн геотехникийн асуудлыг шийдвэрлэх, инженерийн шийдэл гаргах боломж бүрддэг.

Монгол Улсад гүний уурхайн хөгжлийн эрэлт нэмэгдэж, инженерийн шийдвэрүүд өндөр нарийвчлалтай туршилтын өгөгдөлд тулгуурлах

шаардлага улам нэмэгдэж байна. Энэ нөхцөлд ШУТИС-ийн Уул уурхайн геотехникийн туршилт, судалгааны лаборатори нь шинэ тоног төхөөрөмж ашиглан геотехникийн үндсэн туршилтуудыг гүйцэтгэх боломжтой боловч олон улсын түвшинд хүрэхэд шаардлагатай стандарт, хүний нөөц, чанарын удирдлагын тогтолцооны сорилт тулгарсаар байна.

ISO/IEC 17025:2017 стандарт нь лабораторийн үйл ажиллагаанд хэмжилзүйн баталгаажуулалт, калибровк, чанарын удирдлага, мэдээллийн бүртгэлийг шаарддаг бөгөөд энэ нь лабораторийн туршилтын үр дүнг олон улсын түвшинд хүлээн зөвшөөрөхөд зайлшгүй шаардлагатай.

Монгол Улсад Сорилтын лабораторид тохирлын үнэлгээний итгэмжлэл олгох эрх бүхий байгууллага нь Стандартчилал, техникийн зохицуулалт, тохирлын үнэлгээний итгэмжлэлийн тухай хуулийн 19 дүгээр зүйлийн 19.3.1 дэх хэсэгт заасны дагуу Үндэсний итгэмжлэлийн төв юм [3]. Үндэсний итгэмжлэлийн төв нь Ази номхон далайн итгэмжлэлийн хамтын ажиллагааны байгууллага (APAC), Олон улсын лаборатори итгэмжлэлийн хамтын ажиллагааны байгууллага (ILAC), Олон улсын итгэмжлэлийн форум (IAF) зэрэг байгууллагуудтай харилцан хүлээн зөвшөөрөх хэлэлцээр (MRA)-т 2012 оноос шат дараатай нэгдсэн байна. Ингэснээр Монгол Улсад гүйцэтгэсэн, итгэмжлэгдсэн сорилт шинжилгээний үр дүнг хэлэлцээрт нэгдсэн дэлхийн 100 гаруй улс давтан хийхгүйгээр шууд хүлээн зөвшөөрөх нөхцөл бүрдсэн байна. [4]

II. ЛАБОРАТОРИЙН ӨНӨӨГИЙН НӨХЦӨЛ

Монголын уул уурхайн геотехникийн лабораториуд сургалт, судалгаа, үйлдвэрийн туршилт хийх үндсэн үүрэгтэй ч стандартын хэрэгжилт, тоног төхөөрөмжийн хүртээмж, хүний нөөцийн хувьд олон сорилттой байна.

1. Тоног төхөөрөмж

Одоогийн лабораториудад:

- Нягт, ус шингээлт, нүх сүвэрхэг чанар тодорхойлох иж бүрдэл
- Нэг тэнхлэгт шахалтын бат бөх (UCS)
- Бразилын бат бөх (Indirect Tensile Strength)
- Шилжрэлтийн бат бөхийн төхөөрөмж
- Дээж бэлтгэлийн тоног төхөөрөмж зэрэг

байдаг боловч олон улсын түвшинд шаардлагатай автомат, өндөр даралттай системүүд (Triaxial, Hoek Cell, High-pressure permeability) хомс байна. Үүний улмаас стресс–деформацийн нарийвчилсан өгөгдөл хангалтгүй болж, уурхайн үе шат бүр дэх загварчлалд хязгаар үүсэж байна.

ШУТИС, Оюу толгой ХХК, Рио тинто Монгол ХХК гурван талт хамтын ажиллагааны хүрээнд “Уул уурхайн геотехникийн мэргэжил олгох, олон улсын судалгааны төв байгуулах” төслийг анх 2021 он эхлүүлсэн. Энэ ажлын хүрээнд Уул уурхайн геотехникийн туршилт, судалгааны лабораторийг байгуулсан. Тус лаборатори нь ШУТИС-ийн Геологи, уул уурхайн сургуулийн материаллаг бааз суурийг бэхжүүлэх, багш, оюутны дадлагын нөхцөлийг сайжруулах, дэмжлэг үзүүлэх, Геотехникийн судалгаанд шаардлагатай стандарт туршилтуудыг гүйцэтгэх боломжийг бүрдүүлэх зорилгоор 2023 оны 1 сард нээлтээ хийсэн. Тус лаборатори нь чулуулаг болон хөрс дээр туршилт хийх бүрэн боломжтой. Туршилтыг сорилт тодорхойлох үзүүлэлт бүрийг гаргаж, тэдгээрийг туршилтыг олон улсын стандарт арга, аргачлалыг баримтлан гүйцэтгэнэ.

Энэ хүрээнд лабораторийн тоног төхөөрөмжийг чулуулаг, хөрс, талбайн туршилт, дээж бэлтгэлийн тоног төхөөрөмжөөр ангилж хүснэгт 1-т харуулав.

ЛАБОРАТОРИЙН ТОНОГ ТӨХӨӨРӨМЖИЙГ ЧУЛУУЛАГ, ХӨРС, ХЭЭРИЙН, ДЭЭЖ БЭЛТГЭЛИЙН ТОНОГ ТӨХӨӨРӨМЖ

1-Р ХҮСНЭГТ

Soil Testing Equipment		Rock Testing Equipment	
1	Vibratory Sieve Shaker	1	Triaxial Tester Automatic Machine (rock)
2	Triaxial Tester Automatic Machine (soil)/Unconfined Compression Tester/ De-airing Apparatus	2	Splitting Tensile Tester
3	Liquid Limit Device (motorized) and Plastic Limit Device	3	Shear Strength Tester/ Universal testing machine
4	Shrinkage Limit	4	Bit Abrasion Index Tester- LA
5	Hydrometer	5	Hardness Tester
6	Relative Density Apparatus	6	Schmidt Hammer Tester
7	Laboratory Permeability Apparatus: Falling head / Constant head	7	Point Load Tester with Brazilian Tester
8	Proctor Test (Compaction test)	8	Slake Durability Apparatus
9	Three Gang Consolidation Apparatus (Oedometer)	9	Rock Direct Shear for Large Rock Pieces
10	Direct Shear Test Setup	10	Large Shear Box 100kN
11	Digital LCD Microscope	11	Drying Oven (250°C)
12	Vane Shear Test Apparatus	Field Testing Equipment	
13	Soil Mixer (0.25HP)	1	Standard Penetration Test (SPT) with automatic hammer
14	Sand Pouring Apparatus	2	Dynamic Cone Penetration Test (DCPT)
15	Pycnometer	3	Screw Air Compressor
16	Swell Pressure Measurement, Chemical Test, Muffle Furnace (1100°C)	4	Ground Penetration Radar with GPS System
17	Digital LCD Microscope	Sample Preparation Equipment	
1	Hydraulic Sample Extractor (Hand operated cum Motorized)	1	Rock Sample Verification Apparatus
2	Core Cutter	2	Core Drilling Machines (45CO330)
3	Sampling Probe	3	Weightier /accuracy 0.001/

2. Стандарт ба арга зүй

Лабораториуд ASTM, ISRM, ISO, MNS стандартуудыг хавсран хэрэглэдэг бөгөөд энэ нь туршилтын үр дүн лаборатори хооронд зөрөх, загварчлалд зөрүү үүсэхэд хүргэдэг.

ISO/IEC 17025:2017 стандартын шаардлага (хэмжилзүйн баталгаажуулалт, калибровк, чанарын удирдлага, мэдээллийн бүртгэл) бүрэн хэрэгжиж чадахгүй байгаа нь хөгжлийн гол сорилт юм.

MNS ISO/IEC 17025:2018 нь 5 үндсэн шалгуур тавьдаг. Үүнд:

- Сорилтын болон шалгалт тохируулгын лабораторийн чадавхад тавих ерөнхий шаардлага
- MNAS P704 Итгэмжлэлийн бэлгэ тэмдэг, таних тэмдэг, тэмдэг ба гэрчилгээг хэрэглэх журам
- MNAS AP 01 Нэгж дамжуулалтын бодлого
- MNAS AP 02 Ур чадварын сорилтын бодлого

- MNAS AP 06 Хэмжлийн эргэлзээний талаарх бодлого зэрэг

Эдгээр шалгуур үзүүлэлтүүд ба бодлогын хүрээнд туршилт хийх тоног төхөөрөмж бүр дээр итгэмжлэлийн хүрээний дагуу тоног төхөөрөмж бүрийг шалгуурт нийцүүлэн нэг бүрчлэн бэлдэх шаардлагатай. Өөрөөр хэлбэл ISO/IEC 17025:2017 стандартын шалгуурын мессеж нь юу хийдгээ хэл, хэлснээ хий, юу хийж байгаагаа тэмдэглэ, ялгааг шалга, ялгаан дээрээ ажилла зарчимтай байна. [5]

Одоогийн нөхцөлд лабораториудын гол хүндрэл:

- Бүх тоног төхөөрөмж дээр шалгалт тохируулга хийх хүний нөөцийн боломж дутмаг
- Чанарын баримт бичиг болох Стандарт ажлын журам (SOP), ажлын заавар (WI), чанарын удирдлагын тогтолцоо (QMS) бүрэн боловсруулагдаагүй
- Ур чадварын сорилтод (proficiency test) тогтмол оролцохгүй байх зэрэг нь

лабораторийн үр дүн олон улсын түвшинд хүлээн зөвшөөрөгдөхөд саад болж байна.

3. Хүний нөөцийн чадавх ба мэргэшүүлэх шаардлага

Уул уурхайн геотехникийн лабораторийн техникийн ба материаллаг нөхцөл хангагдсан байлаа ч хүний нөөцийн чадавх бүрэн төлөвшөөгүй тохиолдолд туршилтын үр дүнгийн чанар, давтагдах байдал, загварчлалын үнэн зөв байдалд шууд нөлөөлдөг. Иймээс хүний нөөцийн асуудлыг системтэй үнэлж, зорилтот хөгжлийн хөтөлбөр хэрэгжүүлэх нь лабораторийн хөгжлийн гол цөм болно. Уул уурхайн геотехникийн лабораторийн туршилтын үр дүнгийн өгөгдлийг тайлах инженерүүдийн мэдлэг, ур чадварын түвшин хоорондоо их ялгаатай байгаа нь уурхайн геотехникийн үе шат бүр дэх шаардлагатай өгөгдлийг цуглуулах, уурхайн загварчлалыг зөв гаргахад мөн хязгаар үүсэж байна.

Итгэмжлэлийн үндсэн зарчим болох “юу хийдгээ хэл, хэлснээ хий, хийснээ баталгаажуул” гэдэг зарчим хангалтгүй хэрэгжиж байна. Олон инженерүүд стандартын техникийн шаардлагыг

ойлгодог ч баталгаажуулалт, хэмжил зүйн мөрдлөг, хэмжлийн эргэлзээ (uncertainty) тооцоолол, дотоод аудит, QA/QC хяналт зэрэг чанарын удирдлагын зарчмуудыг бүрэн ойлгоогүй байдаг.

Эдгээр ойлголт сул байдал нь туршилтын тайлангуудын чанарын зөрүүг ихэсгэж, лаборатори хоорондын харьцангуй байдлыг алдагдуулж, олон улсын шалгалтад тэнцэхгүй байх эрсдэлтэй. Мөн техникчид дээж бэлтгэх, төхөөрөмжийн калибровк, өдөр тутмын хяналт, аюулгүй ажиллагаанд гол үүрэг гүйцэтгэдэг боловч тэдний сургалт ихэвчлэн ажлын байран дээрх дадлагаар хязгаарлагддаг.

Мөн туршилтын дараах шатанд өгөгдлийг боловсруулж, график гаргаж, параметр тооцох үйл явц хамгийн чухал боловч Статистик боловсруулалт (SD, CoV, distribution check) системтэй хийгддэггүй, хэмжлийн эргэлзээний тооцоо огт хийгдэхгүй эсвэл буруу хийгдэх, тайлан бичилт мэргэжлийн түвшинд нэг мөр биш байх нь уурхайн загварчлалд орох үндсэн параметруудийн чанар буурахад хүргэдэг.

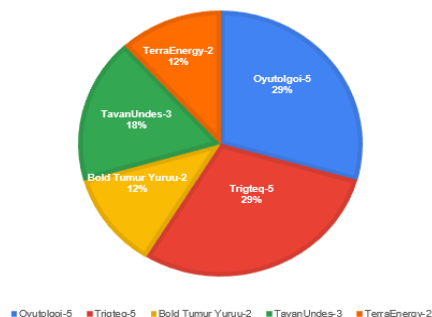
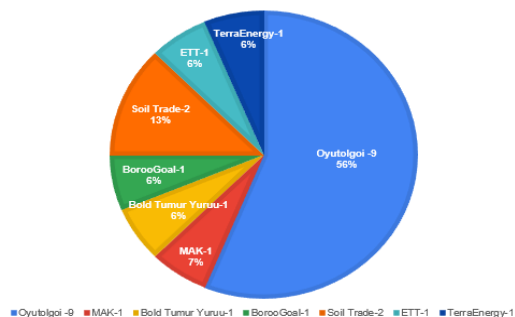
ШУТИС-ийн ГУУС нь “Уул уурхайн геотехникийн мэргэжил олгох, олон улсын судалгааны төв байгуулах” төслийн хүрээнд “Уул уурхайн геотехник”-ийн мэргэжил Монгол улсын Боловсрол яамны дугаар тушаалын дагуу бакалаврын хөтөлбөр 2020 онд, магистрын хөтөлбөр 2025 онд тус тус нээгдэж тус мэргэжлийг бэлдэж эхэлсэн.

2024-2025 оны Уул уурхайн геотехник хөтөлбөрийн бакалаврын түвшний нийт төгсөгчдийн судалгааг 2-р хүснэгтээр, 2024-2025 оны нийт төгсөгчдийн ажил эрхлэлтийн судалгааг 1-р графикаар харуулав. [6] [7]

УУЛ УУРХАЙН ГЕОТЕХНИК ХӨТӨЛБӨРИЙН ТӨГСӨГЧДИЙН СУДАЛГАА

Төгсөгчдийн он	Төгсөгчдийн тоо	Хүйс	
		эрэгтэй	эмэгтэй
2023-2024 он	16	10	6
2024-2025 он	22	15	7

2-Р ХҮСНЭГТ



1-р график. 2024 болон 2025 оны Уул уурхайн геотехник бакалаврын хөтөлбөрийн төгсөгчдийн ажил эрхлэлтийн судалгаа

III. ХӨГЖЛИЙН БОЛОМЖ БА СУДАЛГААНЫ ЧИГ ХАНДЛАГА

Тоног төхөөрөмжийн шинэчлэл ба автоматжуулалтын сүүлийн үеийн шинэ тоног төхөөрөмжүүдийн давуу талуудыг судлан үзэхэд уул уурхайн геотехникийн лабораториудын хөгжлийн боломж нь тохиромжтой, автоматажсан болон өндөр нарийвчлалтай тоног төхөөрөмжийг нэвтрүүлэхэд оршиж байна. Тэдгээрийн давуу талыг дурдвал:

- Туршилтын хүч, хязгаарлагдсан даралт, тэнхлэгийн болон радиаль шилжилтийг циклээр ачаалах, суллах горимоор нарийвчлан хянах боломжтой.
- Туршилтын өгөгдөл болон графикуудыг бодит цаг хугацаанд цуглуулах, хадгалах, боловсруулах, харуулах, мөн тайлан гаргах боломжтой.
- Автомат тэг тохируулга, автомат калибрчлал хийх боломжтой.
- Туршилтын хүч, шилжилт, деформацийг тогтмол хурдтай хянах, хэт ачааллын үед автоматаар хамгаалах, үзүүлэлт хязгаараас хэтрэх, дээж эвдрэх, тосны хүргэлт саатах, тосны температур өндөр болох үед автоматаар зогсоох.
- Хурд болон хүч, шилжилт, тэнхлэг, радиаль деформацийн горимуудыг зогсолтгүй, уян хатан шилжүүлэх боломжтой.
- Туршилтын үеийн өгөгдлийг хадгалах, графикуудыг томруулах/багасгах, янз бүрийн графикуудыг үзэх боломжтой.

Мөн өндөр нарийвчлалтай датчик, өгөгдөл бичигч (data logger) ашигласнаар туршилтын өгөгдлийг бодитоор хянах, олон удаа давтагдах үр дүнд хүрэх нөхцөл бүрдэнэ. Энэ нь олборлолтын үе шат бүрийн уурхайн загварчлалын нарийвчлалыг сайжруулах гол боломж юм.

Шинэ тоног төхөөрөмж болон автоматжуулалт нь зөвхөн өгөгдлийн чанарыг сайжруулаад зогсохгүй оюутан, судлаачдад практик дадлага хийх боломжийг нэмэгдүүлдэг.

Лабораториудын хөгжилд ISO/IEC 17025:2017 стандартын хэрэгжилт чухал бөгөөд дараах боломжуудыг бүрдүүлдэг:

- Чанарын баримт бичгийг боловсронгуй болгох (SOP, WI, QMS-г бүрэн хэрэгжүүлэх)
- Ур чадварын сорилтод тогтмол оролцох замаар инженерүүдийн ур чадварыг үнэлэх, лаборатори хоорондын харьцангуй байдлыг сайжруулах
- Мэдээллийн бүртгэл, хэмжлийн эргэлзээ тооцооллыг системтэй хэрэгжүүлэх. [8]

Хүний нөөцийн хөгжлийн боломж уул уурхайн геотехникийн лабораторийн хөгжил нь хүний нөөцийн чадвар, мэргэшилд шууд хамаарна. Бакалавр, магистр түвшний сургалт: ШУТИС-ийн ГУУС-ийн хөтөлбөр нь практик дадлага, олон улсын стандарт туршилт, QA/QC хяналт зэрэгт төвлөрөх боломжтой ба төсөлд суурилсан дадлага, лабораторийн практик сургалт, олон улсын туршилт, өгөгдөл боловсруулах чадварыг хөгжүүлэх болон туршилт гүйцэтгэх инженерүүдийг ISO стандарт, хэмжил зүйн эргэлзээ, дотоод аудит, тайлан бичилт, статистик боловсруулалт, хэмжлийн эргэлзээ тооцоолол зэрэгт чиглэсэн сургалтад хамруулснаар лабораторийн үр дүнгийн чанар, давтагдах байдал, олон улсын түвшинд хүлээн зөвшөөрөгдөх боломжийг нэмэгдүүлнэ.

Судалгааны чиг хандлагын тухайд Монголын уул уурхайн геотехникийн лабораториуд шинэ судалгааны чиглэлд анхаарах боломжтой хэд хэдэн тал байна. Үүнд: Өндөр нарийвчлалтай геотехникийн өгөгдлийн цуглуулах, өгөгдөл тулгуурласан урьдчилсан эрсдэлийн үнэлгээ, олон улсын хамтын ажиллагаа судалгааны туршилт, мэдээлэл солилцоо, ур чадварын сорилт, стандартын практик туршлагаас суралцах, Монголын геотехникийн лабораториудын үр дүнг олон улсад хүлээн зөвшөөрөх боломж нэмэгдэх

ДҮГНЭЛТ

Уул уурхайн геотехникийн туршилт, судалгааны лаборатори нь уул уурхайн аюулгүй, тогтвортой, үр ашигтай ажиллуулах үйл ажиллагааны гол тулгуур юм. Монгол Улсад одоогоор тоног төхөөрөмж, стандартын хэрэгжилт, хүний нөөцийн хувьд хэд хэдэн сорилт байгаа ч ISO17025 стандартыг хэрэгжүүлэх, тоног төхөөрөмжийн шинэчлэл хийх, хүний нөөцийг бэлтгэх замаар лабораторийн хөгжлийг олон улсын түвшинд хүргэх боломж бүрэн бий. Иймд уул уурхайн геотехникийн лаборатори нь зөвхөн тухайн уурхайн төслийг сайжруулах төдийгүй уур уурхайн салбарын хэмжээнд өргөн хүрээний дэвшил авчирна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] Э.Орхон, Хүдрийн биетийг маш эрчимтэйгээр олборлож буй далд уурхайн ашиглалтын системийн үед үүсэж буй геотехникийн асуудлууд, ШУТИС-ийн Эрдэм шинжилгээний өгүүллийн эмхэтгэл, 2024 он
- [2] Read, J. R. L. Data Uncertainty, in Read, J. and Stacey, P., eds., Chapter 8, Guidelines for Open Pit-slope Design, 2009
- [3] Стандартчилал, техникийн зохицуулалт, тохирлын үнэлгээний итгэмжлэлийн тухай шинэчилсэн найруулга
- [4] <https://www.mnas.gov.mn>
- [5] ISO/IEC 17025 Accreditation Project Mine Geotechnical Testing and Research Laboratory, 2025
- [6] ШУТИС-ийн ГУУС-ийн төгсөлтийн судалгаа, 2023-2024, 2024-2025
- [7] Employer and Graduate Satisfaction Survey, 2024
- [8] <https://www.iso.org/standard>

ХАЙЛУУР ЖОНШНЫ ОРДЫН ИЛ, ДАЛД УУРХАЙН УУЛЫН ЦУЛЫН ҮНЭЛГЭЭ

Батчулууны ГАНЗОРИГ¹

¹Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Геологи, уул уурхайн сургууль, Уурхайн технологийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: chelikesur79@must.edu.mn¹

Хураангуй: “Цол” хайлуур жоншны ордын ил, далд уурхайн уулын цулын үнэлгээг тодорхойлох зорилгоор чулуулгийн дээжүүдэд лабораторийн туршилтуудыг гүйцэтгэн үр дүнг боловсруулж, уулын цулын барьцалдалтын хүч, дотоод үрэлтийн өнцгийг тодорхойлсон. Гарсан үр дүнгээр уулын ажил явуулахад гулсалт, нурлын эрсдэл үүсэх эсэх болон ил, далд уурхайн урьдчилсан геотехникийн үнэлгээ, шинжилгээ хийхэд лабораторийн үр дүнг ашиглах боломжтой эсэхийг судлав.

Түлхүүр үг: туршилт, боловсруулалт, барьцалдалтын хүч, уулын цулын ангилал

I. УДИРТГАЛ

“Цол” хайлуур жоншны орд нь Дундговь аймгийн төв Мандалговь хотоос зүүн тийш 125 км зайд, Улаанбаатар хотоос урагш 350 орчим км зайд, Баянжаргалан сумын төвөөс баруун урагш 35км зайд тус тус оршдог [1].

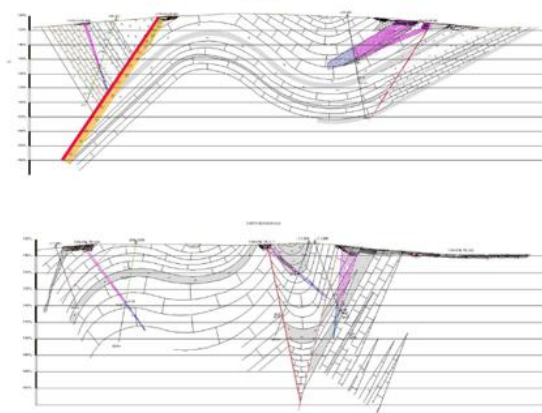
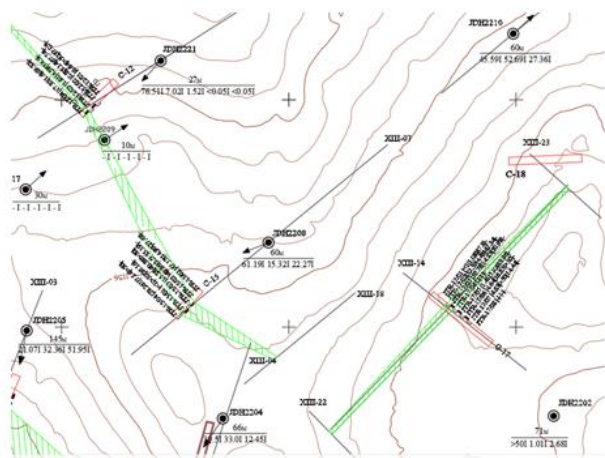
Ил, далд уурхайн уулын цулын үнэлгээг тодорхойлох зорилгоор нийт 9 чулуулгийн дээжүүдэд лабораторийн цэгэн даралтын туршилт (Point Load Strength Index Test), нэг тэнхлэгийн шахалтын бат бөхийн хязгаар (Unconfined Compressive Strength Test)-ыг тодорхойлох лабораторийн туршилтуудын үр дүнгээр ил, далд уурхайн уулын цулын бат бөхийн үзүүлэлт болох цэгэн даралтын бат бөхийн индекс, нэг тэнхлэгийн шахалтын бат бөхийн хязгаар, уурхайн уулын цулын барьцалдалтын хүч (Cohesion), дотоод үрэлтийн өнцөг (Friction Angle) зэргийг тодорхойлж, уулын цулын ангиллын системийн 3-р ангилалд багтаж байгааг олон улсад хүлээн зөвшөөрөгддөг уул цулын ангиллын системээр тогтоосон.

II. СУДАЛГААНЫ АРГА

Дээж бэлтгэхэд ASTM D4543-40 стандарт, цэгэн даралтын туршилт (Point Load Strength Index Test)-д ASTM D5731-16 стандарт, нэг тэнхлэгийн шахалтын бат бөхийн хязгаар (Unconfined Compressive Strength Test)-ыг тодорхойлох ASTM D2938-95 стандартыг ашигласан. Уулын цулын үнэлгээг Биниавск(After Bieniawski Z. T., 1989)-ийн аргачлалаар гүйцэтгэсэн [13].

III. ХАЙГУУЛЫН ЦООНОГУУДЫН БАЙРШИЛ, ЦООНОГИЙН БИЧИГЛЭЛ, ЧУЛУУЛГИЙН ДЭЭЖЛЭЛТ

2022-2023 онуудад өрөмдсөн JDH2204, JDH2208, JDH2210 дугаар бүхий хайгуулын цооногуудаас ил, далд уурхайг төлөөлүүлэн чулуулгийн дээж авч, тэдгээрийн бичиглэл, дээжлэлтийг компани гүйцэтгэснийг 1,2 ба 3-р зурагт үзүүлэв [6].



1-р зураг. Өрөмдсөн хайгуулын цооногуудын байршил

[illegible]

2-р зураг. Цооногийн бичиглэл



3-р зураг. Чүлүүлгийн чөмгөн дээжсийн дээжлэлт

IV. ЧУЛУУЛГИЙН ДЭЭЖҮҮДЭД ХИЙСЭН ЛАБОРАТОРИЙН ТУРШИЛТ, ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ҮР ДҮН, БОЛОВСРУУЛАЛТ

Уурхайн геотехникийн гол үзүүлэлтүүд нь чулуулгийн барьцалдалтын хүч, дотоод үрэлтийн өнцөг байдаг. Ирсэн дээжүүдэд ASTM D4543-40 стандартад тулгуурлан чөмгөн дээжүүдийг хөрөөдөж бэлтгэх ажлыг ASTM D5731-16 стандартад тулгуурлан цэгэн даралтын түршилт

(Point Load Strength Index Test), ASTM D2938-95 стандартад тулгуурлан нэг тэнхлэгийн шахалтын бат бөхийн хязгаар (Unconfined Compressive Strength Test)-ыг тодорхойлох туршилт (4-р зураг)-ыг тус тус ШУТИС-ийн Уул уурхайн геотехникийн туршилт, судалгааны лабораторид гүйцэтгэсэн. Туршилтын үр дүнг ашиглан RSDData геотехникийн программ хангамжаар боловсруулалт хийж, уулын цулын физик, механик шинж чанарын үзүүлэлтийг тодорхойлсон (5,6-р зураг).



4-р зураг. Нэг тэнхлэгийн дагуух шахалтын бат бөхийн хязгаарыг тодорхойлсон туршилт

Laboratory Test Results /Point Load Strength and Unconfined Compressive Strength/													
UTM WG-84						UTM WG-84							
Project: Location:	JDM-2204 XY-19321	N: 722935 Y: 5038630	Elevation: Zone:	1159 m 48	Project: Location:	JDM-2248 XY-19321	N: 722929 Y: 5038648	Elevation: Zone:	1159 m 48	Project: Location:	JDM-2210 XY-19321		
Date:	2022-09-23-2022-09-26	Area:	190°	Drill:	66.00 m	Date:	2022-10-04-2022-10-06	Area:	50°	Drill:	69.00 m		
Inclination:	90°	Drilled by:	HQ	Date:	2022-10-04-2022-10-06	Inclination:	70°	Date:	2022-10-06-2022-10-08	Inclination:	90°		
Point Load Strength and UCS Test Results													
No	How passed		Sample Number	Lithology	Description	Dimensional Tests							
	From (m)	To (m)				d (mm)	D (mm)	L (mm)	P (kN)	Is (MPa)	Is (MPa)	Is (MPa)	Is (MPa)
1	28.00	29.00	JDM-2204-08	CaF2	Цайвар нэгдсэн саарал шайгуур шохой (цайварлаг шохойтой) Хөд саарал шохойнууд. Үүснэ: 11.85-12.00 м, 12.75-13.05 м, 13.05-13.30 м, 13.30-13.55 м, 13.55-13.80 м, 13.80-14.05 м, 14.05-14.30 м, 14.30-14.55 м, 14.55-14.80 м, 14.80-15.05 м, 15.05-15.30 м, 15.30-15.55 м, 15.55-15.80 м, 15.80-16.05 м, 16.05-16.30 м, 16.30-16.55 м, 16.55-16.80 м, 16.80-17.05 м, 17.05-17.30 м, 17.30-17.55 м, 17.55-17.80 м, 17.80-18.05 м, 18.05-18.30 м, 18.30-18.55 м, 18.55-18.80 м, 18.80-19.05 м, 19.05-19.30 м, 19.30-19.55 м, 19.55-19.80 м, 19.80-20.05 м, 20.05-20.30 м, 20.30-20.55 м, 20.55-20.80 м, 20.80-21.05 м, 21.05-21.30 м, 21.30-21.55 м, 21.55-21.80 м, 21.80-22.05 м, 22.05-22.30 м, 22.30-22.55 м, 22.55-22.80 м, 22.80-23.05 м, 23.05-23.30 м, 23.30-23.55 м, 23.55-23.80 м, 23.80-24.05 м, 24.05-24.30 м, 24.30-24.55 м, 24.55-24.80 м, 24.80-25.05 м, 25.05-25.30 м, 25.30-25.55 м, 25.55-25.80 м, 25.80-26.05 м, 26.05-26.30 м, 26.30-26.55 м, 26.55-26.80 м, 26.80-27.05 м, 27.05-27.30 м, 27.30-27.55 м, 27.55-27.80 м, 27.80-28.05 м, 28.05-28.30 м, 28.30-28.55 м, 28.55-28.80 м, 28.80-29.05 м, 29.05-29.30 м, 29.30-29.55 м, 29.55-29.80 м, 29.80-30.05 м, 30.05-30.30 м, 30.30-30.55 м, 30.55-30.80 м, 30.80-31.05 м, 31.05-31.30 м, 31.30-31.55 м, 31.55-31.80 м, 31.80-32.05 м, 32.05-32.30 м, 32.30-32.55 м, 32.55-32.80 м, 32.80-33.05 м, 33.05-33.30 м, 33.30-33.55 м, 33.55-33.80 м, 33.80-34.05 м, 34.05-34.30 м, 34.30-34.55 м, 34.55-34.80 м, 34.80-35.05 м, 35.05-35.30 м, 35.30-35.55 м, 35.55-35.80 м, 35.80-36.05 м, 36.05-36.30 м, 36.30-36.55 м, 36.55-36.80 м, 36.80-37.05 м, 37.05-37.30 м, 37.30-37.55 м, 37.55-37.80 м, 37.80-38.05 м, 38.05-38.30 м, 38.30-38.55 м, 38.55-38.80 м, 38.80-39.05 м, 39.05-39.30 м, 39.30-39.55 м, 39.55-39.80 м, 39.80-40.05 м, 40.05-40.30 м, 40.30-40.55 м, 40.55-40.80 м, 40.80-41.05 м, 41.05-41.30 м, 41.30-41.55 м, 41.55-41.80 м, 41.80-42.05 м, 42.05-42.30 м, 42.30-42.55 м, 42.55-42.80 м, 42.80-43.05 м, 43.05-43.30 м, 43.30-43.55 м, 43.55-43.80 м, 43.80-44.05 м, 44.05-44.30 м, 44.30-44.55 м, 44.55-44.80 м, 44.80-45.05 м, 45.05-45.30 м, 45.30-45.55 м, 45.55-45.80 м, 45.80-46.05 м, 46.05-46.30 м, 46.30-46.55 м, 46.55-46.80 м, 46.80-47.05 м, 47.05-47.30 м, 47.30-47.55 м, 47.55-47.80 м, 47.80-48.05 м, 48.05-48.30 м, 48.30-48.55 м, 48.55-48.80 м, 48.80-49.05 м, 49.05-49.30 м, 49.30-49.55 м, 49.55-49.80 м, 49.80-50.05 м, 50.05-50.30 м, 50.30-50.55 м, 50.55-50.80 м, 50.80-51.05 м, 51.05-51.30 м, 51.30-51.55 м, 51.55-51.80 м, 51.80-52.05 м, 52.05-52.30 м, 52.30-52.55 м, 52.55-52.80 м, 52.80-53.05 м, 53.05-53.30 м, 53.30-53.55 м, 53.55-53.80 м, 53.80-54.05 м, 54.05-54.30 м, 54.30-54.55 м, 54.55-54.80 м, 54.80-55.05 м, 55.05-55.30 м, 55.30-55.55 м, 55.55-55.80 м, 55.80-56.05 м, 56.05-56.30 м, 56.30-56.55 м, 56.55-56.80 м, 56.80-57.05 м, 57.05-57.30 м, 57.30-57.55 м, 57.55-57.80 м, 57.80-58.05 м, 58.05-58.30 м, 58.30-58.55 м, 58.55-58.80 м, 58.80-59.05 м, 59.05-59.30 м, 59.30-59.55 м, 59.55-59.80 м, 59.80-60.05 м, 60.05-60.30 м, 60.30-60.55 м, 60.55-60.80 м, 60.80-61.05 м, 61.05-61.30 м, 61.30-61.55 м, 61.55-61.80 м, 61.80-62.05 м, 62.05-62.30 м, 62.30-62.55 м, 62.55-62.80 м, 62.80-63.05 м, 63.05-63.30 м, 63.30-63.55 м, 63.55-63.80 м, 63.80-64.05 м, 64.05-64.30 м, 64.30-64.55 м, 64.55-64.80 м, 64.80-65.05 м, 65.05-65.30 м, 65.30-65.55 м, 65.55-65.80 м, 65.80-66.05 м, 66.05-66.30 м, 66.30-66.55 м, 66.55-66.80 м, 66.80-67.05 м, 67.05-67.30 м, 67.30-67.55 м, 67.55-67.80 м, 67.80-68.05 м, 68.05-68.30 м, 68.30-68.55 м, 68.55-68.80 м, 68.80-69.05 м, 69.05-69.30 м, 69.30-69.55 м, 69.55-69.80 м, 69.80-70.05 м, 70.05-70.30 м, 70.30-70.55 м, 70.55-70.80 м, 70.80-71.05 м, 71.05-71.30 м, 71.30-71.55 м, 71.55-71.80 м, 71.80-72.05 м, 72.05-72.30 м, 72.30-72.55 м, 72.55-72.80 м, 72.80-73.05 м, 73.05-73.30 м, 73.30-73.55 м, 73.55-73.80 м, 73.80-74.05 м, 74.05-74.30 м, 74.30-74.55 м, 74.55-74.80 м, 74.80-75.05 м, 75.05-75.30 м, 75.30-75.55 м, 75.55-75.80 м, 75.80-76.05 м, 76.05-76.30 м, 76.30-76.55 м, 76.55-76.80 м, 76.80-77.05 м, 77.05-77.30 м, 77.30-77.55 м, 77.55-77.80 м, 77.80-78.05 м, 78.05-78.30 м, 78.30-78.55 м, 78.55-78.80 м, 78.80-79.05 м, 79.05-79.30 м, 79.30-79.55 м, 79.55-79.80 м, 79.80-80.05 м, 80.05-80.30 м, 80.30-80.55 м, 80.55-80.80 м, 80.80-81.05 м, 81.05-81.30 м, 81.30-81.55 м, 81.55-81.80 м, 81.80-82.05 м, 82.05-82.30 м, 82.30-82.55 м, 82.55-82.80 м, 82.80-83.05 м, 83.05-83.30 м, 83.30-83.55 м, 83.55-83.80 м, 83.80-84.05 м, 84.05-84.30 м, 84.30-84.55 м, 84.55-84.80 м, 84.80-85.05 м, 85.05-85.30 м, 85.30-85.55 м, 85.55-85.80 м, 85.80-86.05 м, 86.05-86.30 м, 86.30-86.55 м, 86.55-86.80 м, 86.80-87.05 м, 87.05-87.30 м, 87.30-87.55 м, 87.55-87.80 м, 87.80-88.05 м, 88.05-88.30 м, 88.30-88.55 м, 88.55-88.80 м, 88.80-89.05 м, 89.05-89.30 м, 89.30-89.55 м, 89.55-89.80 м, 89.80-90.05 м, 90.05-90.30 м, 90.30-90.55 м, 90.55-90.80 м, 90.80-91.05 м, 91.05-91.30 м, 91.30-91.55 м, 91.55-91.80 м, 91.80-92.05 м, 92.05-92.30 м, 92.30-92.55 м, 92.55-92.80 м, 92.80-93.05 м, 93.05-93.30 м, 93.30-93.55 м, 93.55-93.80 м, 93.80-94.05 м, 94.05-94.30 м, 94.30-94.55 м, 94.55-94.80 м, 94.80-95.05 м, 95.05-95.30 м, 95.30-95.55 м, 95.55-95.80 м, 95.80-96.05 м, 96.05-96.30 м, 96.30-96.55 м, 96.55-96.80 м, 96.80-97.05 м, 97.05-97.30 м, 97.30-97.55 м, 97.55-97.80 м, 97.80-98.05 м, 98.05-98.30 м, 98.30-98.55 м, 98.55-98.80 м, 98.80-99.05 м, 99.05-99.30 м, 99.30-99.55 м, 99.55-99.80 м, 99.80-100.05 м, 100.05-100.30 м, 100.30-100.55 м, 100.55-100.80 м, 100.80-101.05 м, 101.05-101.30 м, 101.30-101.55 м, 101.55-101.80 м, 101.80-102.05 м, 102.05-102.30 м, 102.30-102.55 м, 102.55-102.80 м, 102.80-103.05 м, 103.05-103.30 м, 103.30-103.55 м, 103.55-103.80 м, 103.80-104.05 м, 104.05-104.30 м, 104.30-104.55 м, 104.55-104.80 м, 104.80-105.05 м, 105.05-105.30 м, 105.30-105.55 м, 105.55-105.80 м, 105.80-106.05 м, 106.05-106.30 м, 106.30-106.55 м, 106.55-106.80 м, 106.80-107.05 м, 107.05-107.30 м, 107.30-107.55 м, 107.55-107.80 м, 107.80-108.05 м, 108.05-108.30 м, 108.30-108.55 м, 108.55-108.80 м, 108.80-109.05 м, 109.05-109.30 м, 109.30-109.55 м, 109.55-109.80 м, 109.80-110.05 м, 110.05-110.30 м, 110.30-110.55 м, 110.55-110.80 м, 110.80-111.05 м, 111.05-111.30 м, 111.30-111.55 м, 111.55-111.80 м, 111.80-112.05 м, 112.05-112.30 м, 112.30-112.55 м, 112.55-112.80 м, 112.80-113.05 м, 113.05-113.30 м, 113.30-113.55 м, 113.55-113.80 м, 113.80-114.05 м, 114.05-114.30 м, 114.30-114.55 м, 114.55-114.80 м, 114.80-115.05 м, 115.05-115.30 м, 115.30-115.55 м, 115.55-115.80 м, 115.80-116.05 м, 116.05-116.30 м, 116.30-116.55 м, 116.55-116.80 м, 116.80-117.05 м, 117.05-117.30 м, 117.30-117.55 м, 117.55-117.80 м, 117.80-118.05 м, 118.05-118.30 м, 118.30-118.55 м, 118.55-118.80 м, 118.80-119.05 м, 119.05-119.30 м, 119.30-119.55 м, 119.55-119.80 м, 119.80-120.05 м, 120.05-120.30 м, 120.30-120.55 м, 120.55-120.80 м, 120.80-121.05 м, 121.05-121.30 м, 121.30-121.55 м, 121.55-121.80 м, 121.80-122.05 м, 122.05-122.30 м, 122.30-122.55 м, 122.55-122.80 м, 122.80-123.05 м, 123.05-123.30 м, 123.30-123.55 м, 123.55-123.80 м, 123.80-124.05 м, 124.05-124.30 м, 124.30-124.55 м, 124.55-124.80 м, 124.80-125.05 м, 125.05-125.30 м, 125.30-125.55 м, 125.55-125.80 м, 125.80-126.05 м, 126.05-126.30 м, 126.30-126.55 м, 126.55-126.80 м, 126.80-127.05 м, 127.05-127.30 м, 127.30-127.55 м, 127.55-127.80 м, 127.80-128.05 м, 128.05-128.30 м, 128.30-128.55 м, 128.55-128.80 м, 128.80-129.05 м, 129.05-129.30 м, 129.30-129.55 м, 129.55-129.80 м, 129.80-130.05 м, 130.05-130.30 м, 130.30-130.55 м, 130.55-130.80 м, 130.80-131.05 м, 131.05-131.30 м, 131.30-131.55 м, 131.55-131.80 м, 131.80-132.05 м, 132.05-132.30 м, 132.30-132.55 м, 132.55-132.80 м, 132.80-133.05 м, 133.05-133.30 м, 133.30-133.55 м, 133.55-133.80 м, 133.80-134.05 м, 134.05-134.30 м, 134.30-134.55 м, 134.55-134.80 м, 134.80-135.05 м, 135.05-135.30 м, 135.30-135.55 м, 135.55-135.80 м, 135.80-136.05 м, 136.05-136.30 м, 136.30-136.55 м, 136.55-136.80 м, 136.80-137.05 м, 137.05-137.30 м, 137.30-137.55 м, 137.55-137.80 м, 137.80-138.05 м, 138.05-138.30 м, 138.30-138.55 м, 138.55-138.80 м, 138.80-139.05 м, 139.05-139.30 м, 139.30-139.55 м, 139.55-139.80 м, 139.80-140.05 м, 140.05-140.30 м, 140.30-140.55 м, 140.55-140.80 м, 140.80-141.05 м, 141.05-141.30 м, 141.30-141.55 м, 141.55-141.80 м, 141.80-142.05 м, 142.05-142.30 м, 142.30-142.55 м, 142.55-142.80 м, 142.80-143.05 м, 143.05-143.30 м, 143.30-143.55 м, 143.55-143.80 м, 143.80-144.05 м, 144.05-144.30 м, 144.30-144.55 м, 144.55-144.80 м, 144.80-145.05 м, 145.05-145.30 м, 145.30-145.55 м, 145.55-145.80 м, 145.80-146.05 м, 146.05-146.30 м, 146.30-146.55 м, 146.55-146.80 м, 146.80-147.05 м, 147.05-147.30 м, 147.30-147.55 м, 147.55-147.80 м, 147.80-148.05 м, 148.05-148.30 м, 148.30-148.55 м, 148.55-148.80 м, 148.80-149.05 м, 149.05-149.30 м, 149.30-149.55 м, 149.55-149.80 м, 149.80-150.05 м, 150.05-150.30 м, 150.30-150.55 м, 150.55-150.80 м, 150.80-151.05 м, 151.05-151.30 м, 151.30-151.55 м, 151.55-151.80 м, 151.80-152.05 м, 152.05-152.30 м, 152.30-152.55 м, 152.55-152.80 м, 152.80-153.05 м, 153.05-153.30 м, 153.30-153.55 м, 153.55-153.80 м, 153.80-154.05 м, 154.05-154.30 м, 154.30-154.55 м, 154.55-154.80 м, 154.80-155.05 м, 155.05-155.30 м, 155.30-155.55 м, 155.55-155.80 м, 155.80-156.05 м, 156.05-156.30 м, 156.30-156.55 м, 156.55-156.80 м, 156.80-157.05 м, 157.05-157.30 м, 157.30-157.55 м, 157.55-157.80 м, 157.80-158.05 м, 158.05-158.30 м, 158.30-158.55 м, 158.55-158.80 м, 158.80-159.05 м, 159.05-159.30 м, 159.30-159.55 м, 159.55-159.80 м, 159.80-160.05 м, 160.05-160.30 м, 160.30-160.55 м, 160.55-160.80 м, 160.80-161.05 м, 161.05-161.30 м, 161.30-161.55 м, 161.55-161.80 м, 161.80-162.05 м, 162.05-162.30 м, 162.30-162.55 м, 162.55-162.80 м, 162.80-163.05 м, 163.05-163.30 м, 163.30-163.55 м, 163.55-163.80 м, 163.80-164.05 м, 164.05-164.30 м, 164.30-164.55 м, 164.55-164.80 м, 164.80-165.05 м, 165.05-165.30 м, 165.30-165.55 м, 165.55-165.80 м, 165.80-166.05 м, 166.05-166.30 м, 166.30-166.55 м, 166.55-166.80 м, 166.80-167.05 м, 167.05-167.30 м, 167.30-167.55 м, 167.55-167.80 м, 167.80-168.05 м, 168.05-168.30 м, 168.30-168.55 м, 168.55-168.80 м, 168.80-169.05 м, 169.05-169.30 м, 169.30-169.55 м, 169.55-169.80 м, 169.80-170.05 м, 170.05-170.30 м, 170.30-170.55 м, 170.55-170.80 м, 170.80-171.05 м, 171.05-171.30 м, 171.30-171.55 м, 171.55-171.80 м, 171.80-172.05 м, 172.05-172.30 м, 172.30-172.55 м, 172.55-172.80 м, 172.80-173.05 м, 173.05-173.30 м, 173.30-173.55 м, 173.55-173.80 м, 173.80-174.05 м, 174.05-174.30 м, 174.30-174.55 м, 174.55-174.80 м, 174.80-175.05 м, 175.05-175.30 м, 175.30-175.55 м, 175.55-175.80 м, 175.80-176.05 м, 176.05-176.30 м, 176.30-176.55 м, 176.55-176.80 м, 176.80-177.05 м, 177.05-177.30 м, 177.30-177.55 м, 177.55-177.80 м, 177.80-178.05 м, 178.05-178.30 м, 178.30-178.55 м, 178.55-178.80 м, 178.80-179.05 м, 179.05-179.30 м, 179.30-179.55 м, 179.55-179.80 м, 179.80-180.05 м, 180.05-180.30 м, 180.30-180.55 м, 180.55-180.80 м, 180.80-181.05 м, 181.05-181.30 м, 181.30-181.55 м, 181.55-181.80 м, 181.80-182.05 м, 182.05-182.30 м, 182.30-182.55 м, 182.55-182.80 м, 182.80-183.05 м, 183.05-183.30 м, 183.30-183.55 м, 183.55-183.80 м, 183.80-184.05 м, 184.05-184.30 м, 184.30-184.55 м, 184.55-184.80 м, 184.80-185.05 м, 185.05-185.30 м, 185.30-185.55 м, 185.55-185.80 м, 185.80-186.05 м, 186.05-186.30 м, 186.30-186.55 м, 186.55-186.80 м, 186.80-187.05 м, 187.05-187.30 м, 187.30-187.55 м, 187.55-187.80 м, 187.80-188.05 м, 188.05-188.30 м, 188.30-188.55 м, 188.55-188.80 м, 188.80-189.05 м, 189.05-189.30 м, 189.30-189.55 м, 189.55-189.80 м, 189.80-190.05 м, 190.05-190.30 м, 190.30-190.55 м, 190.55-190.80 м, 190.80-191.05 м, 191.05-191.30 м, 191.30-191.55 м, 191.55-191.80 м, 191.80-192.05 м, 192.05-192.30 м, 192.30-192.55 м, 192.55-192.80 м, 192.80-193.05 м, 193.05-193.30 м, 193.30-193.55 м, 193.55-193.80 м, 193.80-194.05 м, 194.05-194.30 м, 194.30-194.55 м, 194.55-194.80 м, 194.80-195.05 м, 195.05-195.30 м, 195.30-195.55 м, 195.55-195.80 м, 195.80-196.05 м, 196.05-196.30 м, 196.30-196.55 м, 196.55-196.80 м, 196.80-197.05 м, 197.05-197.30 м, 197.30-197.55 м, 197.55-197.80 м, 197.80-198.05 м, 198.05-198.30 м, 198.30-198.55 м, 198.55-								

А. АНГИЛЛЫН ПАРАМЕТРУУД БОЛОН ТЭДГЭЭРИЙН ҮНЭЛГЭЭНҮҮД										
Параметрууд			Утгуудын интервал							
1	Уулын цулын бат бөхийн үзүүлэлт	Суналтын бат бэх	> 10 МПа	4-10 МПа	2-4 МПа	1-2 МПа	Энэ хүүрээнд зөвхөн нэг			
		Нэг тэнхлэгийн дагуух шахалтын бат бэх	> 250 МПа	100-250 МПа	50-100 МПа	25-50 МПа	5-25 МПа	1-5 МПа	< 1 МПа	
	Үнэлгээ		15	12	7	4	2	1	0	
2	Чөмгөн дээжийн гарц RQD		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	< 25%			
	Үнэлгээ		20	17	13	8	3			
3	Ан цав хоорондын зай		> 2 м	0.6-2 м	200-600 мм	60-200 мм	< 60 мм			
	Үнэлгээ		20	15	10	8	5			
4	Ан цавшлын нөхцөл байдал		Маш их барзгар гадаргуутай	Бага зэрэг барзгар гадаргуутай	Бага зэрэг барзгар гадаргуутай	Гөлгөр гадаргуутай < 5 мм зузаан	Гөлгөр гадаргуутай < 5 мм зузаан			
			Үргэлжилсэн бус	Зааглал < 1 мм	Зааглал < 1 мм	Зааглал 1-5 мм	Зааглал 1-5 мм			
			Зааглагдаагүй	Бага зэрэг өгөршсөн хана	Их өгөршсөн хана	Үргэлжилсэн	Үргэлжилсэн			
			Өгөршилд автаагүй хана							
		Үнэлгээ		30	25	20	10	0		
5	Гүний ус	(л/мин)	Байхгүй	< 10	10-25	25-125	> 125			
		Ан цавшил дахь усны даралт/ Үндсэн стресс σ		0	< 0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	> 0.5		
		Ерөнхий нөхцөл байдал	Бүрэн хуурай	Чийгтэй	Нойтон	Дуслаж байгаа	Урсгал устай			
		Үнэлгээ		15	10	7	4	0		
В. ХАГАРАЛТЫН ЧИГЛЭЛЭЭС ХАМААРСАН ҮНЭЛГЭЭНИЙ ТОХИРУУЛГА										
Суналын болон уналын чиглэлүүд			Маш тохиромжтой	Тохиромжтой	Дундаж	Тохиромжгүй	Маш тохиромжгүй			
Үнэлгээ	Туннель болон уурхай		0	-2	-5	-10	-12			
	Далан		0	-2	-7	-15	-25			
	Догол		0	-5	-25	-50				
С. УУЛЫН ЦУЛЫН ҮНЭЛГЭЭ										
Үнэлгээ			81-100	61-80	41-60	21-40	< 21			
Ангиллын дугаар			I	II	III	IV	V			
Ангиллын утга			Маш сайн чулуулаг	Сайн чулуулаг	Дундаж чулуулаг	Муу чулуулаг	Маш муу чулуулаг			
Д. ЧУЛУУЛГИЙН АНГИЛЛЫН УТГА										
Ангиллын дугаар			I	II	III	IV	V			
Тогтоон барих дундаж хугацаа			15 м малталт 20 жил	0 м малталт 1 жил	малталт 7 хоног	малталт 10 жил	1 м малталт 30 мин			
Барьцалдалт (кПа)			> 400	300-400	200-300	100-200	< 100			
Дотоод үрэлтийн өнцөг, градус			> 45°	35°-45°	25°-35°	15°-25°	< 15°			
Е. АН ЦАВЫН АНГИЛАЛ										
1	Ан цавын урт (тууш)		< 1 м	1-3 м	3-10 м	10-20 м	> 20 м			
	Үнэлгээ		6	5	2	1	0			
2	Судал (хоосон зай)		Байхгүй	< 0.1 мм	0.1-1.0 мм	1-5 мм	> 5 мм			
	Үнэлгээ		6	5	4	1	0			
3	Гадаргуугийн байдал		Маш барзгар	Барзгар	Бага зэрэг	Гөлгөр	Гялгар			
	Үнэлгээ		6	5	3	1	0			
4	Дүүргэгч материал (малталт)			Хатуу дүүргэлт < 5 мм	Хатуу дүүргэлт > 5 мм	Зөөлөн дүүргэлт < 5 мм	Зөөлөн дүүргэлт > 5 мм			
	Үнэлгээ		6	4	2	2	0			
5	Өгөршил		Өгөршөөгүй	Сул өгөршсөн	Дунд зэрэг	Их өгөршсөн	Бүрэн өгөршсөн			
	Үнэлгээ		6	5	3	1	0			

7-р зураг. Уулын цулын ангиллын систем (After Bieniawski 1989)

ДҮГНЭЛТ

- ASTM D5731-16 стандартад тулгуурлан цэгэн даралтын туршилт (Point Load Strength Test), ASTM D2938-95 стандартад нэг тэнхлэгийн дагуух шахалтын бат бөхийн хязгаар (Unconfined Compressive Strength Test)-ыг тодорхойлох лабораторийн туршилтуудын үр дүнгээр ил, далд уурхайн уулын цулын бат бөхийн үзүүлэлт болох цэгэн даралтын бат бөхийн индекс, нэг тэнхлэгийн дагуух шахалтын бат бөхийн хязгаар, уурхайн уулын цулын барьцалдалтын хүч нь уулын цулын ангиллын системийн 1-р ангилалд багтаж маш сайн болох нь, уулын цулын дотоод үрэлтийн өнцөг нь уулын цулын ангиллын

системийн 3-р ангилалд багтаж байгааг олон улсад хүлээн зөвшөөрөгддөг уул цулын ангиллын системээр тогтоосон (7-р зургаас үзнэ үү). Энэ нь ил, далд уурхайн тогтворжилтод сайнаар нөлөөлөх бөгөөд уулын цулын ангиллын системийн 1-р ангилалд бэхлэгээ хийх шаардлагагүй уулын ажил явуулах, гулсалт, нурлын эрсдэл харьцангуй бага үүсэх боломжтой.

- Ил уурхайн ажлын бус хажууд агуулагдаж байгаа чулуулгийн бат бөхийн үзүүлэлт нь харьцангуй өндөр гарсан нь тогтворжилтод эергээр нөлөөлж байна.
- Ил, далд уурхайн урьдчилсан геотехникийн үнэлгээ, шинжилгээ хийхэд лабораторийн үр

дүн, уулын цулын үнэлгээг ашиглах
боломжтой.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] Дундговь аймгийн Баянжаргалан сумын нутагт орших “Цол” хайлуур жоншны ордод 2022-2023 онд гүйцэтгэсэн хайгуулын ажлын үр дүнгийн тайлан, 2023 он.
- [2] Xia-Ting Feng, Rock Mechanics and Engineering Volume2: Laboratory and Field Testing, CRC Press, 2017
- [3] Bieniawski, Z.T. Engineering Rock Mass Classifications. 1989
- [4] Xia-Ting Feng, Rock Mechanics and Engineering Volume2: Laboratory and Field Testing, CRC Press, 2017
- [5] <https://pdhonline.com/courses/c552/Rock%20Engineering%20-%20Rock%20Mass%20Classifications%20and%20Properties.pdf>
- [6] <https://www.rocscience.com/help/rsdata/tutorials/rock-strength-tutorials/analysis-of-triaxial-lab-data>

АЛТНЫ ШОРООН ОРДЫН ГЕОТЕХНИКИЙН СУДАЛГАА

Батчулууны ГАНЗОРИГ ¹

¹Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Геологи, уул уурхайн сургууль, Уурхайн технологийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: chelikesur79@must.edu.mn¹

Хураангуй: “Улаан-Эрэгийн Дарагдмал, Жалга-1” алтны шороон ордын ил уурхайн геотехникийн судалгааны ажлыг геотехникийн нөхцөлөөр тодорхойлсон уурхайн параметрууд нь гарч болзошгүй эрсдэл болон гулсалт, нурал үүсгэх боломжтой эсэхийг тогтоох зорилгоор гүйцэтгэсэн. Алтны шороон ордын ил уурхайн параметруудийг геологийн тогтоц, ХШ-20, ХШ-24, ХШ-26 дугаар бүхий геологийн хайгуулын шугамуудыг төлөөлүүлэн Geo-001, Geo-002, Geo-003, Geo-004, Geo-005, Geo-006 дугаар бүхий геотехникийн өрөмдлөгийн цооногуудын геотехникийн дээжийн бичиглэл, тус цооногуудаас гарсан дээжүүдийн лабораторийн шинжилгээний үр дүн зэрэгт тулгуурлан Моргенстерн ба Прайсийн аргачлалаар Слайд (Slide) хоёр хэмжээст геотехникийн программ хангамжийг ашиглан уулын даралт, чулуулгийн шинж чанарын үзүүлэлтүүдийг харгалзан хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээнүүдийн үр дүнгээр тодорхойлов.

Түлхүүр үг: дээжийн бичиглэл, геологийн тогтоц, хажуугийн тогтворжилтын коэффициент, уурхайн параметр

I. УДИРТГАЛ

“Улаан-Эрэгийн Дарагдмал, Жалга-1” алтны шороон орд нь Төв аймгийн Заамар сумын Хайлааст багийн нутагт байрлах бөгөөд сумын төвөөс баруун хойш 22 км-т, Улаанбаатар хотоос баруун хойш 250 км зайд тус тус оршдог [1].

“Улаан-Эрэгийн Дарагдмал, Жалга-1” алтны шороон ордын ил уурхайн параметруудийг геотехникийн нөхцөлд тулгуурлан тодорхойлох зорилгоор геотехникийн судалгааны ажлыг гүйцэтгэсэн.

Уг судалгааны ажилд дараах зорилтуудыг дэвшүүлсэн.

1. Уг ордод шинээр нээх блокийн ашиглалттай уялдуулан уурхайн ажлын бус хажууд геотехникийн цооног өрөмдөж, гарсан дээжүүдийн геотехникийн бичиглэлийг гүйцэтгэх, хажууг судлах
2. Геотехникийн цооногоос төлөөлүүлэн авсан дээжүүдийн сэвсгэр хурдсын болон чулуулгийн шинж чанарын үзүүлэлтүүдийг тодорхойлох
3. “Улаан-Эрэгийн Дарагдмал, Жалга-1” алтны шороон ордын ил уурхайг ашиглахад чулуулгийн литологи, сэвсгэр хурдас, чулуулгийн шинж чанарын үзүүлэлт, уулын даралт зэргийг харгалзан үзэж, хамаарах хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээ хийж, энэхүү судалгаагаар уурхайн ажлын бус хажууд гулсалт, нурал болон эрсдэл үүсгэхгүй боломжтой уурхайн параметруудийг тодорхойлох.

Энэхүү судалгааны ажлыг гүйцэтгэхэд хүчин чармайлт гаргаж хамтарч ажилласан “Их Ундарга Майнинг” ХХК-ийн хамт олон, түүнчлэн геотехникийн өрөмдлөгийн ажлыг гүйцэтгэсэн “Ньюпинакли дриллинг” ХХК, лабораторийн шинжилгээнүүдийн үр дүнг гаргасан “Инженер Геодези” ХХК-ийн хамт олонд талархал илэрхийлж байна.

II. СУДАЛГААНЫ АРГА

Моргенстерн ба Прайс нарын аргачлал

Хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээг хязгаарлагдмал тэнцвэрийн аргад суурилсан Моргенстерн ба Прайс нарын аргачлалаар тооцоолдог.

Моргенстерн ба Прайс нарын аргачлал нь хүч ба моментийг тэнцвэржүүлж, хэрчим хоорондын хүчний функцийг авна. Энэхүү аргачлалын дагуу хэрчим хоорондын хүчний хазайлт нь дурын функцээр $f(x)$ өөрчлөгдөж болно.

$$T = f(x) \cdot \lambda \cdot E \quad (1)$$

$f(x)$ - гулсалтын гадаргуугийн дагуу тасралтгүй өөрчлөгддөг хэрчим хоорондын хүчний функц
 λ -таамагласан функцийн масштабын коэффициент

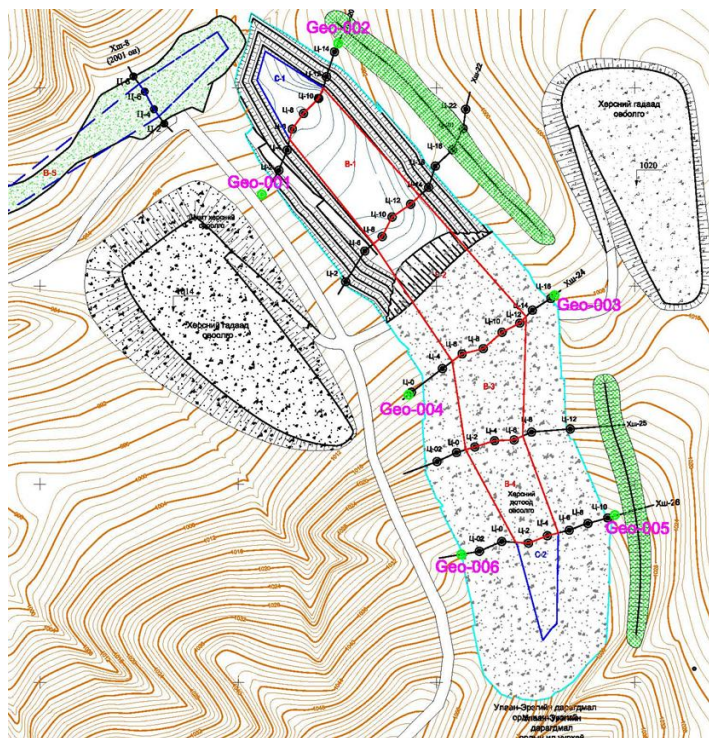
E, T -Хэрчим хоорондын хүчнүүд

III. АЛТНЫ ШОРООН ОРДЫН УУРХАЙН ГЕОТЕХНИКИЙН ӨРӨМДЛӨГИЙН АЖИЛ, ДЭЭЖНИЙ ГЕОТЕХНИКИЙН БИЧИГЛЭЛ

Өрөмдлөгөөр гарсан чөмгөн болон бутармаг дээжүүдийн геотехникийн бичиглэлийн мэдээллийг үндэслэн уурхайн амсрыг тэлэх боломжтой эцсийн хязгаар, уурхайн хэлбэршилт, гарч болзошгүй гулсалт, нурал зэргийг тооцоолоход ашиглах юм.

Алтны шороон ордын ил уурхайн геотехникийн өрөмдлөгийн ажил

“Улаан-Эрэгийн Дарагдмал, Жалга-1” алтны шороон ордын ил уурхайн параметруудийг геотехникийн судалгаанд тулгуурлан тодорхойлох зорилгоор геотехникийн заавар зөвлөмжийн дагуу геотехникийн өрөмдлөгийн ажлыг хийж гүйцэтгэсэн (1-р зураг).



1-р зураг. Геотехникийн өрөмдлөгийн цэгүүдийн байршил [2]

ХШ-20, ХШ-24, ХШ-26 дугаар бүхий геологийн хайгуулын шугамуудыг төлөөлүүлэн өрөмдсөн хайгуулын цооног, уурхайн хүрээг үндэслэн геотехникийн цооногуудын байршлыг сонгосон бөгөөд нийт 6 цооногийн 180.2 тууш метр өрөмдлөгийг хийж гүйцэтгэсэн.

“Ньюпинакли дриллинг” ХХК нь ул чулуулагт HQ буюу 63.5 мм, хөрс ба сэвсгэр хурдас чулуулагт RQ буюу 83 мм диаметр бүхий геотехникийн дээж авахаар 85 градусын налуутайгаар геотехникийн өрөмдлөгийн ажлыг гүйцэтгэсэн байна.

Геотехникийн дээжийн бичиглэл

Чөмгөн дээжүүдэд геотехникийн бичиглэл, дээжлэлтийг стандартын дагуу гүйцэтгэх нь уурхайн хажуугийн параметруудийг гулсалт, нурлаас сэргийлэх үүднээс оновчтой зөв тогтоох, гарч болзошгүй эрсдлийг үнэлэхэд оршино.

Geo-001, Geo-002, Geo-003, Geo-004, Geo-005, Geo-006 дугаар бүхий геотехникийн өрөмдлөгийн цооногуудын хувьд хийгдсэн дээжийн геотехникийн бичиглэл гүйцэтгэх хуудсыг 1-р хүснэгтэд үзүүлэв. Геотехникийн бүх дээжийн бичиглэл, дээжлэлтийг гүйцэтгэсэн.

Чөмгөн дээжийн геотехникийн бичиглэл гүйцэтгэх хуудас

1-р хүснэгт

Цооногийн дугаар: Geo-001								Хуудас: 05/01 Өдөр: 2020/02/18 Бичиглэл хийсэн:	Нинжээ
Эхлэх интервал	Кернийн гарц	Геотехникийн код	Тоо/ширхэг /Joint set number/	Чулуулгийн гадаргуугийн хэлбэр /Macro ratings/	Дүүргэгчийн хэлбэр /Micro Ratings/	Дүүргэгч /Infill Ratings/	Дүүргэгчийн зузаан /м/	Чулуулг т нөлөөлсөн байдал /JWS Ratings/	
0.00	10 см дээш бүхэл дээж /м/ Хатуулаг/Strenght h Бат бэх, хатуулаг/	R0		-2	-2			BNK	

Төгсөх интервал	Өгөршил Weathering Өгөршил//	E						
2.80	Чулуулгийн төрөл /Lithology- Чулуулгийн төрөл/	SO/CL						
	Ан цавын төрлийн тоо							
	RMR бодогдохгүй ✓	Хагарлын бүс	Gouge □	CFA		Discing - Stress indicator	From	To
	Хөрс ✓		Shear □					
			Broken □ /Mechanical State Механик эвдрэл/					
Геотехникийн комент: 0.0-0.4 метрт хүрэн бор өнгөтэй, ургамлын үетэй өнгөн хөрс, 0.4-5.2 м хагас мөлгөрсөн хэмхдэс чулуулаг агуулсан бор хүрэн улаавтар хүрэн шавар шавранцар								

IV. ИЛ УУРХАЙН ПАРАМЕТРУУДИЙГ ТОДОРХОЙЛОХ ГЕОТЕХНИКИЙН СУДАЛГАА

“Улаан-Эрэгийн Дарагдмал, Жалга-1” алтны шороон ордын ил уурхайн геотехникийн судалгааны ажлыг уурхайн параметрууд нь гулсалт, нурал үүсгэх боломжтой эсэхийг тогтоох зорилгоор гүйцэтгэсэн.

Ордын геологийн тогтоц

Хайгуул хийсэн шороон ордуудын талбайд дунд-кембрий доод-ордовикийн Доргонт формаци, дээд неоген ба дөрөвдөгчийн хурдас үүсч, тархжээ [1].

Хайгуул хийсэн талбайн хэмжээнд тархсан сэвсгэр хурдас нь литологийн найрлагаараа болон насаараа эрс ялгаатай дөрөвдөгчийн цайвар саарал, плиоцены улаавтар шаргал, улаан хүрэн, шавартар, бор шаргал өнгийн гэсэн өөр өөр хурдаснаас бүрдэнэ. Саарал өнгийн хурдас нь зүсэлтийн дээд хэсэгт орших ба дээд плейстоцен-голоцен /Q1-2/, голоцен /Q2/-ны настай.

Эртний хөндийн дарагдмал гольдролын хэсэгт дунд-дээд плейстоцен /арQ1/-ны настай бараан саарал өнгийн шавар, шавранцар тэмдэглэгдэх ба энэхүү хурдас нь Туул голын зүүн эрэг дагуух дарагдмал гольдролын хэмжээнд өргөн тархсан байдаг. Харин дэнжид зүсэлтийн дунд хэсэгт байрлах улаан хүрэн, улаавтар өнгийн хурдас нь насны хувьд дээд плиоцен /N₂/-д, улаавтар шар өнгийн хурдас нь зүсэлтийн доод хэсэгт байрлах бөгөөд насны хувьд доод /N₂1/-д хамаарна. Эдгээр голоцены ба доод плиоцены сэвсгэр хурдас нь алтны шороон орд агуулна [1].

Ил уурхайн параметруудийг тодорхойлох геотехникийн судалгаа (ХШ-20 хөндлөн зүсэлтийн хувьд)

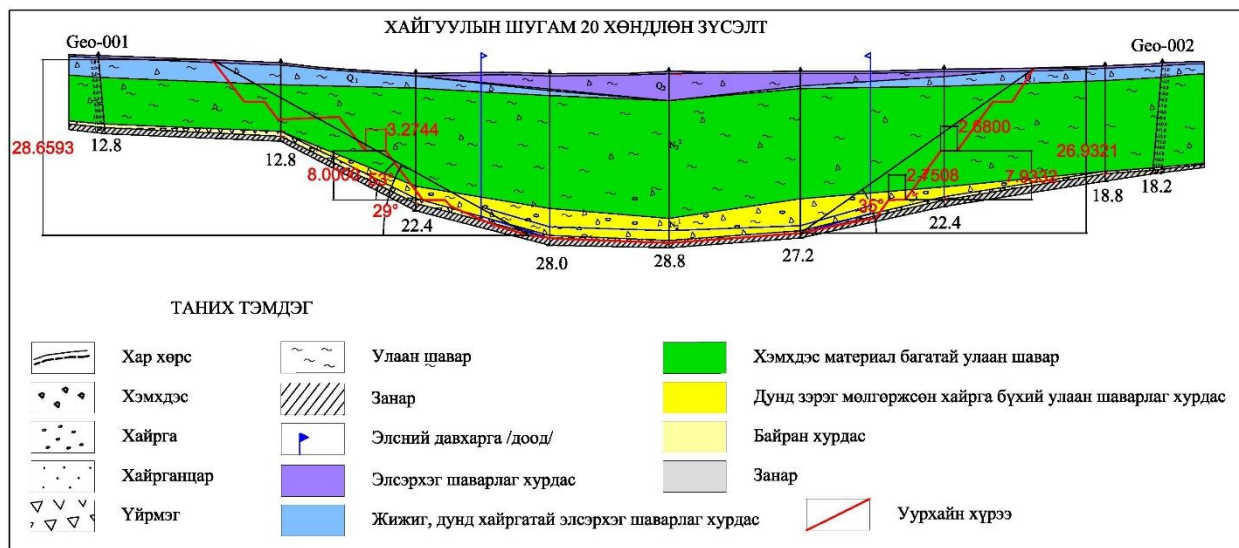
Ил уурхайн доголын өндрийг (3-8) метрээр, доголын хажуугийн өнцгийг (52-54) градусаар, аюулгүйн бермийн өргөнийг 3 метрээр, уурхайн гүнийг уурхайн баруун хажууд 28.65 метрээр,

зүүн хажууд 26.93 метрээр, уурхайн баруун хажуугийн үндсэн өнцгийг 29 градусаар, зүүн хажуугийн үндсэн өнцгийг 35 градусаар, уурхайн амсрын өргөнийг 134.133 метрээр, уурхайн ёроолын өргөнийг 44.119 метрээр тус тус тогтоосон (2-р зураг).

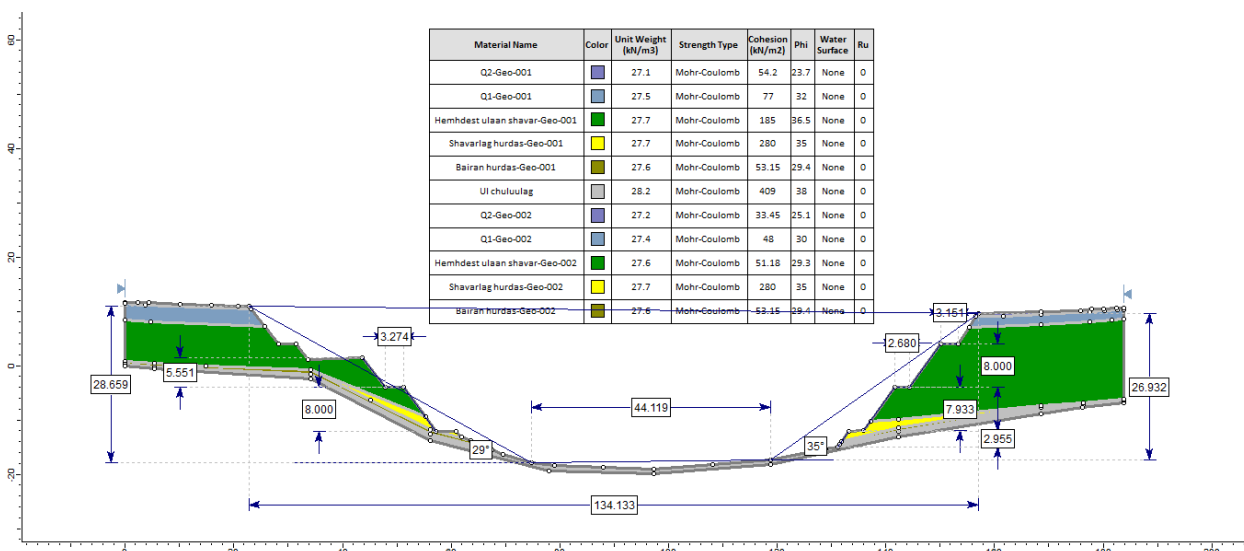
Уурхайн параметруудийг геотехникийн судалгаагаар тогтоохын тулд ХШ-20 дугаар бүхий геологийн хайгуулын хөндлөн зүсэлт дээр Geo-001, Geo-002 дугаартай геотехникийн цооногуудыг 85 градусаар налуу өрөмдөж, Geo-001, Geo-002 дугаартай геотехникийн цооногуудаас гарсан чөмгөн болон бутармаг дээжүүдэд геотехникийн бичиглэлийг гүйцэтгэж, Geo-001 дугаартай геотехникийн цооногоос төлөөлүүлэн нийт 7 ширхэг дээжинд, Geo-002 дугаартай геотехникийн цооногоос төлөөлүүлэн нийт 7 ширхэг дээжинд хувийн жин, барьцалдалтын хүч, дотоод үрэлтийн өнцөг зэргийг “Инженер Геодези” ХХК-ийн хөрсний болон чулуулгийн механикийн лабораторид туршилтуудаар тодорхойлсон бөгөөд Рокдата(RocData) геотехникийн программ хангамжаар уул цулын барьцалдалтын хүч, дотоод үрэлтийн өнцөг зэргийг боловсруулсан. Эдгээр шинж чанарын үзүүлэлтүүдийг уурхайн баруун, зүүн хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээ хийж, уурхайн параметруудийг геотехникийн нөхцөлд тулгуурлан тогтооход ашигласан.

ХШ-20 дугаар бүхий геологийн хайгуулын хөндлөн зүсэлт дээр өрөмдсөн Geo-001, Geo-002 дугаартай геотехникийн цооногуудыг ашиглан чулуулгийн литологийн зүсэлтийг гаргасан (1-р зураг).

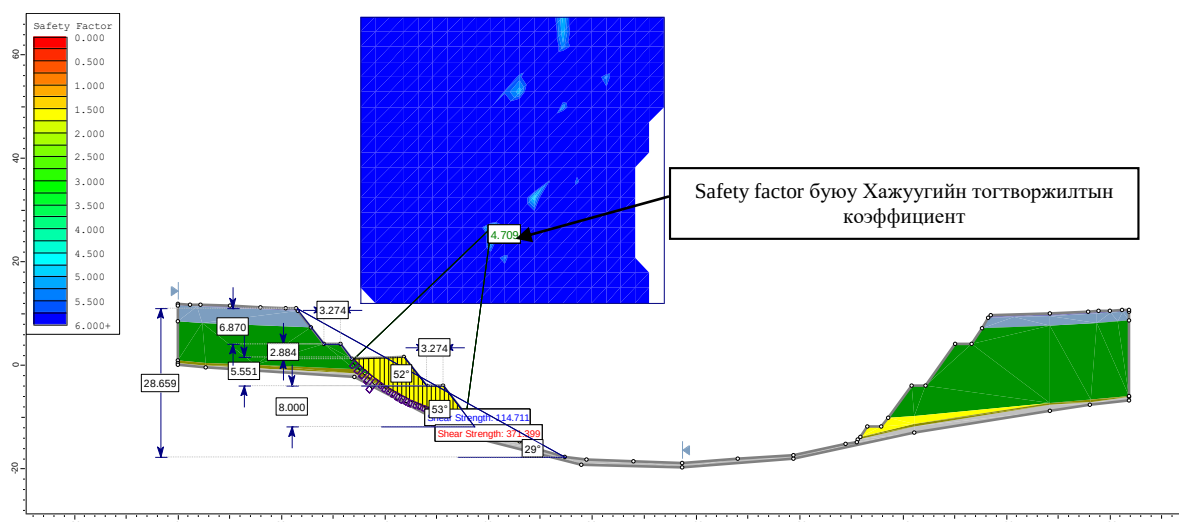
ХШ-20 геологийн хөндлөн зүсэлт дээрх уурхайн параметрууд, геометр модел (2-р зураг)-ийг геотехникийн Слайд програм хангамж дээр үүсгэж, хязгаарлагдмал тэнцвэрийн аргаар Моргенстерн ба Прайс нарын аргачлалаар уурхайн хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээнүүд (3,4-р зураг)-ийг гүйцэтгэсэн. Зургуудыг 1:1000 масштабаар зурсан болно.



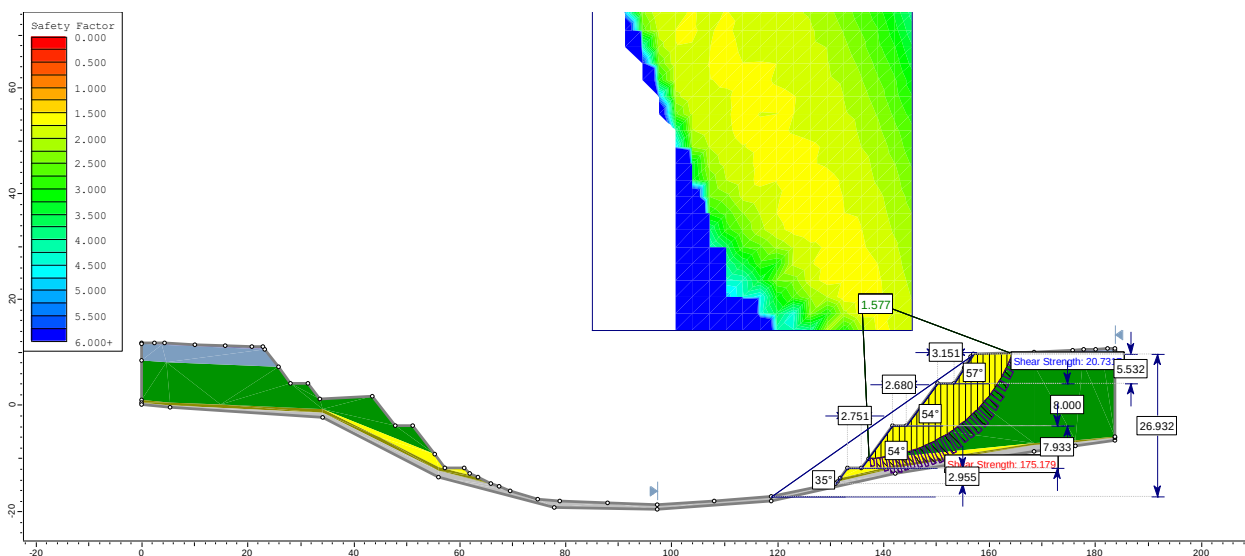
1-р зураг. ХШ-20 геологийн хайгуулын шугамын хөндлөн зүсэлтийн чулуулгийн литологи, өрөмдсөн геотехникийн цооногууд, уурхайн хүрээ



2-р зураг. ХШ-20 геологийн хайгуулын шугамын хөндлөн зүсэлт дээрх уурхайн параметрууд, геометр модел



3-р зураг. Уурхайн баруун жигүүрийн үндсэн налуу 29 градус байх үеийн хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээний үр дүн



4-р зураг. Уурхайн зүүн хажуугийн үндсэн налуу 35 градус байх үеийн хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээний үр дүн

Ил уурхайн параметруудийг тодорхойлох геотехникийн судалгаа (ХШ-24 хөндлөн зүсэлтийн хувьд)

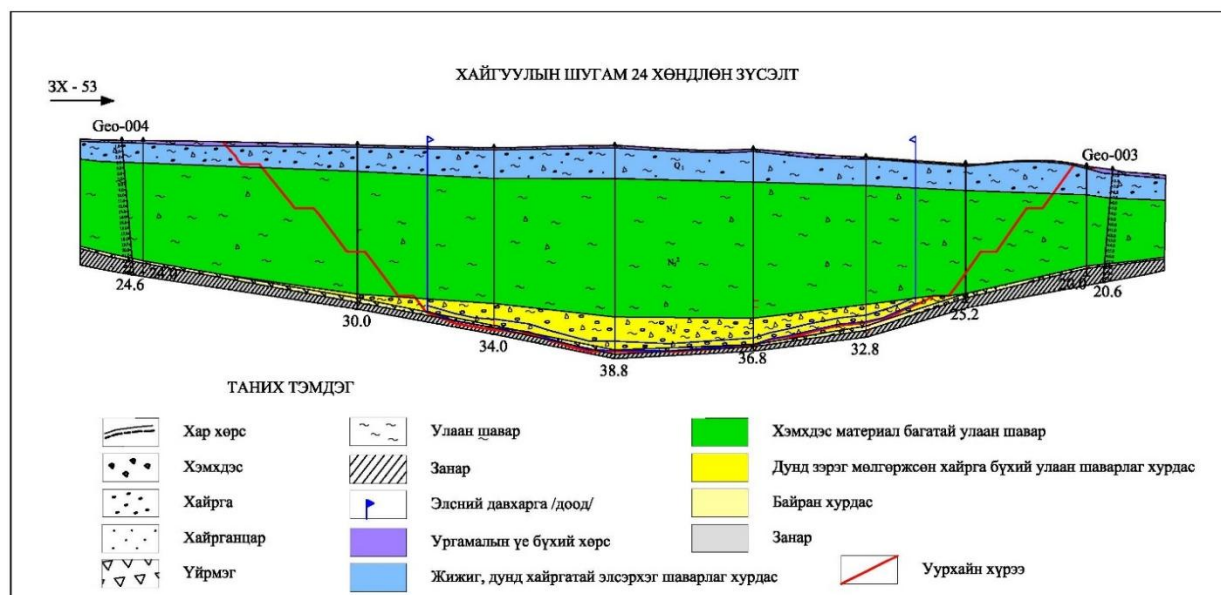
Уурхайн доголын өндрийг (3-8) метрээр, доголын хажуугийн өнцгийг (51-55) градусаар, аюулгүйн бермийн өргөнийг 3 метрээр, уурхайн гүнийг уурхайн баруун хажууд 31 метрээр, зүүн хажууд 26.5 метрээр, уурхайн баруун хажуугийн үндсэн өнцгийг 40 градусаар, зүүн хажуугийн үндсэн өнцгийг 40 градусаар, уурхайн амсрын өргөнийг 155.22 метрээр, уурхайн ёроолын өргөнийг 86.95 метрээр тус тус тогтоосон байна (6-р зураг).

Уурхайн параметруудийг геотехникийн нөхцөлд тулгуурлан тогтоохын тулд ХШ-24 дугаар бүхий геологийн хайгуулын хөндлөн зүсэлт дээр Geo-003, Geo-004 дугаартай геотехникийн цооногуудыг 85 градусаар налуу өрөмдөж, Geo-003, Geo-004 дугаартай геотехникийн цооногуудаас гарсан чөмгөн дээжүүдэд геотехникийн бичиглэл (Хавсралт 3)-ийг гүйцэтгэж, Geo-003 дугаартай геотехникийн цооногоос төлөөлүүлэн нийт 8 ширхэг дээжинд, Geo-004 дугаартай геотехникийн цооногоос төлөөлүүлэн нийт 7 ширхэг дээжинд хувийн жин,

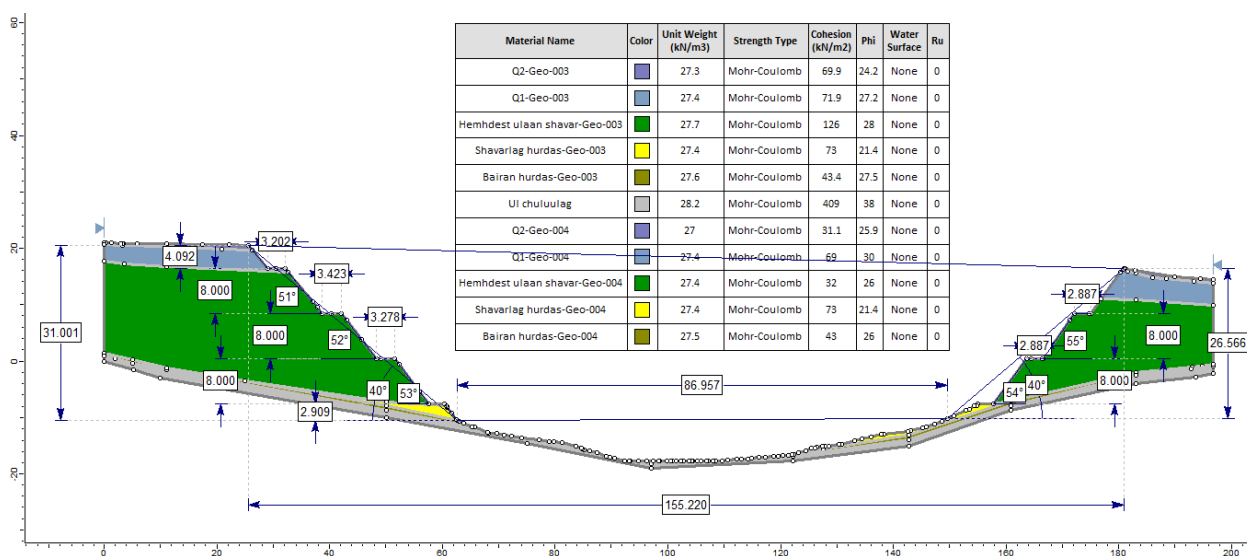
барьцалдалтын хүч, дотоод үрэлтийн өнцөг зэргийг “Инженер Геодези” ХХК-ийн хөрсний болон чулуулгийн механикийн лабораторийн туршилтуудаар тодорхойлсон бөгөөд Рокдата(RocData) геотехникийн программ хангамжаар уул цулын барьцалдалтын хүч, дотоод үрэлтийн өнцөг зэргийг боловсруулсан. Эдгээр шинж чанарын үзүүлэлтүүдийг уурхайн баруун, зүүн хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээ хийж, уурхайн параметруудийг геотехникийн нөхцөлд тулгуурлан тогтооход ашигласан.

ХШ-24 дугаар бүхий геологийн хайгуулын хөндлөн зүсэлт дээр өрөмдсөн Geo-003, Geo-004 дугаартай геотехникийн цооногуудыг ашиглан чулуулгийн литологийн зүсэлтийг гаргасан (5-р зураг).

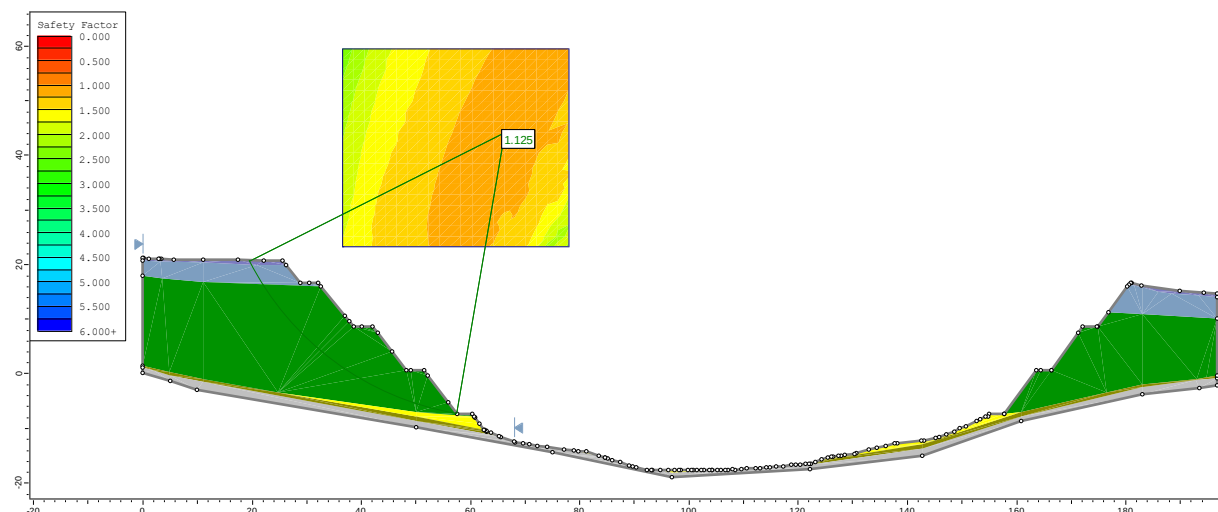
ХШ-24 геологийн хөндлөн зүсэлт дээрх уурхайн параметрууд, геометр модел (6-р зураг)-ийг геотехникийн Слайд програм хангамж дээр үүсгэж, хязгаарлагдмал тэнцвэрийн аргаар Моргенстерн, Прайс нарын аргачлалаар уурхайн хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээнүүд (7,8,9-р зураг)-ийг чулуулгийн структур ба литологи, чулуулгийн шинж чанарын үзүүлэлт, уулын даралт зэргийг харгалзан гүйцэтгэсэн.



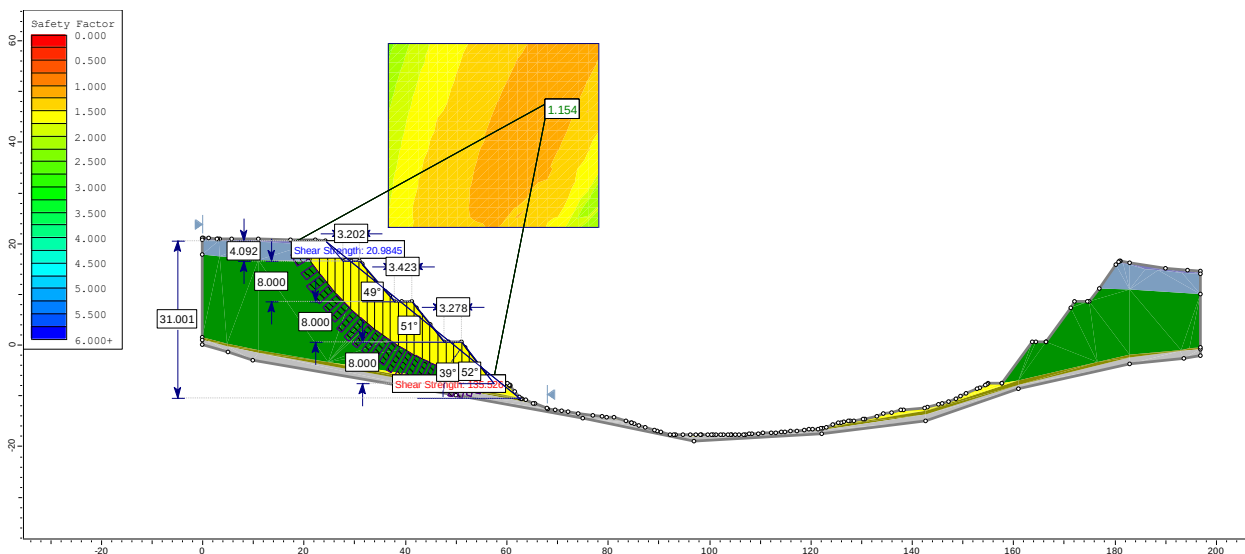
5-р зураг. ХШ-24 геологийн хайгуулын шугамын хөндлөн зүсэлтийн чулуулгийн литологи, өрөмдсөн геотехникийн цооногууд, уурхайн хүрээ



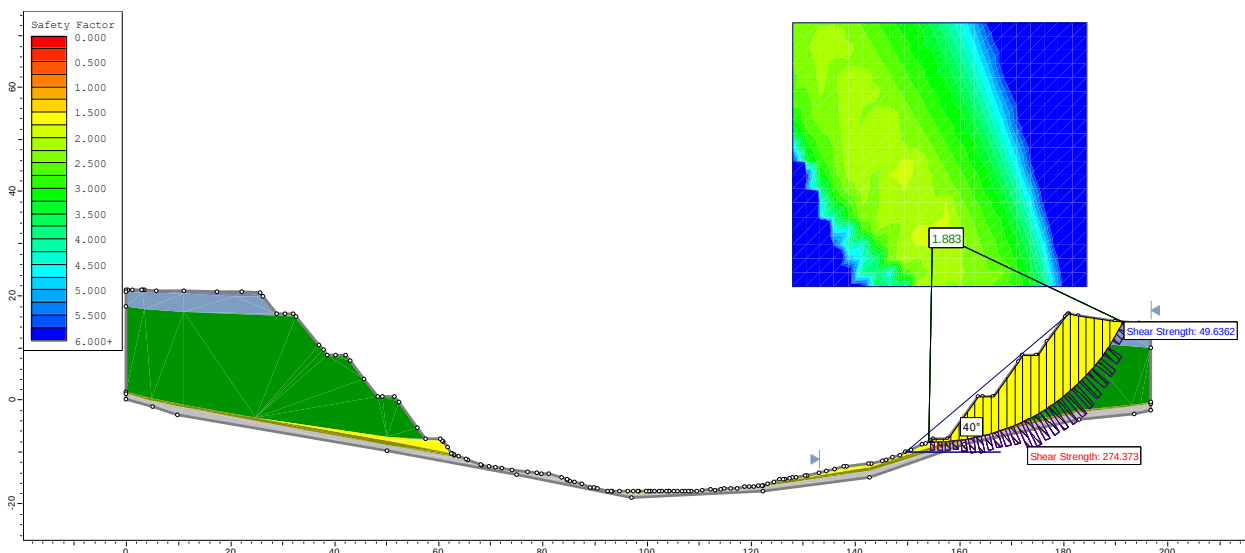
6-р зураг. ХШ-24 геологийн хайгуулын шугамын хөндлөн зүсэлт дээрх уурхайн параметрууд, геометр модел



7-р зураг. Уурхайн баруун жигүүрийн үндсэн хэсгүү 40 градус байх үеийн хэсгүүгийн тогтворжилтын шинжилгээний үр дүн



8-р зураг. Уурхайн баруун хажуугийн үндсэн налуу 39 градус байх үеийн хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээний үр дүн



9-р зураг. Уурхайн зүүн жигүүрийн үндсэн хажуу 40 градус байх үеийн хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээний үр дүн

Ил уурхайн параметруудийг тодорхойлох геотехникийн судалгаа (ХШ-26 хөндлөн зүсэлтийн хувьд)

Уурхайн доголын өндрийг (5-8) метрээр, доголын хажуугийн өнцгийг (51-56) градусаар, аюулгүйн бермийн өргөнийг 3 метрээр, уурхайн гүнийг уурхайн баруун хажууд 50.4 метрээр, зүүн хажууд 47.2 метрээр, уурхайн баруун хажуугийн үндсэн өнцгийг 38 градусаар, зүүн хажуугийн үндсэн өнцгийг 43 градусаар, уурхайн амсрын өргөнийг 160.25 метрээр, уурхайн ёроолын өргөнийг 45.8 метрээр тус тус тогтоосон байна (11-р зураг).

Уурхайн параметруудийг геотехникийн нөхцөлд тулгуурлан тогтоохын тулд ХШ-26 дугаар бүхий геологийн хайгуулын хөндлөн зүсэлт дээр Geo-005, Geo-006 дугаартай геотехникийн цооногуудыг 85 градусаар налуу өрөмдөж, Geo-005, Geo-006 дугаартай геотехникийн цооногуудаас гарсан чөмгөн дээжүүдэд

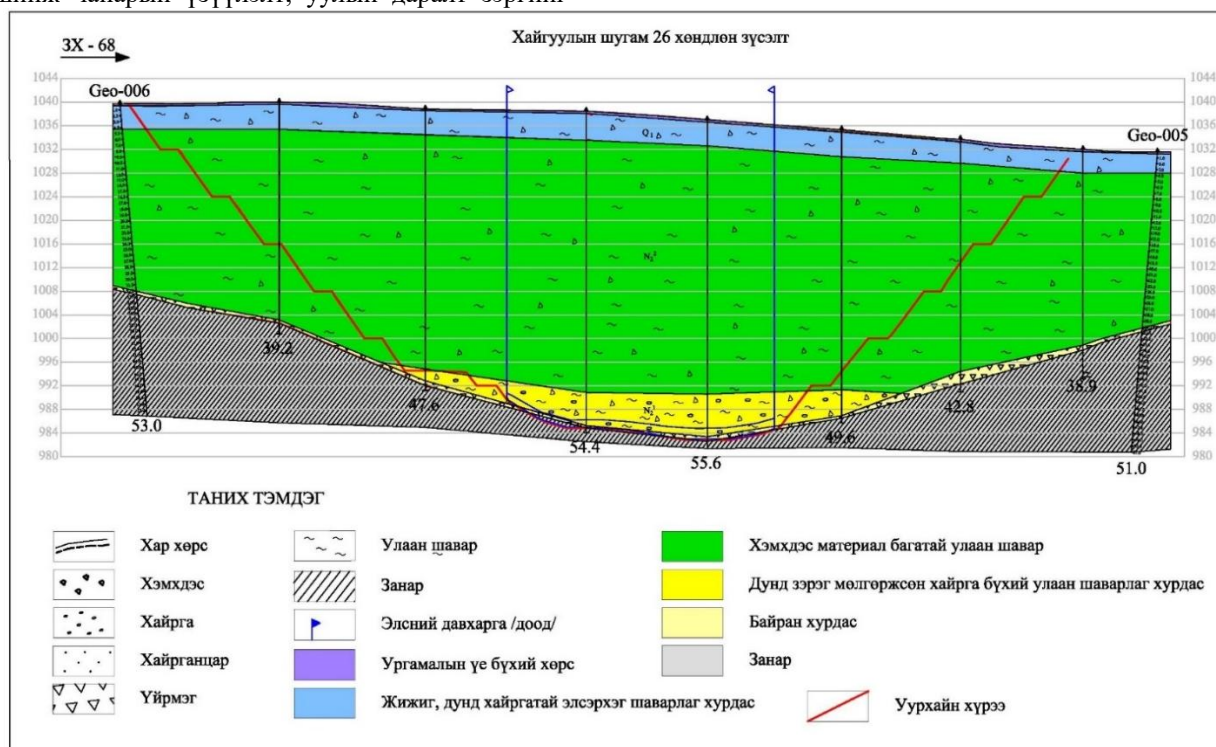
геотехникийн бичиглэлийг гүйцэтгэж, Geo-005 дугаартай геотехникийн цооноогоос төлөөлүүлэн нийт 16 ширхэг дээжинд, Geo-006 дугаартай геотехникийн цооноогоос төлөөлүүлэн нийт 15 ширхэг дээжинд хувийн жин, барьцалдалтын хүч, дотоод үрэлтийн өнцөг зэргийг “Инженер Геодези” ХХК-ийн хөрсний болон чулуулгийн механикийн лабораторийн туршилтуудаар тодорхойлсон бөгөөд Rocdata(RocData) геотехникийн программ хангамжаар уул цулын барьцалдалтын хүч, дотоод үрэлтийн өнцөг зэргийг боловсруулсан. Эдгээр шинж чанарын үзүүлэлтүүдийг уурхайн баруун, зүүн хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээ хийж, уурхайн параметруудийг геотехникийн нөхцөлд тулгуурлан тогтооход ашигласан.

ХШ-26 дугаар бүхий геологийн хайгуулын хөндлөн зүсэлт дээр өрөмдсөн Geo-005, Geo-006 дугаартай геотехникийн цооногуудыг ашиглан

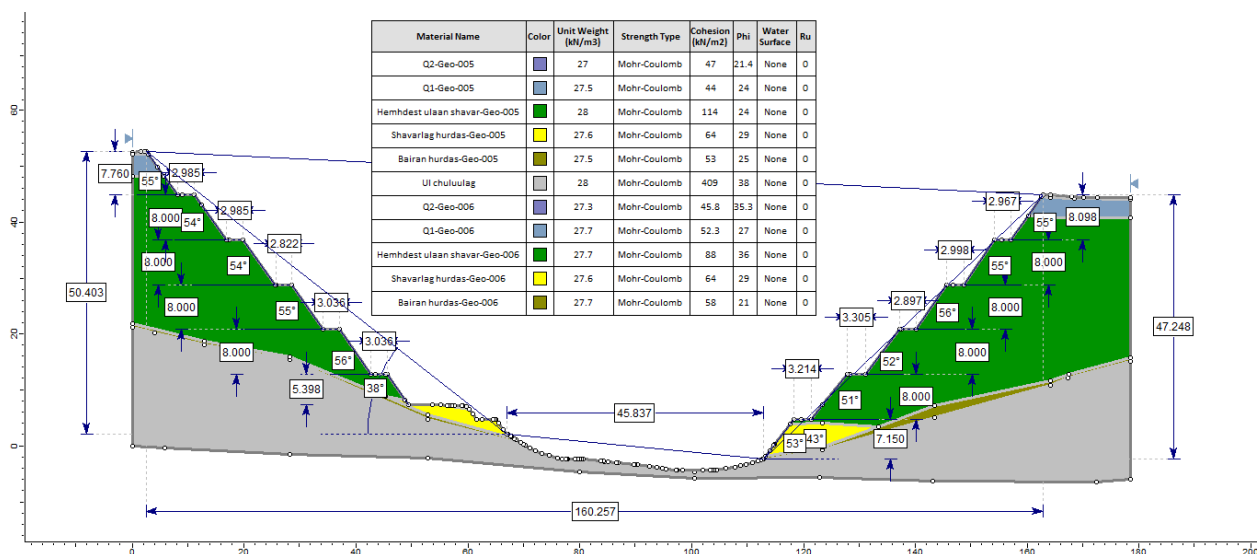
чулуулгийн литологийн зүсэлтийг гаргасан (10-р зураг).

ХШ-26 геологийн хөндлөн зүсэлт дээрх уурхайн параметрууд, геометр модел (11-р зураг)-ийг геотехникийн Слайд програм хангамж дээр үүсгэж, хязгаарлагдмал тэнцвэрийн аргаар чулуулгийн структур ба литологи, чулуулгийн шинж чанарын үзүүлэлт, уулын даралт зэргийг

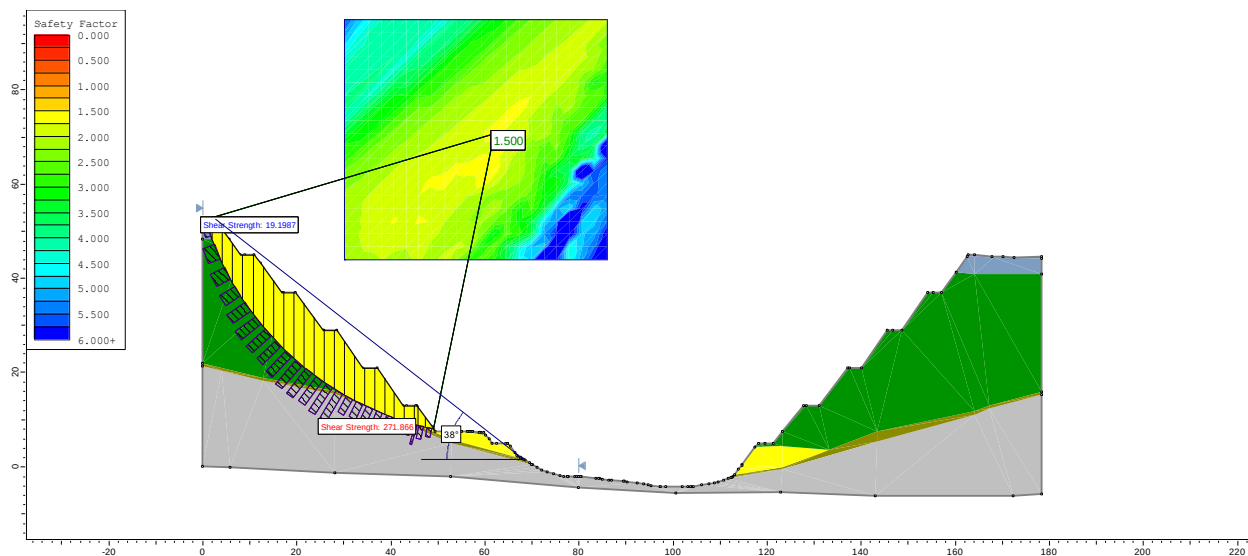
харгалзан хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээнүүд (12,13-р зураг)-ийг гүйцэтгэж, геотехникийн нөхцөлөөр тогтоосон уурхайн параметруудээр уулын ажлыг явуулахад уурхайн хажууд гулсалт, нурал үүсэх боломжтой эсэхийг тогтоов.



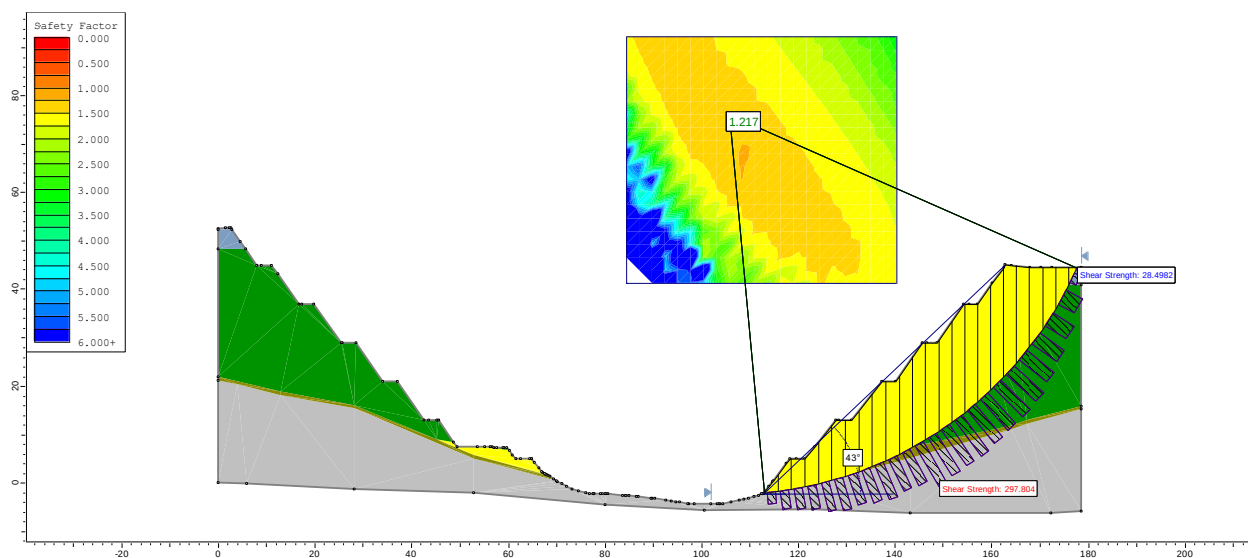
10-р зураг. ХШ-26 геологийн хайгуулын шугамын хөндлөн зүсэлтийн чулуулгийн литологи, өрөмдсөн геотехникийн цооногууд, уурхайн хүрээ



11-р зураг. ХШ-26 геологийн хайгуулын шугамын хөндлөн зүсэлт дээрх уурхайн параметрууд, геометр модел



12-р зураг. Уурхайн баруун хажуугийн өнцөг 38 градус байх үеийн хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээний үр дүн



13-р зураг. Уурхайн зүүн хажуугийн өнцөг 43 градус байх үеийн хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээний үр дүн

ГЕОТЕХНИКИЙН СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮНГЭЭР ТОДОРХОЙЛСОН УУРХАЙН ПАРАМЕТРУУД

2-Р ХҮСНЭГТ

Хайгуулын сугам	Хажуугийн тогтворжилтын коэффициент		Доголын өндөр, м	Доголын хажуугийн өнцөг, град	Аюулгүйн бөрмийн өргөн, м	Уурхайн үндсэн хажуугийн өнцөг, град		Уурхайн гүн, м	
	Уурхайн баруун хажуу	Уурхайн зүүн хажуу				Уурхайн баруун хажуу	Уурхайн зүүн хажуу	Уурхайн баруун хажуу	Уурхайн зүүн хажуу
ХШ-20	4.709	1.577	(3-8)	(52-54)	3	29	35	28.65	26.93
ХШ-24	1.154	1.883	(3-8)	(49-55)	3	39	40	31	26.5
ХШ-26	1.500	1.217	(5-8)	(51-56)	3	38	43	50.4	47.2

ДҮГНЭЛТ

1. ХШ-20 дугаар бүхий геологийн хайгуулын хөндлөн зүсэлтийн хувьд уурхай баруун хажуудаа 28.65 метр гүнзгийрэхэд уурхайн баруун хажуугийн тогтворжилтыг хангах боломжтой болохыг, уурхай зүүн хажууд 26.93 метр гүнзгийрэхэд уурхайн зүүн хажуугийн тогтворжилтыг хангах боломжтой болохыг тус тус тогтоов.
2. ХШ-24 дугаар бүхий геологийн хайгуулын хөндлөн зүсэлтийн хувьд уурхай баруун хажууд 31 метр гүнзгийрэхэд уурхайн баруун хажуугийн тогтворжилтыг хангах боломжтой болохыг, уурхайн зүүн хажууд 26.5 метр гүнзгийрэхэд уурхайн зүүн хажуугийн тогтворжилтыг хангах боломжтой болохыг тус тус тогтоов.
3. ХШ-26 дугаар бүхий геологийн хайгуулын хөндлөн зүсэлтийн хувьд уурхай баруун хажууд 50.4 метр гүнзгийрэхэд уурхайн баруун хажуугийн тогтворжилтыг хангах боломжтой болохыг, уурхай зүүн хажуудаа 47.2 метр гүнзгийрэхэд уурхайн зүүн хажуугийн тогтворжилтыг хангах боломжтой болохыг тус тус тогтоов.
4. Хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээний үр дүнд ХШ-20 дугаар бүхий геологийн хайгуулын хөндлөн зүсэлтийн хувьд уурхайн баруун хажууд гулсалт, нурал үүсэхгүй байх боломжтой бөгөөд уурхайн доголын өндөр (3-8) метр, аюулгүйн бермийн өргөн 3 метр, доголын хажуугийн өнцөг (52-53) градус, үндсэн хажуугийн өнцөг 29 градус болохыг, зүүн хажууд гулсалт, нурал үүсэхгүй байх боломжтой ба доголын өндөр (3-8) метр, аюулгүйн бермийн өргөн 3 метр, доголын хажуугийн өнцөг (54-57) градус, уурхайн хажуугийн өнцөг 35 градус болохыг тус тус тогтоосон.
5. Хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээний үр дүнд ХШ-24 дугаар бүхий геологийн хайгуулын хөндлөн зүсэлтийн хувьд уурхайн баруун хажууд гулсалт, нурал үүсэхгүй байх боломжтой доголын өндөр (3-8) метр, аюулгүйн бермийн өргөн 3 метр, доголын хажуугийн өнцөг (49-52) градус, уурхайн хажуугийн өнцөг 40 градусаар тооцсоныг нэг градусаар бууруулан 39 градус болохыг, уурхайн зүүн хажууд гулсалт, нурал үүсэхгүй байх боломжтой доголын өндөр (3-8) метр, аюулгүйн бермийн өргөн 3 метр,

доголын хажуугийн өнцөг (54-55) градус, уурхайн хажуугийн өнцөг 40 градус болохыг тус тус тогтоосон.

6. Хажуугийн тогтворжилтын шинжилгээний үр дүнд ХШ-26 дугаар бүхий геологийн хайгуулын хөндлөн зүсэлтийн хувьд уурхайн баруун хажууд гулсалт, нурал үүсэхгүй байх боломжтой доголын өндөр (5-8) метр, аюулгүйн бермийн өргөн 3 метр, доголын хажуугийн өнцөг (54-56) градус, уурхайн хажуугийн өнцөг 38 градус болохыг, уурхайн зүүн хажууд гулсалт, нурал үүсэхгүй байх боломжтой доголын өндөр (7-8) метр, аюулгүйн бермийн өргөн 3 метр, доголын хажуугийн өнцөг (51-56) градус, уурхайн хажуугийн өнцөг 43 градус болохыг тус тус тогтоосон.
7. “Улаан-Эрэгийн Дарагдмал, Жалга-1” алтны шороон ордын ил уурхай гүнзгийрэхийн хирээр тектоник эвдрэл, хагарал ба ан цавуудаар үүсэх сулралын болон гулсалт, нурлын эрсдэлтэй бүсүүдийн шинэ илрэлүүд, гадаргын болон гүний усны нөлөөлөл, газар хөдлөлийн чичирхийлэл, уурхайн тоног төхөөрөмжийн чичиргээ доргионы үйлчлэл, уурхайн хүнд даацын тоног төхөөрөмжийн даралт зэргээс шалтгаалан тус уурхайн хажуугийн тогтворжилт алдагдах боломжтой.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] “Улаан-Эрэгийн Дарагдмал, Жалга-1” алтны шороон ордын ил уурхайн параметруудийг тодорхойлох геотехникийн судалгааны ажлын тайлан, 2020 он.
- [2] Хөрс болон чулуулгийн физик-механик шинж чанарын үзүүлэлтүүдийн лабораторийн шинжилгээний үр дүнгийн тайлан, 2020 он.
- [3] Read, J and Stacey, P. Guidelines for Open Pit Slope Design. CSIRO, 2009.
- [4] Rocscience, Slide Tutorials.

ИЛ УУРХАЙН ХАЖУУГИЙН ЭВДРЭЛ, НУРАЛ ҮҮССЭН БҮСИЙН ГЕОТЕХНИКИЙН ҮНЭЛГЭЭ БА ТОГТВОРЖИЛТЫН ШИНЖИЛГЭЭ

Цэдэндоржийн АМАРСАЙХАН¹, Алтсүхийн НЯМТУЛГА², Дашнямын БАТБАЯР³

¹Монгол улс, Улаанбаатар, Оргилохбүрд ХХК

^{2,3}Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Геологи Уул Уурхайн Сургууль, Уурхайн технологийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: amarts.oburd@gmail.com¹, anyamtulga@must.edu.mn², dashnyam_batbayar@must.edu.mn³

Хураангуй: Хүдрийн ил уурхайн ажлын бус хажууд үүссэн эвдрэл–нурлын геотехникийн нөхцөл байдлыг үнэлж, нурал үүсгэсэн шалтгаан, тухайн бүсийн тогтворжилтын нөхцөл болон цаашдын уулын ажлын боломжит хувилбаруудыг тодорхойлоход энэхүү судалгааны ажил чиглэгдэв. Судалгаанд төслийн талбайд өмнө хийгдсэн геологи, геотехникийн мэдээлэл, литологийн бүтэц, структур ан цавын хэв шинж, ил уурхайн хажуугийн бүтэц зэргийг нэгтгэн 3 хэмжээст геометр модел боловсруулж, чулуулгийн массивын бат бөхийн үзүүлэлтүүдийг Hoek–Brown-ийн шалгуурт тулгуурлан эмпирик үнэлгээ хийв. Структурын боловсруулалтаар нийт зургаан гол ан цавын бүлэг тодорхойлогдож, тэдгээрийн огтлолцлоос үүсэх боломжит эвдрэлийн хувилбаруудыг кинематик аргаар шинжиллээ. Тогтворжилтын 2D/3D LEM-анализын үр дүнгээр Set 4 болон Set 6 бүлгийн унал–суналтын чиглэлийн огтлолцол нь шаантаг төрлийн эвдрэлийг үүсгэх үндсэн бүтцийн нөхцөл бүрдүүлсэн нь тогтоогдов. Нурал үүссэн түвшинд хийгдсэн тэсэлгээний чичирхийллийн нөлөө хажуугийн тогтворжилтын коэффициентийг мэдэгдэхүйц бууруулсан бөгөөд $FOS < 1.2$ бүхий тогтворгүй бүсүүд нурал үүссэн хэсгийн улнаас 30–50 м зайд илэрч байна. Цаашдын уулын ажилд +2600 м түвшинд ажлын талбай бэлтгэн түвшин тус бүрт strip-cutting аргаар тэлэх загварчлалаар +2560 м түвшин хүртэл тогтворжилт хангах боломжтой гэж үзэв. Энэхүү судалгаа нь нурал үүсгэсэн бүтцийн механизм, геотехникийн эрсдэлийн үнэлгээг тодорхойлж, цаашдын уулын ажлын төлөвлөлтөд суурь мэдээлэл болгон ашиглах ач холбогдолтой.

Түлхүүр үг: хажуугийн тогтворжилт, нурал, структурын анализ, шаантаг эвдрэл, геотехник

I. СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН ЕРӨНХИЙ МЭДЭЭЛЭЛ

Хүдрийн ордын ашиглалтын явцад үүссэн ил уурхайн хажуугийн эвдрэл, геотехникийн хүндрэлийн асуудалд урьдчилсан дүгнэлт гаргах, зөвлөмж өгөх зорилготой судалгааны ажлыг Оргилохбүрд ХХК-ийн инженерүүд болон ШУТИС ГУУС-ын судлаачдын баг хийж гүйцэтгэв. Тухайн судалгааны ажлаар төслийн талбайд өмнө хийгдсэн геологи хайгуулын, геотехникийн, чулуулгийн физик механикийн зэрэг судалгааны ажлуудын мэдээлэл, үр дүнгийн үзүүлэлтүүдэд үндэслэн ил уурхайн Пит-5 хэсгийн ажлын бус хажууд үүссэн эвдрэлийн бүсэд хамаарах судалгааны ажлын модел үүсгэж, суурин судалгааны аргачлалуудаар эвдрэлийн шалтгаан, цар хэмжээг урьдчилсан байдлаар тодорхойлох, цаашид тухайн хэсэгт уулын ажил явуулахад үүсэх хүндрэлүүдийг үнэлэх зорилтуудыг тавин ажиллаа.

II. СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН АРГАЧЛАЛ

Судалгааны ажил нь боловсруулалтын дарааллын хувьд төслийн талбайд ажиллах, хэмжилт, ажиглалт, зураглалын ажлууд, судалгааны ажлын өгөгдөл боловсруулалтын ажлууд, тэдгээртэй холбоотой эмпирик шинжилгээ, тооцооллын ажлууд, зураг төсөл, судалгааны модел боловсруулалтын ажил болон эвдрэл, нурал үүссэн хэсгийн хажуугийн тогтворжилтын судалгааны ажлууд гэсэн үе шатуудаар хийгдсэн.

1. Төслийн талбай дахь хэмжилт зураглал, судалгааны ажлын өгөгдөл боловсруулалт

Судалгааны ажлын баг ил уурхайн Пит-5 хэсэгт ажиллаж ил уурхайн хажууд үүссэн эвдрэлийн бүсэд дроны зураглал, хэмжилтийн ажлуудыг хийж, фотограмметрийн аргачлалаар Agisoft Metashape програмд боловсруулалт хийн тухайн хэсгийн эвдрэл үүссэний дараах эвдрэл, нурын цар хүрээ, гадаргын зураглалыг тодорхойлсон.

Төслийн талбайд өмнө хийгдсэн геологи хайгуулын, чулуулгийн физик механик шинж чанарын судалгааны болон геотехникийн судалгааны ажлуудын үр дүнгийн үзүүлэлтүүдэд тулгуурлан судалгааны ажлын моделд ашиглах чулуулгийн шинж чанарын үзүүлэлтүүдийг Hoek-Brown-ын хөрс, чулуулгийн физик механикийн шинж чанарын шалгуураар боловсруулалтыг Rocscience RocData програмд хийж үр дүнгийн үзүүлэлтүүдийг геотехникийн мэргэжлийн програмд хөрвүүлэхэд бэлтгэсэн.

Төслийн талбайд өмнө хийгдсэн геотехникийн судалгааны ажлын үр дүнгийн үзүүлэлтүүдээс Пит-5 хэсэгт үүссэн эвдрэлийн бүсэд хамаарах геотехникийн структурын бичиглэл хийгдсэн цооногуудыг сонгон авч тухайн хэсгийн хагарал, тасалдал, ан цавын хоорондын хамаарлуудыг тодорхойлох зорилготой боловсруулалтуудыг Rocscience Dips програмд хийсэн.

2. Хажуугийн тогтворжилтын судалгаа

Эвдрэл, нурал үүссэн хэсгийн структурын өгөгдлүүдэд үндэслэн эвдрэл, нурын кинематик шинжилгээг үүсч болох нурын төрлүүдээр Rocscience Dips програм ашиглан хийв.

Ил уурхайн хажууд хийгддэг кинематик шинжилгээ нь догол, тээврийн зам хоорондох хажуу, ил уурхайн ерөнхий хажуу зэрэгт хамаарах тасалдал, ан цав, хагарал болон бусад структурын өгөгдлүүдийг хажуугийн бүтцэд хамааруулсан стереонэтийн зураглалд байгуулж түүнд дүн шинжилгээ хийх аргачлал юм.

Эвдрэл, нурлын шалтгаан, түүний цар хүрээ, хэмжээг тодорхойлох зорилгоор эвдрэл, нурал үүсэхээс өмнөх болох дараах моделуудад хажуугийн тогтворжилтод үнэлэлт өгөх Хязгаарын тэнцвэрийн аргачлал (LEM- Limit equilibrium method)-аар Rocscience Slide 3D програм ашиглан хажуугийн тогтворжилтын судалгааг хийлээ.

3 хэмжээст модел дахь хязгаарын тэнцвэрийн тооцоолол (LEM- Limit equilibrium method) нь ил уурхай, овоолго, далан зэрэг объектуудын бүтэц, тэдгээрийг бүрдүүлэгч материалуудын физик механик шинж чанар болон тэдгээрт нөлөөлөх хүчин зүйлсийн өгөгдлүүдэд үндэслэн обектийн хажууд үүсч болох гулсалт (нуралт)-ын бүсүүд, тэдгээрт хамаарах хажуугийн тогтворжилтын коэффициент (FOS- Factor of Safety) болон хажуугийн тогтворжилтын коэффициентоос хамаарсан хажууд үүсч болох эвдрэлийн магадлалыг (POF- Probably of Failure)- ыг тодорхойлдог бөгөөд Хажуугийн тогтворжилтын програмчлагдсан тооцоололд өргөн хэрэглэгддэг аргуудын нэг юм.

III. СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН ӨГӨГДӨЛ, МЭДЭЭЛЭЛ БОЛОВСРУУЛАЛТ

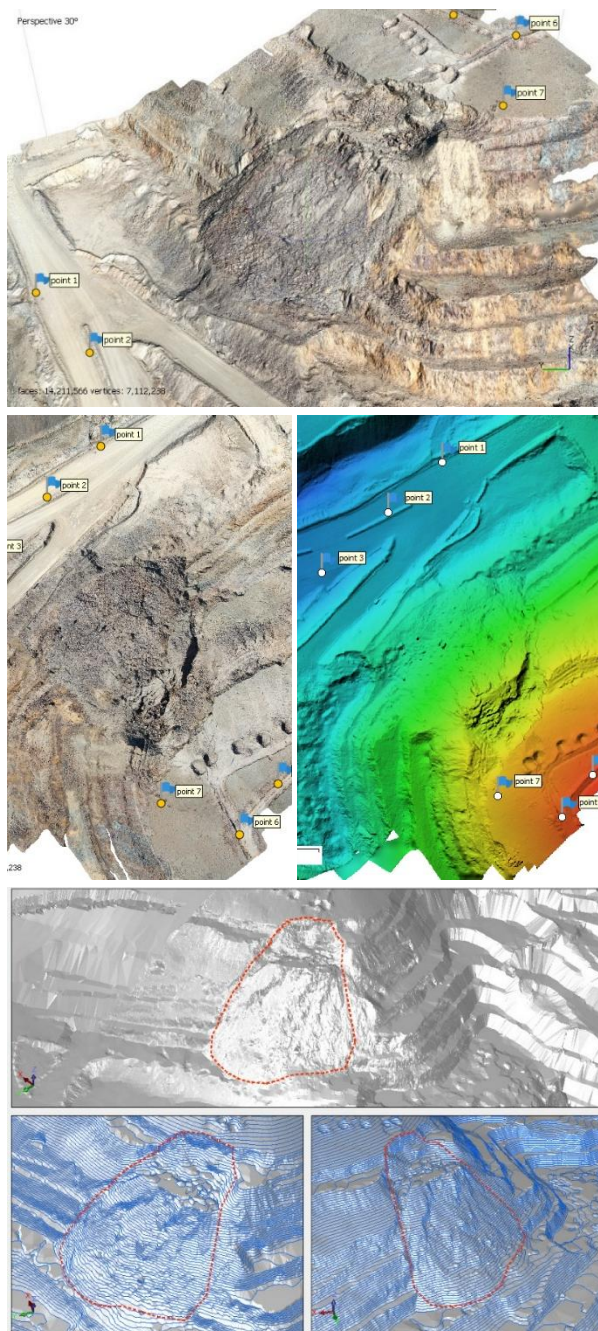
1. Төслийн талбай дахь хэмжилт, зураглал

Ил уурхайн ажлын бус хажууд үүссэн хажуугийн эвдрэл, нурлын цар хүрээ, гадаргын хэмжилтэд Sokkia GNSS GRX2 GPS хүлээн авагч 2 иж бүрдэл хэмжилтийн багажууд, Hasselblad 1” сенсрын камертай Dji Mavic 2 Pro дрон болон түр цэг байгуулах 50х50см хэмжээтэй гадаргын тэмдэглэгээнүүд ашигласан.



1-р зураг. Хэмжилтэд ашигласан багаж хэрэгслүүд

Хэмжилт, зураглалын ажлаар эвдрэл, нурал үүссэн хэсгийн 350х350м талбайн 1 хатуу цэг, 7 түр цэгийн байршлуудаар нийт 104 фото зургийн боловсруулалтыг фотограмметрийн аргачлалаар боловсруулж гадаргын зураглалыг UTM проекцоор байгуулсан.



2-р зураг. Пит-5 -ийн эвдрэл, нуралд өртсөн хэсгийн хэмжилтийн боловсруулалт, гадаргын зураглал

Тухайн хэмжилтээр Пит-5 -ийн эвдрэл нуралд өртсөн хажуугийн өндөр 60-75м, нурлын өргөн 50-100м болон урьдчилсан байдлаар 120мян.м3 уулын цулыг хамарсан зүүн хойш 322° чиглэлтэй, шаантаг (wedge failure) төрлийн нурал үүссэн тооцоолол гарсан.

2. Чулуулгийн физик механик шинж чанарын эмпирик шинжилгээ

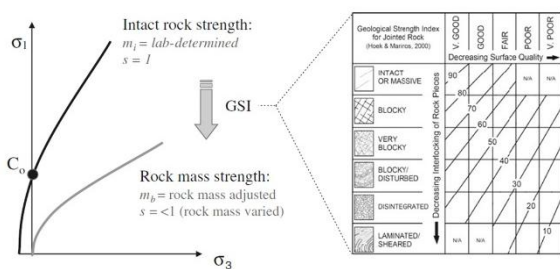
Судалгааны ажилд чулуулгийн физик механик шинж чанарын лабораторийн туршилт судалгааны үр дүнгүүдийг үндэслэн чулуулгийн лабораторийн судалгаа болон хээрийн бичиглэл зураглалын ажлыг

боловсруулдаг Rocscience RocData програмыг ашиглан Hoek-Brown-ын шугаман бус бат бөхийн шалгуурт хөрвүүлэн ашиглав.

Hoek-Brown-ын хөрс, чулуулгийн физик механикийн шинж чанарын шалгуур нь сүүлийн үеийн програмчлагдсан геотехникийн инженерчлэл, тооцоололд хэрэглэгддэг хамгийн түгээмэл бат бөхийн шалгуур юм.

Тухайн шалгуурын үндсэн зарчим нь чулуулгийн лабораторийн туршилтаар тодорхойлогдсон физик механик шинж чанарын үзүүлэлтүүд нь хээрийн судалгааны, ажиглалт, зураглалын, геотехникийн бичиглэлийн зэрэг үзүүлэлтүүдэд тулгуурласан чулуулгийн геологийн бат бөхийн индекс (GSI)-ийг болон түүнд нөлөөлөх бусад хүчин зүйлүүдийг тооцсоноор чулуулгийн бодит массив дахь шинж чанарын үзүүлэлтүүдийг гаргахад оршино.

Finite Element method, Limit equilibrium method зэрэг геотехник, хажуугийн тогтворжилтын үнэлгээний ихэнх програмчлагдсан тооцоолуудад (numerical analysis) уг бат бөхийн шалгуур, загварчлалыг өргөн хэрэглэдэг.



3-р зураг. Hoek-Brown-ийн хөрс, чулуулгийн шинж чанарын шалгуурын диаграм

Төслийн талбай, ил уурхайн талбай дээр болон суурин боловсруулалтын судалгааны ажлаар хөрс, чулуулгийн шинж чанарыг тодорхойлохын тулд Rocscience RocData програмд Hoek-Brown-ийн хялбаршуулсан шалгуурын үндсэн үзүүлэлтүүд болох GSI (Geological Strength Index), UCS (Uniaxial Compressive Strength), Mi value, D (Disturbance factor) зэрэг шинж чанарын үзүүлэлтүүдийг ашигласан бөгөөд судалгааны ажлын геологийн 3 хэмжээст геометр моделд ашигласан материалуудын эмпирик шинжилгээний үр дүн, шинж чанарын дэлгэрэнгүй үзүүлэлтүүдийг хүснэгтээр үзүүлэв.

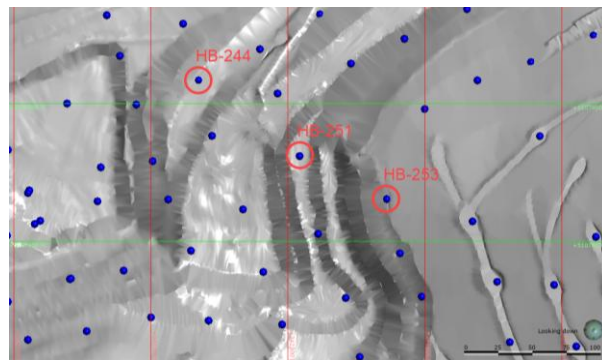
СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН МОДЕЛД АШИГЛАСАН ЧУЛУУЛГИЙН ШИНЖ ЧАНАРЫН ҮНДСЭН ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮД

1-Р ХҮСНЭГТ

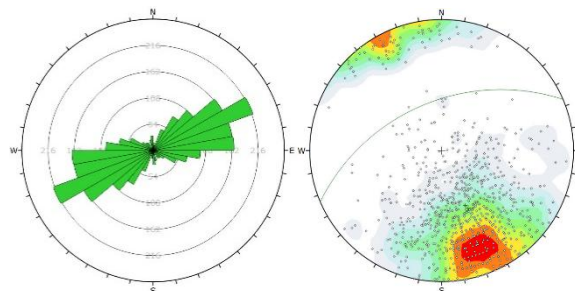
Лито-код	Эзлэхүүн жин, МН/м3	UCS (MPa)	mb	s	a
ANTF	0.0269	34.41	0.3695	5.3633	0.5106
BA	0.0240	50.00	0.4917	0.0001	0.5080
LM	0.0270	37.11	0.1831	8.8427	0.5086
RHY	0.0268	40.69	0.0963	4.5399	0.5113
SL	0.0265	16.86	0.0380	5.2009	0.5273
TF	0.0273	41.77	0.2746	0.0001	0.5075
FAULT	0.023	0.60	0.0083	2.1918	0.5975

3. Судалгааны талбайн структур анализ

Судалгааны ажил хийгдсэн нурлын хэсэгт геотехник, структурын бичиглэл хийгдсэн 3 цооногийн (HB-244, HB-251, HB-253) нийт 1000 орчим ан цав, структурын мэдээллийг боловсруулж тухайн хэсгийг төлөөлөх ан цав, сулралын бүтцийг тодорхойлсон.

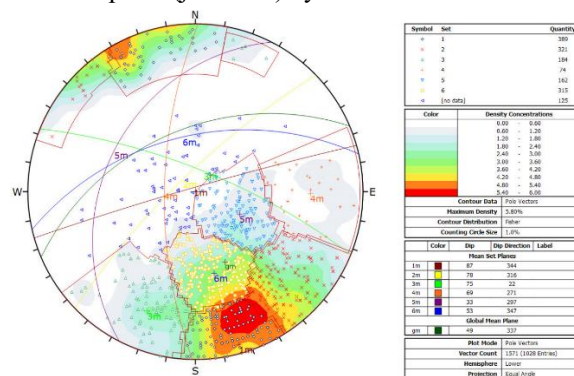


4-р зураг. Судалгааны талбайг төлөөлүүлсэн геотехникийн цооногуудын байршил



5-р зураг. Судалгааны талбайн ан цав, сулралын бүтцийн росет диаграм болон уналын чиглэлийн стереонет зураглал

Тухайн хэсгийн ан цав структурын бүтцийг унал, суналын чиглэлээр боловсруулалт хийж ан цавын ерөнхий 6 бүлэгт (joint sets) хуваасан.



6-р зураг. Судалгааны талбайн ан цав сулралын бүтцийн ерөнхий бүлгүүд

4. Судалгааны ажлын модел

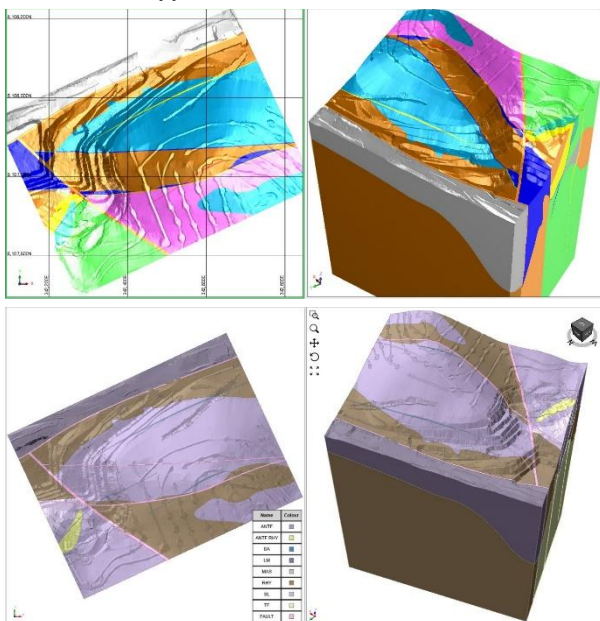
Төслийн талбайд хийгдсэн геологи хайгуулын, геотехникийн судалгааны ажлын баримтлалаар чулуулгийн литологийн олон төрлийг нэгтгэл хийж, голлох чулуулгийн хил заагийг загварчилсан лито-кодыг ашиглан судалгааны ажлын геологийн моделд оруулсан.

СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН МОДЕЛД АШИГЛАСАН ЧУЛУУЛГИЙН
ЛИТОЛОГИЙН ТАЙЛАЛ

2-р ХҮСНЭГТ

Литоологийн код	Тайлбар
ANTF	Andesite Tuff
ANTF RHY	Andesite Tuff- Rhyolite
BA	Basalt
LM	Limestone
MAS	Massive Sulfide
RHY	Rhyolite
SL	Siltstone
TF	Tuffs
FAULT	Fault-Shear Zone

Төслийн талбайн геологи хайгуулын болон геотехникийн судалгааны ажлуудаас ордын тектоник хагарлуудын загварчлал, литологийн загварчлалууд, гидрогеологийн мэдээллүүд, ил уурхайн Пит-5 хэсэгт эвдрэл үүсэхийн өмнөх хэмжилтийн зураг ашиглан ил уурхайн хажуугийн тогтворжилтын судалгааны ажлын 3 хэмжээст геометр моделийг Geovia Surpac, Seequent Leapfrog, Rocscience Slide3 програмуудыг ашиглан байгуулсан.



7-р зураг. Судалгааны ажлын 3 хэмжээст модел

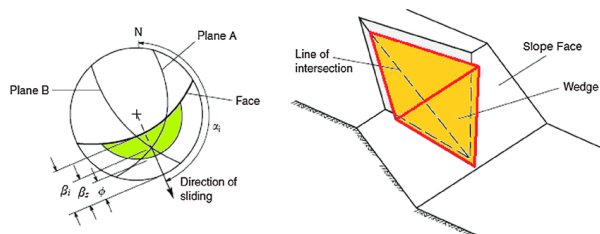
IV. ХАЖУУГИЙН ТОГТВОРЖИЛТЫН
СУДАЛГАА

Судалгааны ажлын суурь өгөгдлүүдэд үндэслэн Пит-5-ийн нурал үүссэн хэсэгт нурлын шалтгаан, цар хүрээ, эвдрэлийн бүсийг тодорхойлох зорилгоор нурлын өмнөх байдалд кинематик шинжилгээ болон хязгаарын тэнцвэрийн аргачлал (LEM- Limit equilibrium method)-аар хажуугийн тогтворжилтын тооцооллуудыг хийсэн. Мөн тухайн нурал үүссэн хэсэгт аваар устгах зорилгоор уулын ажил явуулах ил уурхайн дизайны хувилбаруудад хажуугийн тогтворжилтын тооцооллуудыг хийлээ.

1. Судалгааны талбай дахь хажуугийн кинематик
шинжилгээ

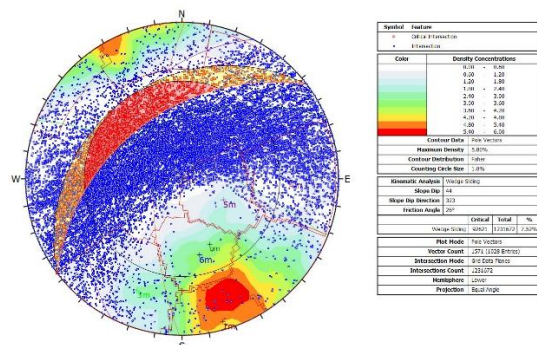
Ил уурхайн хажууд хийгддэг кинематик шинжилгээ нь догол, тээврийн зам хоорондох хажуу, ил уурхайн ерөнхий хажуу зэрэгт хамаарах тасалдал, ан цав, хагарал болон бусад структурн өгөгдлүүдийг хажуугийн бүтцэд хамааруулсан стереонэтийн зураглал байгуулж түүнд дүн шинжилгээ хийх аргачлал юм.

Тухайн судалгааны ажлаар Пит-5-т үүссэн нурлын хэсэгт хийгдсэн хэмжилт, ажиглалтын үр дүнгээр тодорхойлогдсон шаантаг төрлийн нурлын магадлалыг тухайн хэсгийг төлөөлөх геотехникийн цооногийн мэдээллийн боловсруулалтуудаар тодорхойлогдсон ил уурхайн хажуугийн бүтцэд хамаарах хагарал, ан цавшлын бүлгүүд хоорондын харилцан нөлөөллөөр үүсэх хувилбаруудаар тооцооллоо.

8-р зураг. Ил уурхайн хажууд үүсэх шаантаг хэлбэрийн
эвдрэлийн жишээ

Кинематик шинжилгээнд судалгааны талбайг төлөөлөх геотехникийн цооногуудаас боловсруулсан нийт 1000 орчим ан цав, структурн мэдээлэл, судалгааны талбайн нурал үүсэхээс өмнөх хажуугийн параметр буюу ил уурхайн хажуугийн хавтгайн чиглэл 323° , ерөнхий хажуугийн өнцөг 44° , тухайн хэсгийг төлөөлөх чулуулгийн дотоод үрэлтийн өнцөг 26° гэсэн мэдээллүүдийг ашигласан.

Тухайн нурал үүссэн хажуугийн параметрт хамаарах кинематик шинжилгээгээр 3 цооногийн нийт өгөгдлөөр үүссэн 1,231,672 векторуудын огтлолцлоос 7.52% нь шаантаг төрлийн эвдрэлд орох бүсэд хамаарч байна.

9-р зураг. Судалгааны талбайн нийт өгөгдлүүдэд хамаарах
шаантаг төрлийн эвдрэлийн кинематик шинжилгээ,
стереонет зураглал

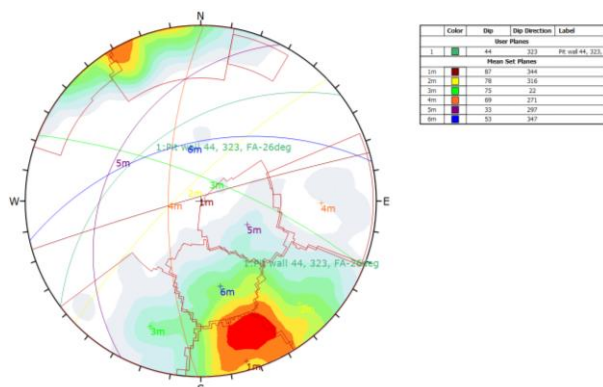
Кинематик шинжилгээний аргачлалыг нарийвчилж ил уурхайн хажуугийн бүтэц болон структур анализийн үр дүнгээр тодорхойлогдсон судалгааны ажлын талбайг төлөөлөх нийт 6 ан цавын

бүлгүүдийн (joint sets) унал, суналын чиглэл бүхий ерөнхий бүтцийн харилцан хамаарлаас үүсч болох шаантаг төрлийн эвдрэлийн магадлалуудыг тодорхойллоо.

СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН МОДЕЛД АШИГЛАСАН ЧУЛУУЛГИЙН ЛИТОЛОГИЙН ТАЙЛАЛ

3-Р ХҮСНЭГТ

Ил уурхайн хажуу	Хажуугийн өнцөг, град	Хажуугийн чиглэл, град
Pit wall 1	44	323
Ан цавын бүлгийн дугаар	Уналын өнцөг, град	Суналын чиглэл, град
Set 1	87.12	343.89
Set 2	77.79	315.87
Set 3	74.80	22.15
Set 4	69.32	271.09
Set 5	32.61	297.01
Set 6	53.39	346.66



10-р зураг. Ил уурхайн хажуу болон ан цавын бүлгүүдийн бүтэц

ИЛ УУРХАЙН ХАЖУУ БОЛОН АН ЦАВЫН БҮЛГҮҮДИЙН ОГТЛОЛЦЛООС ХАМААРАХ ШААНТАГ ТӨРЛИЙН ЭВДРЭЛИЙН ТООЦООЛОЛ

4-Р ХҮСНЭГТ

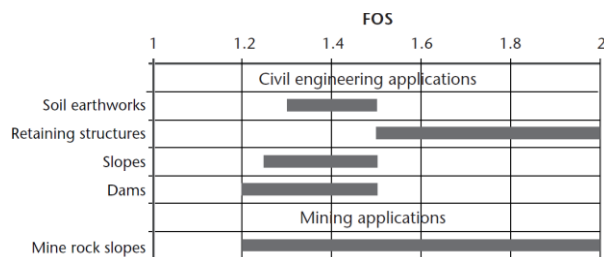
Структурын огтлолцлын хувилбарууд	Кретик огтлолцлын тоо	Эзлэх хувь, %	Нийт огтлолцлын тоо
Ан цавын нийт бүлгүүдийн огтлолцол	53,576.00	4.35	1,231,672.00
Set 1 vs Set 2	-	-	125,021.00
Set 1 vs Set 3	29.00	0.04	71,688.00
Set 1 vs Set 4	-	-	28,926.00
Set 1 vs Set 5	399.00	0.63	62,906.00
Set 1 vs Set 6	1,939.00	1.58	122,535.00
Set 2 vs Set 3	-	-	59,239.00
Set 2 vs Set 4	48.00	0.20	23,903.00
Set 2 vs Set 5	98.00	0.19	51,983.00
Set 2 vs Set 6	50.00	0.05	101,257.00
Set 3 vs Set 4	1,764.00	12.87	13,706.00
Set 3 vs Set 5	9,636.00	32.33	29,807.00
Set 3 vs Set 6	10,850.00	18.69	58,061.00
Set 4 vs Set 5	2,680.00	22.28	12,027.00
Set 4 vs Set 6	3,435.00	14.66	23,428.00
Set 5 vs Set 6	10,836.00	21.27	50,949.00

Ил уурхайн хажуу болон ан цавын бүлгүүдийн огтлолцлоос хамаарах шаантаг төрлийн эвдрэлийн кинематик шинжилгээний үр дүнгээр 3, 4, 5, 6-р

бүлгүүдийн хоорондын огтлолцлол, харилцан хамаарлаас шалтгаалах эвдрэлийн эрсдэл өндөр гарсан тул тухайн огтлолцлуудын загварчлалыг судалгааны ажлын моделд оруулан LEM аргачлалын хажуугийн тогтворжилтын тооцооллоор тухайн огтлолцлуудаас хамаарсан үүсч болох эвдрэлийн хэлбэр, хэмжээ, эвдрэлийн бүс зэргийг дэлгэрэнгүй судлах шаардлагатай гэж үзлээ.

2. Судалгааны талбай дахь хажуугийн тогтворжилтын судалгаа

Ил уурхай, овоолго, далан болон бусад зориулалтын объектуудад хажуугийн тогтворжилт хангах шалгуур буюу хажуугийн тогтворжилтын коэффициентийн зөвшөөрөгдөх хамгийн бага утга (FOS- Factor of Safety) болон хажуугийн тогтворжилтын коэффициентоос хамаарсан хажууд үүсч болох эвдрэлийн магадлалын (POF- Probably of Failure) зөвшөөрөгдөх хамгийн дээд утгыг объектын зориулалт тус бүрээр нь олон янзын аргачалуудаар тайлбарласан байдаг бөгөөд эдгээрийг хялбаршуулж нэгтгэн дараах байдлаар практикт өргөн хэрэглэж байна.



11-р зураг. Хажуугийн тогтворжилтын коэффициентын зөвшөөрөгдөх хамгийн бага утга

Slope scale	Consequences of failure ^a	Acceptance criteria ^a		
		FoS (min) (static)	FoS (min) (dynamic)	PoF (max) [P(FoS ≤ 1)]
Bench	Low-high	1.1	NA	25-50%
Inter-ramp	Low	1.15-1.2	1.0	25%
	Medium	1.2	1.0	20%
	High	1.2-1.3	1.1	10%
Overall	Low	1.2-1.3	1.0	15-20%
	Medium	1.3	1.05	5-10%
	High	1.3-1.5	1.1	≤5%

a: Needs to meet all acceptance criteria

b: Semi-quantitatively evaluated

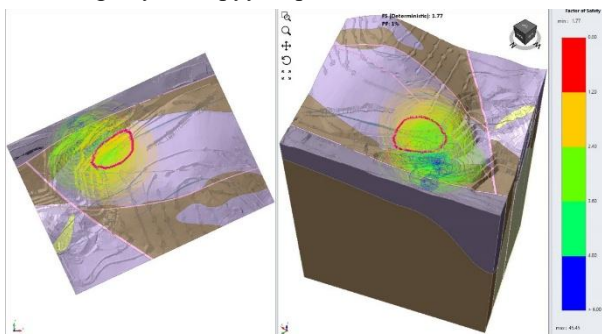
12-р зураг. Хажуугийн тогтворжилтын коэффициентын зөвшөөрөгдөх хамгийн бага утга болон хажууд үүсч болох эвдрэлийн магадлалын зөвшөөрөгдөх хамгийн дээд утга

Тухайн судалгааны ажилд Пит-5-ийн нурал үүссэн хэсгийг статик буюу өдөр тутмын үйл ажиллагаа явагдахгүй ажлын бус хажуу гэж үзэн хажуугийн тогтворжилтын коэффициентийн зөвшөөрөгдөх хамгийн бага утгаар FOS>1.2, хажууд үүсч болох эвдрэлийн магадлалын зөвшөөрөгдөх хамгийн дээд утгаар POF<20% утгуудыг баримтлал болгов.

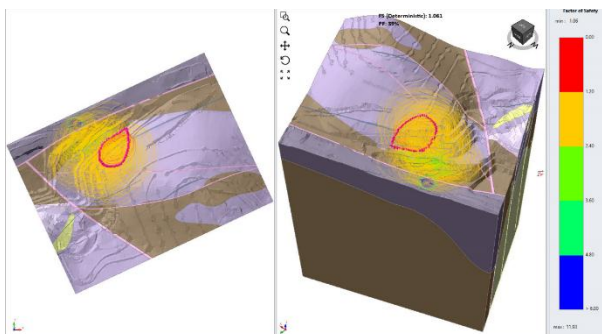
А. Хажуугийн нурлын дугуй цилиндр гадаргуугийн тооцоолол

Судалгааны талбайн нурал үүсэхээс өмнөх моделд хажуугийн тогтворжилтын LEM анализаар структур ан цавын нөлөөллийг тооцоогүй зөвхөн хажууг бүрдүүлэгч материалуудын шинж чанараас хамаарсан хажуугийн нурлын дугуй цилиндр (sphere surfaces) гадаргууг тодорхойлох тооцооллыг хийв.

Тухайн тооцооллыг нурал үүссэн хэсгийн ашиглалтын доод түвшин буюу +2530м түвшинд хийгдсэн энгийн тэсэлгээний (production blasting) чичирхийлэлийн нөлөөлөлтэй болон нөлөөлөл тооцоогүй хувилбаруудаар хийлээ.



13-р зураг. Тэсэлгээний нөлөөлөл тооцоогүй хувилбар дахь дугуй цилиндр гадаргуунууд



14-р зураг. Тэсэлгээний нөлөөлөл тооцсон хувилбар дахь дугуй цилиндр гадаргуунууд

Тухайн тооцооллын үр дүнгээр модел тус бүрт нийт 1069 нурлын дугуй цилиндр гадаргуугийн тооцоолол хийгдэж тэсэлгээний чичирхийллийн нөлөөлөл тооцоогүй хувилбараар $FOS@min$ 1.77, POF 1%, тэсэлгээний чичирхийллийн нөлөөлөл тооцсон хувилбараар $FOS@min$ 1.061, POF 39% утгуудыг үзүүлж байна. Чичирхийллийн нөлөөлөл тооцсон хувилбар нь тухайн судалгааны ажлын крети́р болгож баримтласан $FOS > 1.2$, $POF < 20\%$ шалгуурт тэнцэхгүй үзүүлэлтүүдийг үзүүлж байна.

В. Хажуугийн шаантаг төрлийн эвдрэлийн тооцоолол

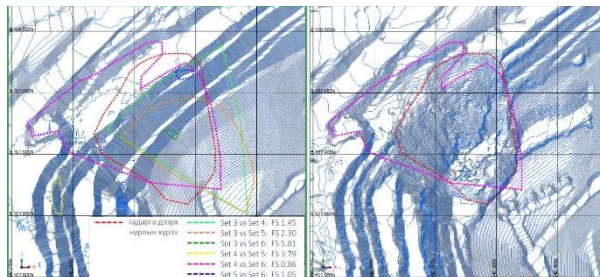
Судалгааны ажлын моделд кинематик шинжилгээгээр тодорхойлсон өндөр эрсдэл бүхий ан цавын бүлгүүдийн бүтэц хоорондын харилцан хамаарлуудыг оруулж тус бүрт шаантаг төрлийн эвдрэл, нурлын гадаргууг тодорхойлох тооцооллыг хийв.

АН ЦАВЫН БҮЛГҮҮД ХООРОНДЫН ОГТЛОЛЦОЛЫН ХУВИЛБАРУУД

5-р ХҮСНЭГТ

АН цавын бүлгүүдийн огтлолцол	a		b	
	Уналын өнцөг, град	Суналын чиглэл, град	Уналын өнцөг, град	Суналын чиглэл, град
Set 3 vs Set 4	74.80	22.15	69.32	271.09
Set 3 vs Set 5	74.80	22.15	32.61	297.01
Set 3 vs Set 6	74.80	22.15	53.39	346.66
Set 4 vs Set 5	69.32	271.09	32.61	297.01

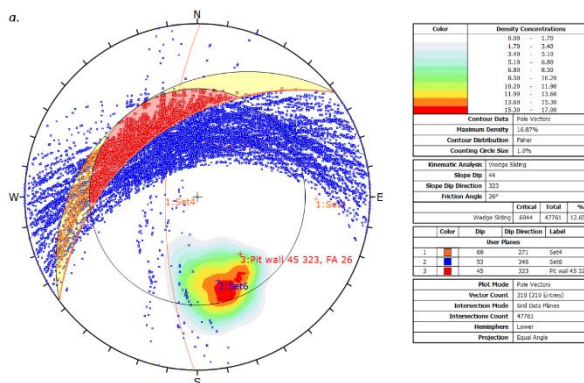
Set 4 vs Set 6	69.32	271.09	53.39	346.66
Set 5 vs Set 6	32.61	297.01	53.39	346.66



15-р зураг. Тооцооллын хувилбаруудын нэгтгэсэн шаантаг төрлийн эвдрэл, нурлын гадаргуунууд

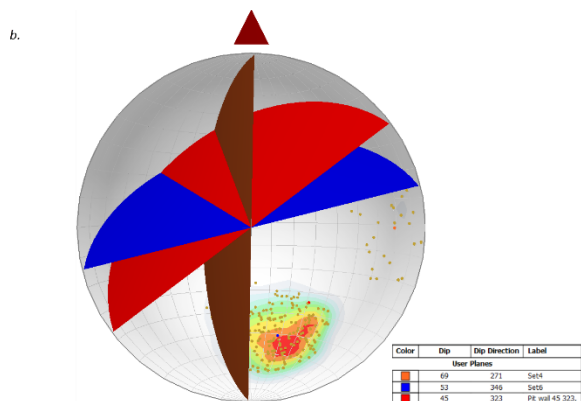
Тооцооллын хувилбаруудын үр дүнгээс Set4 vs Set6 хувилбараас бусад хувилбаруудын ан цавын бүлэг хоорондын хамаарал нь хажуугийн тогтворжилтод шаантаг төрлийн нурал үүсгэх нөлөөлөлгүй гэж үзлээ.

Харин Set4 vs Set6 хувилбарын тооцооллын FOS 0.86 үр дүн нь судалгааны ажилд крети́р болгож баримтласан шалгуурт тэнцэхгүй, мөн тухайн хувилбараар үүссэн шаантаг төрлийн нурлын гадаргуу нь Пит-5 хэсэгт үүссэн нурлын гадарга дээрх хүрээ, хэлбэр хэмжээтэй ижил байгаа тул тухайн хувилбарыг үүссэн нурлын үндсэн шалтгаан гэж үзэж байна.



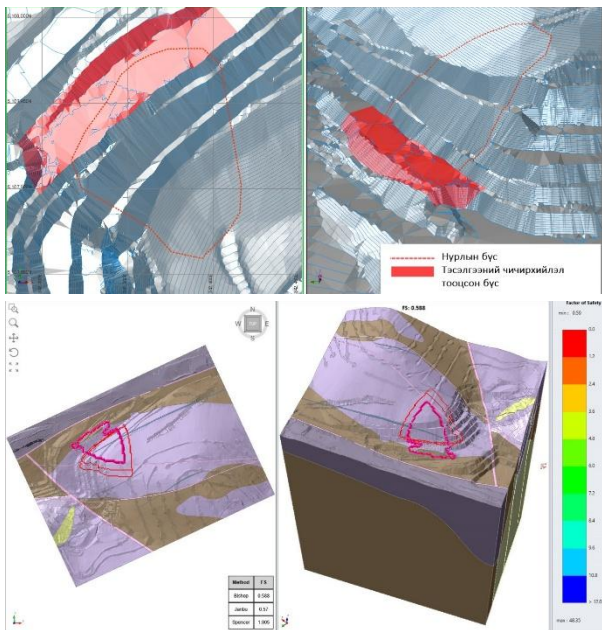
16-р зураг. Set 4 vs Set 6 хувилбарт хамаарах шаантаг төрлийн эвдрэлийн кинематик шинжилгээ,

АН цавын Set 4, Set 6 бүлгүүдэд хамаарах ан цав структурын өгөгдлүүд болон нурал үүсэхээс өмнөх хажуугийн параметр буюу ил уурхайн хажуугийн хавтгайн чиглэл 323° , ерөнхий хажуугийн өнцөг 44° , тухайн хэсгийг төлөөлөх чулуулгийн дотоод үрэлтийн өнцөг 26° өгөгдлүүдээр хийсэн шаантаг төрлийн эвдрэлийн кинематик шинжилгээгээр нийт 47,761 векторуудын огтлолцоос 12.65% нь шаантаг төрлийн эвдрэлд орох бүсэд хамаарсан үзүүлэлттэй байна.



17-р зураг. Set 4 vs Set 6 хувилбарын ан цав сулралын бүтцийн бүлгүүдийн 3 хэмжээст байгуулалт

Ан цавын Set 4, Set 6 бүлгүүдэд хамаарах шаантаг төрлийн эвдрэлийн LEM тооцооллыг нурал үүссэн хэсгийн ашиглалтын доод түвшин буюу +2530-+2520м түвшинд хийгдсэн энгийн тэсэлгээний (production blasting) чичирхийллийн нөлөөлөл тооцсон хувилбараар хийлээ.

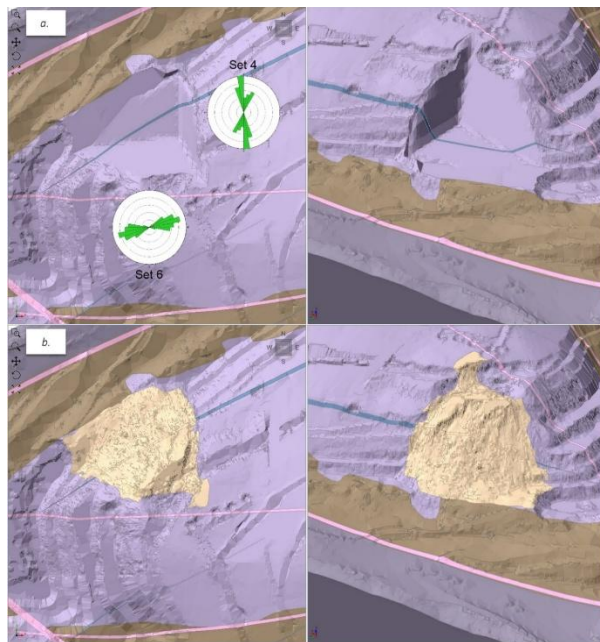


18-р зураг. Set 4 vs Set 6 хувилбарын тэсэлгээний чичирхийллийн нөлөөлөл тооцсон шаантаг төрлийн эвдрэл, нурлын гадаргуунууд

Set4 vs Set6 хувилбарын тооцооллын FOS 0.86 үр дүн нь +2530- +2520м түвшин хийгдсэн тэсэлгээний чичирхийллийн нөлөөлөл тооцсон тооцооллоор FOS 0.58 болж буурсан үзүүлэлттэй байна. Тухайн үр дүнгээс судалгааны талбайд хажуугийн бүтэц болон ан цавын бүтцийн огтлолцуудаас үүссэн шаантаг төрлийн эвдрэлийн гадаргууд тэсэлгээний чичирхийллийн нөлөөлөл үйлчилснээр нурах (гулсах) үйл явц явагдсан байх өндөр магадлалтай гэж үзэж байна.

Судалгааны талбайн шаантаг төрлийн нурлын тооцооллын Set 4 vs Set 6 хувилбараар үүссэн нурлын цар хүрээ, улны гадаргууг судалгааны ажилд “нурлын бүс” (18-р зураг) гэж тодорхойлон тухайн бүсэд хамаарах чулуулгийн төрлийг нуралд өртсөн

материалаар авч, цаашид тухайн бүсэд уулын ажил явуулахад үүсэх хүндрэлийг тодорхойлох судалгааны ажилд ашиглав.



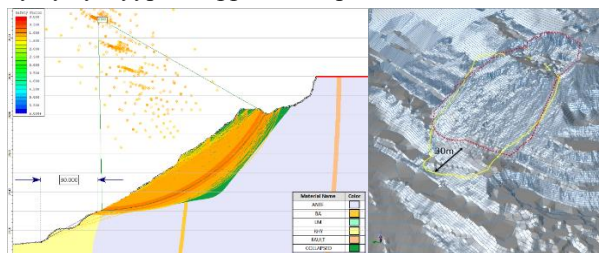
19-р зураг. a. Set 4 vs Set 6 хувилбараар үүсэх шаантаг төрлийн эвдрэлийн улны гадаргуу, b. Set 4 vs Set 6 хувилбараар үүссэн нурлын бүс

V. ХАЖУУГИЙН ЭВДРЭЛ ҮҮССЭН БҮСЭД АЖИЛЛАХ ТӨЛӨВЛӨГӨӨ

Пит-5-ийн нурал үүссэн хэсгийн аваар устгах, тухайн нурлын бүсийг тэлж уулын ажил явуулахад судалгааны ажлаар тодорхойлогдсон нурлын бүсийн зүүн талаас нэвтэрч нурлын бүсийн дээд түвшинд буюу +2600м түвшинд ажлын талбай засах, тухайн түвшингээс доош сууж ажиллахдаа тэлэлтийн түвшин бүрт түвшнээр огтлох (strip cutting) хувилбараар ажиллах төлөвлөлтийн дизайнууд хийж, тэдгээрт хамаарах тогтворжилтын тооцооллуудыг хийлээ.

1. Нурлын бүсэд хамаарах тулгуур бүс (buffer zone)

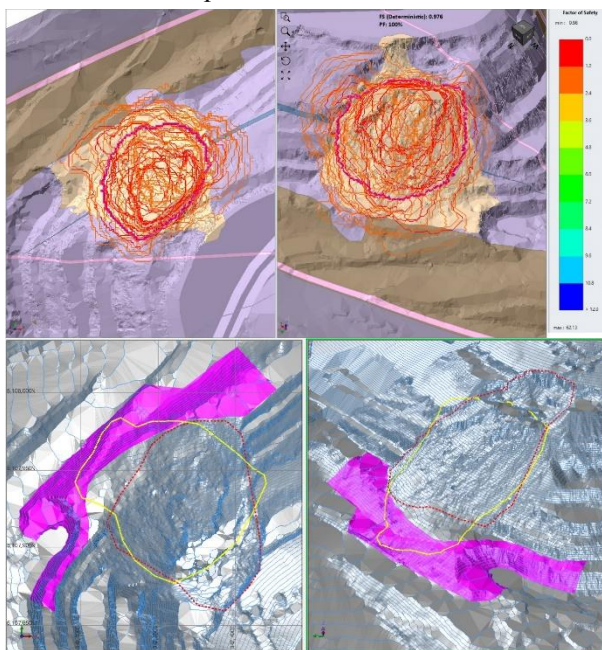
Нурлын бүс дэх хажуугийн тогтворжилтын LEM анализаар тодорхойлогдсон FOS<1.2 утгатай буюу тогтворжилтын нөхцөл хангахгүй гадаргуунуудын гадарга дээрх зураглалаас харахад нурлын бүсээс дунджаар 30м зайд тодорхойлогдсон (20-р зураг) бөгөөд тухайн гадаргууд нь нурлын бүсийн ёроол буюу тулгуур хэсгүүдэд тодорхойлогдсон байна.



20-р зураг. Нурлын бүсээс гадагш тодорхойлогдсон дэх FOS<1.2 утгатай хажуугийн гадаргуунууд

Нурлын бүсийн үндсэн тулгуур нь +2530-2520м түвшин дэх тавцан бөгөөд тухайн тавцанг оруулаад нийт нурлын бүсийн ёроолоос 30-50м зайд зай авч “тулгуур (buffer zone) бүсээр” үлдээх буюу тухайн нурал үүссэн хэсэгт хийгдэх уулын ажлыг дуустал тухайн бүсэд уулын ажил, тэсэлгээний ажил явуулахгүй байх шаардлагатай гэж үзлээ. (21-р зураг)

Мөн тухайн бүсийг тойрсон технологийн зам, ажлын мөргөцгүүдийн дагуу хажуугийн нурал болон нурлын бүсэд ажиллахад үүсч болох том хэмжээтэй чулуулгийн өнхрөлт зэргээс хамгаалсан 3м-с доошгүй өндөртэй хамгаалалтын хөмсөг байгуулах шаардлагатай гэж үзлээ.



21-р зураг. а. Нурлын бүс дэх $FOS < 1.2$ умгатай хажуугийн гадаргуунууд, б. Нурлын бүсэд хамаарах тулгуур бүс (buffer zone)

2. Нурлын бүсэд ажиллах хажуугийн параметр

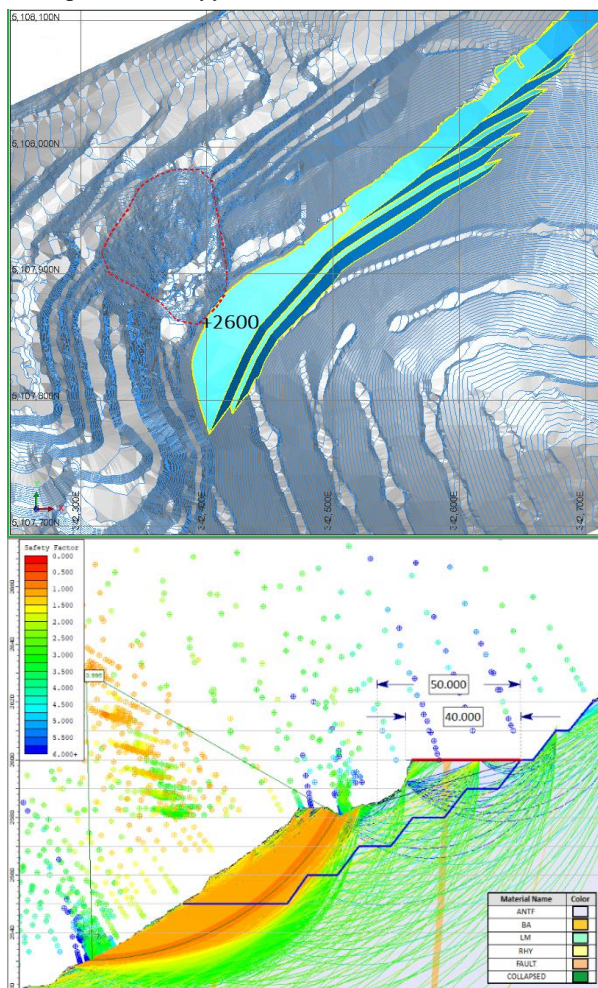
Судалгааны талбайн зүүн талаас өмнө ашиглагдаж байсан замын трассыг өргөсгөх байдлаар нурлын дээд түвшин буюу +2600м түвшин хүртэл нэвтэрч тухайн түвшинд ажлын талбай засах төлөвлөлтийн дизайн байгуулав.

Тухайн төлөвлөлтөөр +2600м түвшин хүртэл 20м өргөнтэй технологийн зам засаж нэвтрэх ажилд нийт 40,8мян.м³ уулын ажил, +2600м түвшинд ажлын талбай бэлтгэх ажилд нийт 55.8мян.м³ уулын ажил, +2600м түвшингээс доош сууж +2550м хүртэл тэлэх ажилд нийт 462.6мян.м³ уулын ажил, нурлын бүсэд ажиллаж +2550м хүртэл тэлэх ажилд нийт 560мян.м³ уулын ажил хийгдэх тооцоолол тус тус гарсан.

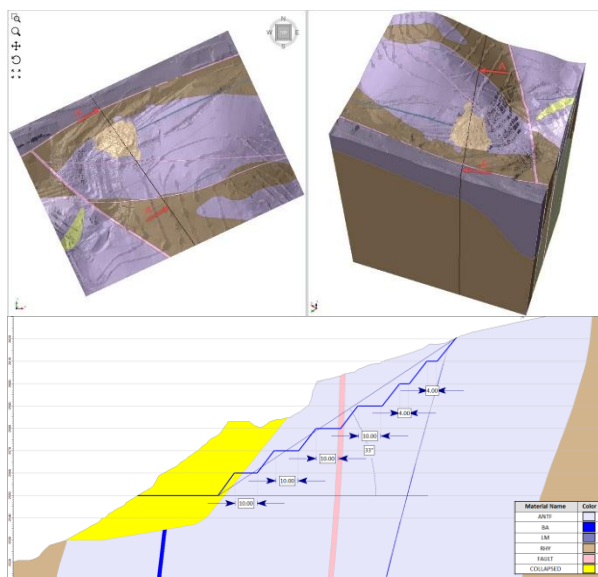
Хажуугийн параметрууд:

- +2600 м түвшингийн нурлын бүсээс тэлэх өргөн 50 м, ажлын талбайн өргөн 40 м, доголын өнцөг 55°, аюулгүйн тавцангийн өргөн 4 м;
- нурлын бүсэд буюу +2590 м-с доош түвшнүүдэд доголын өнцөг 55°, аюулгүйн тавцангийн өргөн 10 м, технологийн замын өргөн 20 м;

- +2550м түвшин хүртэл дээрх параметрээр тэлж ерөнхий хажуугийн өнцөг хамгийн ихдээ 33°;



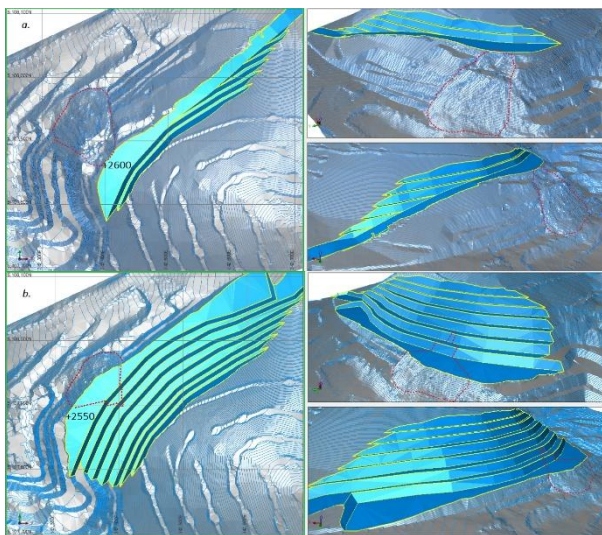
22-р зураг. +2600 м түвшинд бэлтгэх ажлын талбай



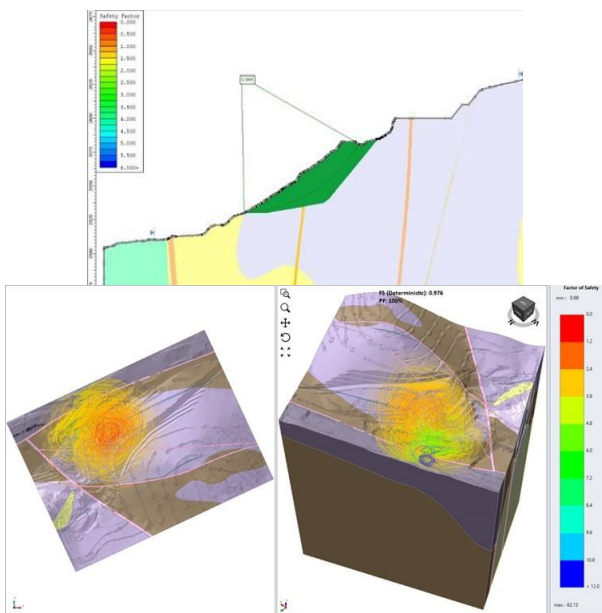
23-р зураг. а. Судалгааны ажилд ашигласан нурлын бүс дэх А-А хөндлөн зүсэлтийн байршил, б. +2550м түвшин хүртэл сууж тэлэх төлөвлөлтийн хажуугийн параметр

2. Нурлын бүсэд ажиллах уулын ажлын төлөвлөлтийн дизайнуудад хамаарах тогтворжилтын тооцооллууд

+2600м түвшинд ажлын талбай засаж, тухайн түвшингээс доош сууж тэлэлтийн түвшин бүрт түвшнээр огтлох (strip cutting) хувилбараар ажиллах төлөвлөлтийн дизайнууд хийж, тэдгээрт хамаарах тогтворжилтын тооцооллуудыг (25-30-р зураг) хийлээ.



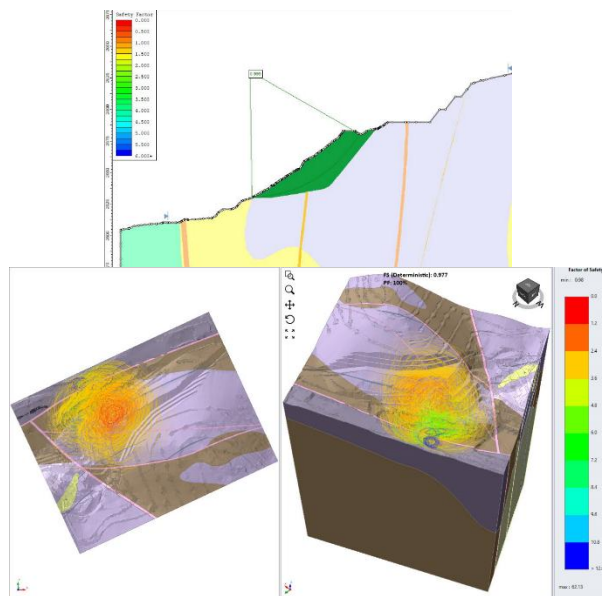
24-р зураг. а. +2600м түвшинд ажлын талбай бэлтгэх төлөвлөлтийн дизайн, б. +2550м түвшин хүртэл сууж тэлэх төлөвлөлтийн дизайн



25-р зураг. +2600м түвшиний нурлын бүс дэх тэлэлтийн дизайнд хийсэн 2 хэмжээст болон 3 хэмжээст тогтворжилтын тооцооллын үр дүн

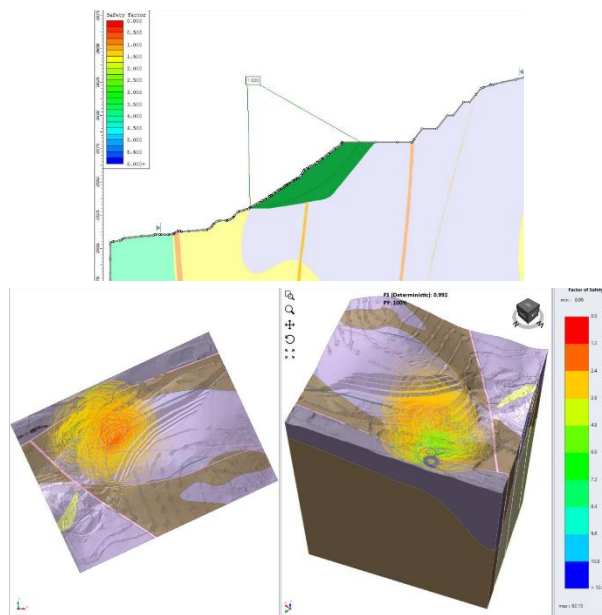
+2600м түвшиний нурлын бүс дэх тэлэлтийн дизайнд 2 хэмжээст хажуугийн тогтворжилтын тооцооллоор нийт 827 нурлын гадаргуугийн тооцоолол хийгдэж FOS@min 0.99 үзүүлэлттэй, 3 хэмжээст хажуугийн тогтворжилтын тооцооллоор

нийт 1021 нурлын гадаргуугийн тооцоолол хийгдэж FOS@min 0.97, POF 100% утгуудыг үзүүлж байна.



26-р зураг. +2590м түвшиний нурлын бүс дэх тэлэлтийн дизайнд хийсэн 2 хэмжээст болон 3 хэмжээст тогтворжилтын тооцооллын үр дүн

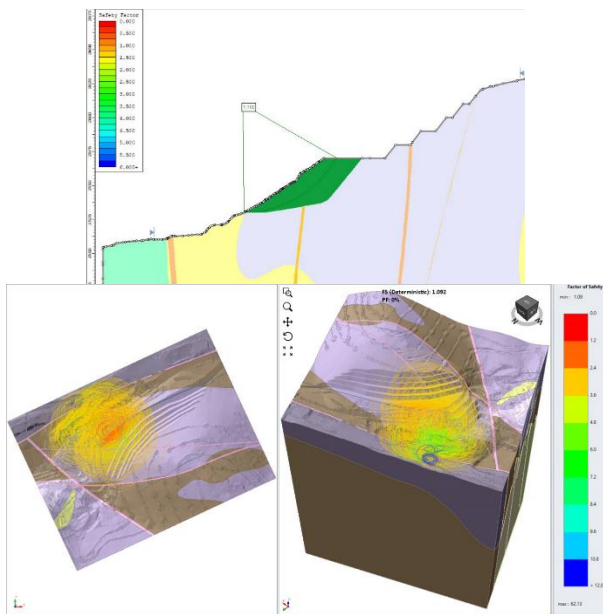
+2590м түвшиний нурлын бүс дэх тэлэлтийн дизайнд 2 хэмжээст хажуугийн тогтворжилтын тооцооллоор нийт 811 нурлын гадаргуугийн тооцоолол хийгдэж FOS@min 0.99 үзүүлэлттэй, 3 хэмжээст хажуугийн тогтворжилтын тооцооллоор нийт 1036 нурлын гадаргуугийн тооцоолол хийгдэж FOS@min 0.98, POF 100% утгуудыг үзүүлж байна.



27-р зураг. +2580м түвшиний нурлын бүс дэх тэлэлтийн дизайнд хийсэн 2 хэмжээст болон 3 хэмжээст тогтворжилтын тооцооллын үр дүн

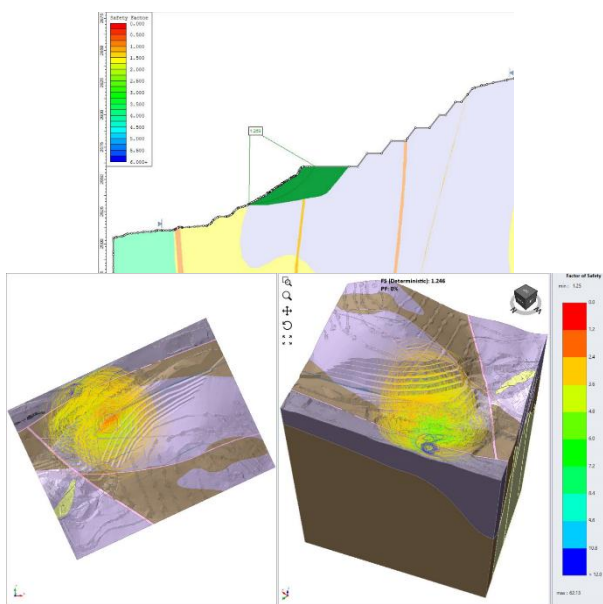
+2580м түвшиний нурлын бүс дэх тэлэлтийн дизайнд 2 хэмжээст хажуугийн тогтворжилтын

тооцооллоор нийт 819 нурлын гадаргуугийн тооцоолол хийгдэж $FOS@min$ 1.02 үзүүлэлттэй, 3 хэмжээст хажуугийн тогтворжилтын тооцооллоор нийт 1008 нурлын гадаргуугийн тооцоолол хийгдэж $FOS@min$ 0.99, POF 100% утгуудыг үзүүлж байна.



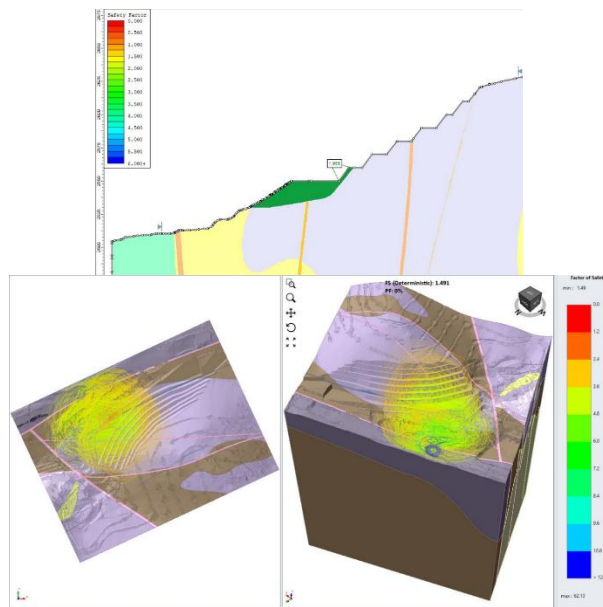
28-р зураг. +2570м түвшний нурлын бүс дэх тэлэлтийн дизайнд хийсэн 2 хэмжээст болон 3 хэмжээст тогтворжилтын тооцооллын үр дүн

+2570м түвшний нурлын бүс дэх тэлэлтийн дизайнд 2 хэмжээст хажуугийн тогтворжилтын тооцооллоор нийт 801 нурлын гадаргуугийн тооцоолол хийгдэж $FOS@min$ 1.11 үзүүлэлттэй, 3 хэмжээст хажуугийн тогтворжилтын тооцооллоор нийт 1012 нурлын гадаргуугийн тооцоолол хийгдэж $FOS@min$ 1.09, POF 0% утгуудыг үзүүлж байна.



29-р зураг. +2560м түвшний нурлын бүс дэх тэлэлтийн дизайнд хийсэн 2 хэмжээст болон 3 хэмжээст тогтворжилтын тооцооллын үр дүн

+2560м түвшний нурлын бүс дэх тэлэлтийн дизайнд 2 хэмжээст хажуугийн тогтворжилтын тооцооллоор нийт 804 нурлын гадаргуугийн тооцоолол хийгдэж $FOS@min$ 1.25 үзүүлэлттэй, 3 хэмжээст хажуугийн тогтворжилтын тооцооллоор нийт 1021 нурлын гадаргуугийн тооцоолол хийгдэж $FOS@min$ 1.24, POF 0% утгуудыг үзүүлж байна.



30-р зураг. +2550м түвшний нурлын бүс дэх тэлэлтийн дизайнд хийсэн 2 хэмжээст болон 3 хэмжээст тогтворжилтын тооцооллын үр дүн

+2550м түвшний нурлын бүс дэх тэлэлтийн дизайнд 2 хэмжээст хажуугийн тогтворжилтын тооцооллоор нийт 824 нурлын гадаргуугийн тооцоолол хийгдэж $FOS@min$ 1.06 үзүүлэлттэй, 3 хэмжээст хажуугийн тогтворжилтын тооцооллоор нийт 1007 нурлын гадаргуугийн тооцоолол хийгдэж $FOS@min$ 1.49, POF 0% утгуудыг үзүүлж байна.

Дээрх тооцооллуудын үр дүнгээс +2600м түвшнээс доош +2570м түвшин хүртэл тэлэлт хийх 3 түвшний уулын ажлын явцад нурлын бүс буюу нуралтад өртсөн материалын бүсэд тогтворжилтын нөхцөл хангахгүй үзүүлэлттэй, +2560 м түвшнээс доош суух уулын ажилд нийт хажууд тогтворжилт хангах үзүүлэлттэй байна.

ДҮГНЭЛТ

Ил уурхайн Пит-5 хэсэгт үүссэн нурлын шалтгааныг судалсан дүнгээр дараах үндсэн дүгнэлтүүдийг гаргав.

Пит-5-ийн ажлын бүс хажуугаар үүссэн нурал нь Set 4 ба Set 6 бүлгийн ан цавын огтлолцлоор үүссэн шаантаг төрлийн эвдрэл бөгөөд тэсэлгээний чичирхийллийн нөлөөгөөр идэвхжсэн нь судалгааны ажлаар тодорхойлогдов.

Структурын хувьд эмзэг бүс буюу тектоник хагарал дагасан сулралтай хэсэгт ил уурхайн хажуу “хамар” (bullnose) хэлбэрээр төлөвлөгдсөн нь

тогтворгүй геометр үүсгэн нурал үүсэх эрсдэлийг нэмэгдүүлсэн гэж үзэв.

Нурлын бүсийн улнаас 30-50м зайд $FOS < 1.2$ тодорхойлогдсон тул тухайн бүсийг уулын ажлаас ангид тулгуур бүс (buffer zone) хэлбэрээр үлдээх шаардлагатай.

Нурлын бүсэд уулын ажил хийхдээ +2600 м түвшинд ажлын талбай бэлтгэж, доошоо түвшин тус бүрд strip-cutting аргаар тэлэх загварчлалаар +2560 м түвшин хүртэл тэлэлт хийхэд тогтворжилт хангагдаж байгааг хажуугийн тогтворжилтын тооцооллуудаар тодорхойлов.

Цаашид нурлын хөдөлгөөн үргэлжилбэл нэн даруй ажлыг зогсоож геотехникийн дахин үнэлгээ хийх, хажуугийн хөдөлгөөний мониторинг тогтмол явуулах шаардлагатай.

Тухайн судалгааны ажил нь ил уурхайн хажуугийн тогтворжилт, нурал-эвдрэлийн эрсдэлийн үнэлгээнд практик ач холбогдолтой бөгөөд цаашдын уулын ажлын төлөвлөлтөд суурь мэдээлэл өгч байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] С. Цэдэндорж, бусад “Инженерийн лавлах 5”, Улаанбаатар, 2011 он.
- [2] С.Цэдэндорж, Л.Энхболд. “Ил уурхайн тооцоо”, Улаанбаатар, 2013 он.
- [3] Б.Лайхансүрэн. “Чулуулгийн физик бутлалтын практикум”, Улаанбаатар, 2013 он.
- [4] Khalid S.Essa et.al., “Implementation of potential field data to depict the structural lineaments of the Sinai Peninsula”, JAES 147, 43-53, 2020.
- [5] Ibnu Rusydy., Nafisah Al Huda., “Kinematic Analysis and Rock Mass Classifications for Rock Slope Failure” at USAID Highways, Tech Science Press, 2019.
- [6] John Read & Peter Stacey. “Guidelines for Open pit slope design”, CSIRO 2009.
- [7] Abramson., Thomas. S. L and Sharma. S. “Slope Stability and Stabilization Methods”, John Wiley & Sons. Inc, 2002.
- [8] Cheng. M.Y and Lau. C.K, “Slope stability analysis and Stabilization”, New Methods and Insight, Routledge, 2008.
- [9] Wyllie, D.C and Mah, C.W, “Rock Slope Engineering – Civil and Mining 4th edition”, Spon Press, 2004.
- [10] Richard, L. “Seismology and Slope Stability in Open Pit Mines”, Int.Symposium of Rock Slopes in Open pit Mining and Civil Engineering, 2019.
- [11] Hoek E. “Practical Rock Engineering”. 2006
- [12] Griffiths, D.V. and Lane, P.A., “Slope stability analysis by finite elements, Geotechnique”, 49 (3), 387-403, 1999.
- [13] Duncan J.M., “State of the art: Limit equilibrium and finite element analysis of slopes”, Journal of Geotechnical engineering, 122 (7), 577-596, 1996:
- [14] Rocscience, Documents and Tutorials, Rocscience Inc. www.rocscience.com

ДӨРӨВ. ГЕОДЕЗИ, ГАЗАР ЗОХИОН БАЙГУУЛАЛТ

ҮЙЛДВЭРИЙН ТЕХНОЛОГИЙН ТОНОГ ТӨХӨӨРӨМЖ СУУРИЛУУЛАХ ҮЕИЙН ГЕОДЕЗИЙН ХЭМЖИЛТ

Далайбаатарын ТҮМЭННАСТ¹, Эрдэнэнэмэхийн ГАНЗОРИГ²

²Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Геологи, уул уурхайн сургууль, Геодезийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: ganzo0209@must.edu.mn²

Хураангуй: Монгол улсад уул уурхай, авто зам, барилга, газрын харилцаа, харилцаа холбоо зэрэг дэд бүтцийн салбарын хөрөнгө оруулалт сайжирч, тодорхой хууль эрх зүйн орчнууд бүрдсэнээр газрыг шинээр болон дахин төлөвлөх, орд газруудыг ашиглах, тэдгээрийг холбосон дэд бүтцийг байгуулах ажлуудын хүрээнд төр хувийн хэвшлийн хөрөнгөөр хийгдэх томоохон уул уурхайн үйлдвэрлэлийн мега төслүүд эхлээд байна.

Уул уурхай, эрдэс баялаг, аж үйлдвэрийн салбар нь Монгол Улсын эдийн засгийн тэргүүлэх салбаруудын нэг бөгөөд хөгжил дэвшил, ололт амжилт бол улс эх орны эдийн засгийг тэлэх, тогтвортой хөгжлийг түүчээлэх бодит суурь нь юм. ДНБ-ий 30%, аж үйлдвэрийн салбарын 72%, гадаадын шууд хөрөнгө оруулалтын 79%, экспортын 94%, улсын төсвийн орлогын 30%-ийг уул уурхайн салбар дангаар бүрдүүлж байгаа нь энэ салбарын ач холбогдлыг тодорхойлно.

Монгол улсад уул уурхай хурдацтай хөгжиж байгаатай холбогдуулан дэд бүтэц, аж үйлдвэрлэлийн технологийн барилга байгууламжийн бүтээн байгуулалтууд, үйлдвэрлэлийн тоног төхөөрөмж суурилуулах үеийн барилга байгууламжийн геодезийн хэмжилтүүдийг орчин үеийн дэвшилтэд багаж тоног төхөөрөмж, хэмжилтийн нарийн арга, аргачлалыг боловсруулж өндөр нарийвчлалын хэмжилт хийх зайлшгүй шаардлага үүсэж байна.

Судалгааны ажлыг томоохон уурхайнуудад хэрэгжсэн технологийн төслүүдэд оролцож гүйцэтгэсэн туршлага дээр үндэслэн хийж гүйцэтгэв. Эдгээр технологийн төслүүд нь өөр өөрийн онцлогтой, онцлогуудад нь тааруулж Монгол Улсын барилгын норм дүрэм, зураг зохиогч, үйлдвэрлэгчийн заавар, олон улсад хэрэглэгддэг норм дүрмүүдийг баримтлан инженер геодезийн өндөр нарийвчлалын хэмжилтийн геодезийн сүлжээ, багаж тоног төхөөрөмжийн сонголт, хэмжилтийн арга аргачлалыг оновчтой боловруулан хийж гүйцэтгэснээр цаг хугацаа болон механик алдааг багасгах, хэмжлийн стандартад нийцсэн үр дүнд хүрэх боломжтой юм.

Түлхүүр үг: хэмжил, нарийвчлал, үндэслэл, суурилуулалт

I. УДИРТГАЛ

Монгол улс эдийн засгийн 30% -г уул уурхайгаас бүрдүүлдэг ба гадны хөрөнгө оруулалтын 79% нь уул уурхайн салбарт хийгдэж байна. Үүнийг дагаад уул уурхайн салбарт томоохон мега төслүүд хэрэгжиж байна. Гадны хөрөнгө оруулалттай төслүүд нь ихэвчлэн үйлдвэрийн тоног төхөөрөмжийн суурилуулалт хийх шаардлагатай төслүүд байдаг бөгөөд инженер геодезийн өндөр нарийвчлалын хэмжилт хийх шаардлагууд үүсдэг. Технологийн төслүүд нь гүний уурхай, газрын гадарга, байгууламж дотор гээд янз бүрийн газар өндөр эрсдэл дунд өндөр нарийвчлалын геодезийн хэмжилтүүд хийх хэмжилтийн аргачлал, техникийн баримт бичиг хараахан батлагдаж гараагүй байна. Иймд үйлдвэрийн технологийн тоног төхөөрөмж суурилуулах үеийн геодезийн хэмжилтийн үед гарах алдааг багасгах, полигонометрийн сүлжээний тэгшитгэн бодолт хийж, чанарын үнэлгээг хийнэ. Мөн туузан дамжуурга, метал хийц барилагын үед хийгдэх геодезийн хэмжилтийн аргачлалыг оновчтой зөв сонгож хийх нь цаг хугацаа хэмнэх, эдийн засгийн боломжийг тэлэх, аливаа гарах эрсдлийг бууруулж байгааг судалгааны үр дүнд үндэслэн харуулах бүрэн боломжтой.

Судалгааны үр дүнд үйлдвэрийн технологийн тоног төхөөрөмж буюу урт үргэлжилсэн туузан дамжуурга, гүүрэн кран, төрөл бүрийн метал хийцийн суурилуулалтын үеийн геодезийн хэмжилтийг полигонометрийн сүлжээ байгуулж хэв гажил тодорхойлох, тэнхлэгийн шилжилт хөдөлгөөн, ан цав суултыг хянахад газрын хөлдөлтийн гүнээс доош 3-4 метрт шаардлага хангахуйц урт насжилттай цэг тэмдэгт суулгах нь нэн чухал юм.[2]

Таван толгойн нүүрс ачих логиستيкийн төв нь уурхайгаас ирэх (-1,000) мм ширхэглэлтэй түүхий нүүрсийг анхан шатны бутлалтаар (-300) мм болгож овоолго үүсгэнэ. Овоолгын нийт багтаамж 334,709 тонн байх бөгөөд овоолгоос дамран тэжээгч ашиглан вагонд ачих системтэй мөн баяжуулах үйлдвэрийг тэжээлээр хангах боломжтой цогц бүтээн байгуулалт болох бөгөөд вагонд нүүрс ачих байгууламж нь нүүрсийг вагон болон чингэлэгт өндөр нарийвчлалтайгаар жинлэн ачих зориулалттай бүрэн автомат удирдлага бүхий ачилтыг хянах, хяналт удирдлагын иж бүрэн системийг бий болгосон.



1-р зураг. Вагонд нүүрс ачих байгууламж

II. ҮЙЛДВЭРИЙН ТЕХНОЛОГИЙН ТОНОГ ТӨХӨӨРӨМЖИЙГ СУУРИЛУУЛАХ АЖЛЫН АРГУУД

Шинжлэх ухаан технологийн орчин үеийн хөгжлийг даган бий болж байгаа цөмийн хурдасгуурууд, томоохон радиотелескоп, антенууд, бүрэн автоматсигдсан үйлдвэр, завод, шугам, технологийн томоохон цогцолборууд жил бүр өсөн нэмэгдэж байгаагаа уялдан тэдгээрийн угсралтыг геодезийн өндөр нарийвчлалтай хэмжилтээр хангах шинэ чиглэл үүсч байна. Ийм төрлийн байгууламж технологийн төхөөрөмж угсралтын ажилд геодезийн нэн өндөр нарийвчлалын хэмжилтийн багажаас гадна хэмжилтийн микрометрийн хуваарь бүхий хэмжүүрийн бусад багаж оролцдог учраас эдгээрийн нарийвчлалыг харилцан хангах онцлогтой юм.

Технологийн төхөөрөмжийн элементүүд орон зайн байрлалын геометрийн хэмжээсийг дараах үзүүлэлтээр хангана. Үүнд: босоо, налуу, хэвтээ, зэрэгцээ, перпендикуляр, муруй шулуун, тэгш шулуун, нэг тэнхлэгт байдал зэрэг байна. [1]

Босоо, налуу, хэвтээ байдлыг хаяалбар шулуун буюу эгц шулуунтай харьцуулж тодорхойлно. Муруй шулуун матирхайн радиусаар тодорхойлогдоно. Тэгш шулуун байдал нь технологийн төхөөрөмжийн тодорхой цэгийг ямарваа хавтгай (хэвтээ, босоо, налуу)-н нэг шулуун (тэнхлэг) дээр байрлуулах үзүүлэлтээр тодорхойлогдоно. Нэг тэнхлэгт байрлал нь нэгэн зэрэг 2 хавтгай (хэвтээ ба босоо, налуу ба босоо, хоёр босоо) дээр орших шулуун шугам юм.

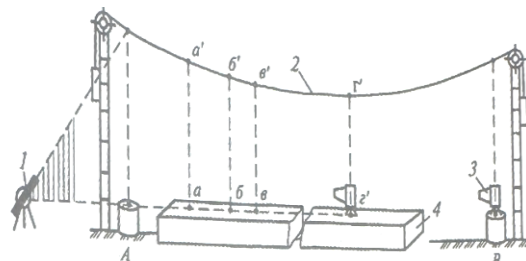
Хэвтээ байдал ижил өндрийн тоотын үзүүлэлттэй байх бөгөөд харин байдал нь энэ шулуунд хамаарах ямарваа хоёр цэгийн абцисс, ординатын утга адил байх үзүүлэлт юм. Налуу байдлын үзүүлэлт нь шулуун шугамын янз бүрийн хэсэгт байх хэмгийгээр тодорхойлогдоно.

Төхөөрөмжүүдийг төслийн дагуу хэвтээ байрлуулах арга нь өгөгдсөн чиглэлийн дагуу газар дээр байгуулсан цэгүүдээс эсвэл технологийн тэнхлэгээс харьцангуйгаар гүйцэтгэнэ. Тэнхлэгүүд

агрегатын ажлын тэнхлэгтэй давхацсан эсвэл түүнтэй зэрэгцээ байж болно.

Тэнхлэг байрлуулах ажлыг геодезийн үндэслэлийн цэгүүд эсвэл барилга угсралтын тэнхлэгийг бэхэлсэн цэгүүдээс утас таталт-оптикийн болон оптик чиглүүлгийн аргаар гүйцэтгэнэ.

Утас таталт-оптикийн арга. Өгөгдсөн шулууны чигийг татсан ган утасны эхлэл, төгсгөлийн тэнхлэгийн цэгүүдийн дагуу тодорхойлно.



2-р зураг. Бүтээцийн тэнхлэгийг утас таталтын аргаар байгуулах 1- теодолит; 2- ган утас эсвэл синтетик утас; 3- босоо чиглүүлгийн багаж; 4- тоног төхөөрөмж а, б, в, г- технологийн тэнхлэгийн цэгүүд а', б', в', г'- чиглүүлэг хийсэн цэгүүд.

Ган утасны диаметр 0.1-0.5 мм, байна. Тоног төхөөрөмж байрлуулах (а,б,в,г) цэгүүдийн чиглүүлэг хийсэн чигийн теодолитын харах дурангийн а',б',в',г' цэгүүдтэй давхцах хүртэл хөдөлгөж тохируулна.[4]

Босоо чиглүүлгийн багаж ашигласан тохиолдолд түүнийг (а,б,в,г) цэгүүд дээр байрлуулж, багажны босоо тэнхлэгтэй а',б',в',г' цэгүүд давахцах хүртэл хөдөлгөж үүнтэй хамт тоног төхөөрөмжийг босоо байдалд тохируулах ажлыг гүйцэтгэнэ. Утсыг зориулалтыг механизм, ачаагаар татаж чангална. Утас тэнхлэгтэй зэрэгцээ байх үед түүнээс байрлуулах элемент хүртлэх зайг хэмжинэ. Татсан утасны босоо унжилт нь дунд хэсэгтэй хамгийн их байх тул

$$f^2 = \frac{ql^2}{8F} \quad (1)$$

томъёогоор бодно. Үүнд: q- утасны нэг метрийн жин, кг-аар: l- чигийн урт, м-ээр: F- утас таталтын жин, кг-аар.

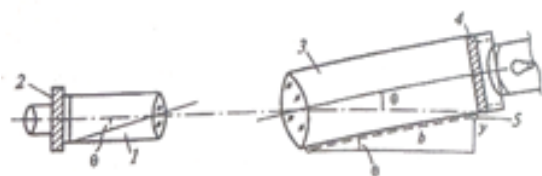
Татсан утсанд агаарын хажуугийн даралт нөлөөлж хэвтээ хавтгайг шулуун байдлаас хазайлгах тул чигийн дундах хэсгийн утасны Δ хазайлтыг агаарын урсгал жигд байгаа тохиолдолд

$$\Delta a = d \frac{U^2 l^2}{64H} \quad (2)$$

томьёогоор тодорхойлно. Үүнд: d - татсан утасны диаметр мм, U - гэрлийн хурд, м/с-ээр, l - алгасалтын урт өөрөөр хэлбэл татсан утасны цэг хоорондын зай, м, H - утас татах хүч ачааны жинтэй тэнцүү байна.

Хаалттай тасалгааны орчинд 100м урттай чигт энэ аргын дундаж квадрат алдаа 2-3 мм байна.

Оптик-чиглүүлгийн арга. Коллиматорын эсвэл лазерын дурангийн тэнхлэгээр технологийн тоног төхөөрөмж усграх, байрлалыг хянана (зураг 2). Тоног төхөөрөмж дээр тэмдэглэсэн геометрийн болон технологийн тэнхлэгийн цэгүүдийг өгөгдсөн чиг дээр байрлуулахад коллиматор эсвэл автоколлиматорын систем чиглүүлгийн багажаар гүйцэтгэнэ. Шулуун шугамын коллиматор ба автоколлиматор, теодолит, нивелирийн харах дурангийн тэнхлэгээр тодорхойлно. Энэ аргад угсралтын тэнхлэг нь харах дурангийн тэнхлэг байна.



3-р зураг. Коллиматорын системээр шулуун шугам байрлуулах дуран, 2- дуранбай- микроскоп, 3- коллиматор, 4- утсан тор, 5- тулгуур цэг

Коллиматорын ажиллах зарчим: Коллиматорыг дурангийн тэнхлэгтэй зэрэгцээ хөдөлгөхөд угсралтын тэнхлэгийн дагуу чиглүүлсэн хоёр дахь коллиматор (марк)-ын гэрлийн чиглэлийг өөрчлөхгүй бөгөөд коллиматорын утсан торны дүрс, харах дурангийн утсан тортой харьцуулахад энэ тохиолдолд хөдөлгөөнгүй байна. Коллиматорын θ тодорхой өнцгөөр эргүүлэх, хазайлгахад яг энэ өнцгөөр харах тэнхлэгээс гэрлийн чиглэл хазайхдаа коллиматорын утсан торны дүрсийг харах дурангийн хавтгай дээр өөрчлөлтийг үзүүлнэ. Хазайлтын θ өнцгийн харах окуляр (нүдлүүр)-ын микроскоп (дуранбай)- оор хэмжинэ. Тулгуур- 5 цэг хоорондох багажны суурийн b уртыг мэдсэнээр, коллиматорын тэнхлэг өгөгдсөн чиглэлээс хазайх у шугаман хэмжигдэхүүнийг

$$y = \frac{b'' x}{p''} \quad (3)$$

томьёогоор тодорхойлно. Шилжилт (хазайлт)-ийг тодорхойлох дундаж квадрат алдааг

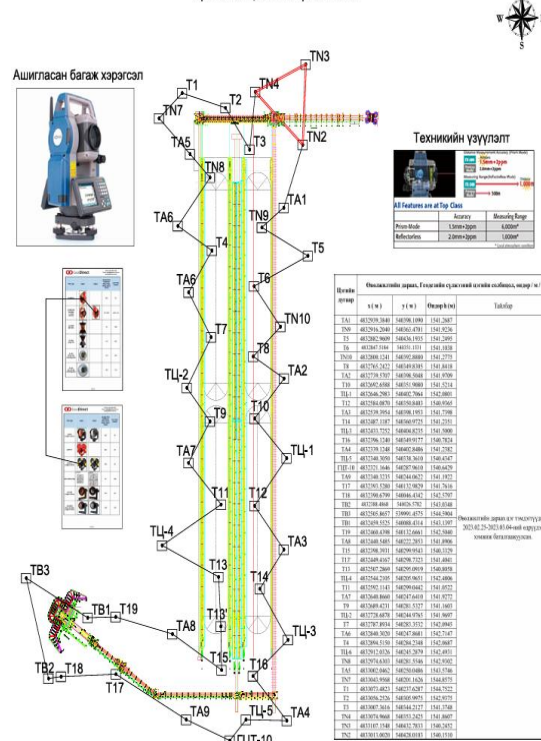
$$m_y = \frac{bm'' x}{p''} \quad (4)$$

томьёогоор тодорхойлно. Технологийн тоног төхөөрөмжийн өндрийн байгуулалтыг геометрийн, бичил нивелирдлэг, зарим тохиолдолд тригонометрийн нивелирдлэгийн аргуудыг хэрэглэнэ. [10]

III. ҮЙЛДВЭРИЙН ТЕХНОЛОГИЙН ТОНОГ ТӨХӨӨРӨМЖ СУУРИЛУУЛАХ ҮЕИЙН ГЕОДЕЗИЙН ХЭМЖИЛТ

Үйлдвэрийн талбайд геодезийн байрлал, өндрийн сүлжээг байгуулахдаа эхлээд зураглалын сүлжээг GNNS-ийн технологээр байгуулж угсралт хийх үеийн геодезийн сүлжээг полигонометрийн сүлжээ байгуулан хийх ёстой. [9]

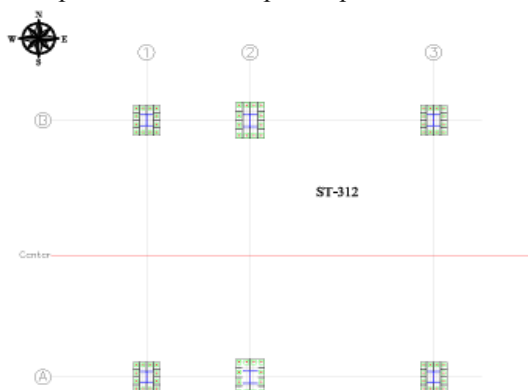
Сүлжээний цэгийн байрлалын схем



3-р зураг. Сүлжээний байрлалын схем

Геометрийн нивелирдлэгийн хэмжилтийн ажилд өндөр нарийвчлалтай тоон буюу автомат нивелир, зураасан кодтой инвар утастай рейк, эсвэл баталгаажсан мм-ийн хуваарьтай ган төмөр шугам, бага оврын рейк, хэрчлээс зураас, хэмжилтийн марк зэргийг ашиглан хоорондоо 5-15м зайтай цэгүүдийн өндрийг зөрүүг 0.02-0.05 мм, харин 100 м хүртлэх зайтай цэгүүдийг 0.2 мм хүртэл дундаж квадрат алдаатай тодорхойлж болно. Хэтжилтийг тэмдэглэх

хэрчлээс зураасыг барилгын элементүүд (багана, дам нуруу, угсармал хана г.м), бусад технологийн тоног төхөөрөмжүүдийн туслах эд ангийг төслийн түвшинд байрлуулах геодезийн хэмжилт, угсралтын ажил гүйцэтгэхэд төвөггүй газарт тэмдэглэсэн.

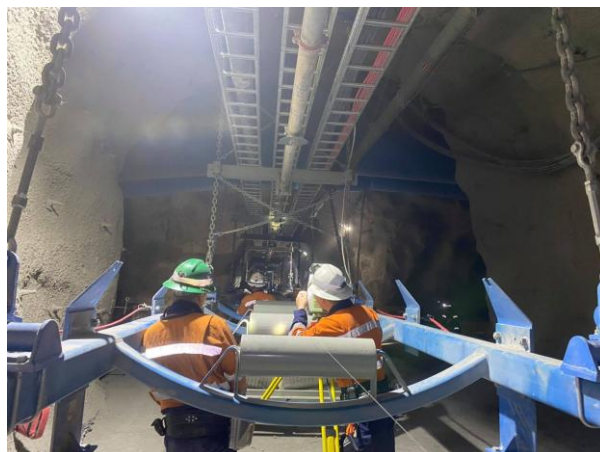


4-р зураг. Хэвтээ тэнхлэг-суурийн хэсэг

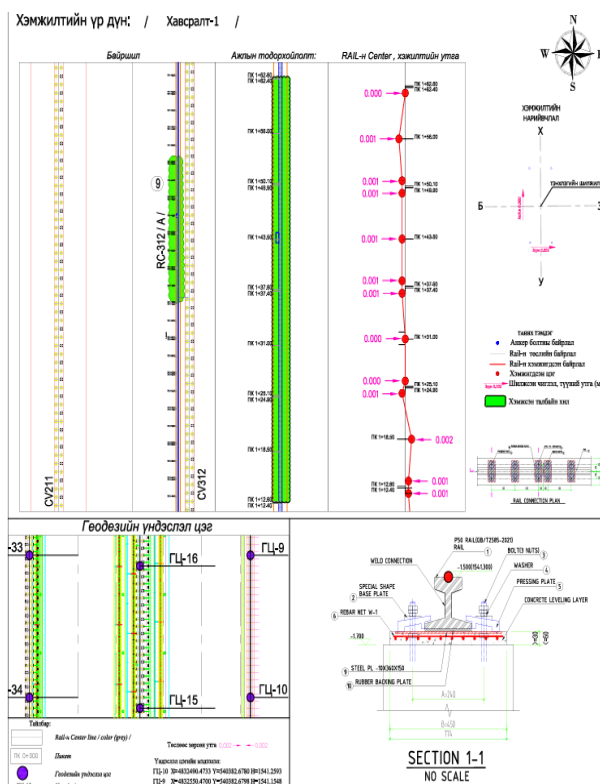
Хэмжилтийн марк нь зөв хэлбэртэй тойргийн гол цэг байх бөгөөд төмөр шилэн, хуванцар гадаргуу дээр зурж бэлтгэнэ. Хуваарьтай ган шугамын тоног төхөөрөмжийн хэв гажилтыг хартцангуй бага нарийвчлалтай хэмжилтийг урт хугацааны туршид ажиглах нивелирлэгийн ажилд ашиглаж болно. [8]



5-р зураг. Суурилуулалтын үеийн хэмжилт



6-р зураг. Суурилуулалтын үеийн хэмжилт



6-р зураг. Хэмжилтийн нарийвчлал

ДҮГНЭЛТ

Судалгааны үр дүнгээс харахад үйлдвэрийн технологийн тоног төхөөрөмжийг суурилуулах ажилд геодезийн хэмжилт нь нарийвчлал, найдвартай ажиллагааг хангах үндсэн нөхцөл болно.

Орчин үеийн геодезийн техник технологиудыг үр дүнтэй ашигласнаар суурилуулалтын нарийвчлал, ажлын бүтээмжийг дээшлүүлэх, тоног төхөөрөмжийн хэвтээ болон босоо байрлал, төвлөрөл, тэнхлэгжилтийг алдааг

хамгийн бага тохируулах боломж бүрдсэн. Гүйцэтгэсэн хэмжилтийн үр дүнгээр тоног төхөөрөмжийн суурь, тулгуур элементүүдийн байрлалын хэлбэлзэл нь зөвшөөрөгдөх хязгаарт багтаж, үйлдвэрлэлийн технологийн горимд шаардлагатай $\pm 1-2$ мм нарийвчлал хангагдсан. Ингэснээр тоног төхөөрөмжийн найдвартай ажиллагаа, ашиглалтын хугацаа, үйлдвэрлэлийн аюулгүй байдал, гаралтын бүтээгдэхүүний чанар сайжрах нөхцөл бүрдсэн. Мөн хэмжилтийн процессыг төлөвлөх, хяналт-шинжилгээг шат дараатай хэрэгжүүлэх нь угсралтын алдаа гарахаас урьдчилан сэргийлэх, хугацаа болон зардлын үр ашгийг нэмэгдүүлэхэд чухал ач холбогдолтойг судалгааны үр дүн харуулж байна. Тиймээс үйлдвэрийн технологийн тоног төхөөрөмж суурилуулах ажлын бүх үе шатанд геодезийн өндөр нарийвчлалтай хэмжилтийг зайлшгүй хэрэгжүүлэх, хэмжилтийн чанарын хяналтын тогтолцоог сайжруулах, хэмжилтийн дижитал технологийг өргөн нэвтрүүлэх нь ирээдүйд үр дүнтэй болохыг онцлон зөвлөж байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1]. Fitzpatrick, M. Engineering Measurement Systems. Butterworth-Heinemann, 2020.
- [2]. Schofield, W., & Breach, M. Engineering Surveying. Routledge, 2018.
- [3]. Барилга байгууламжийн геодезийн ажил БНБД 11-108-21
- [4]. Барилга байгууламжийн инженер геодезийн ажил, БД 81-103-0
- [5]. Геодезийн байнгын цэг, тэмдэгт байгуулах ажил, БД 11-104-19
- [6]. Барилга, байгууламжийн инженерийн судалгааны нийтлэг үндэслэл, БНБД 11-07-19
- [7]. Геодези, зураг зүйн үйлдвэрлэлд мөрдөх хөдөлмөрийн аюулгүй байдал, эрүүл ахуйн дүрэм, БНБД 11-12-22
- [8]. Монгол Улсын өндрийн I ба II ангийн сүлжээ байгуулах үндсэн дүрэм, БНБД 11-09-16
- [9]. Навигацийн хиймэл дагуул (GNSS)-ийн технологиор Монгол Улсын геодезийн сүлжээ байгуулах дүрэм, БНБД 11-13-22
- [10]. Өндөр барилга байгууламжийн хэв гажилтыг тодорхойлох, үйлдвэрийн технологийн тоног төхөөрөмж суурилуулах, үеийн геодезийн хэмжилт, БД 11-118-17

ТАВ. БУСАД

УУЛ УУРХАЙН ИНЖЕНЕРИЙН МЭРГЭЖЛИЙН ТАСРАЛТГҮЙ ХӨГЖЛИЙН ҮНЭЛГЭЭНИЙ СУДАЛГАА

Батгэрэлийн УЛААНБААТАР

Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Геологи, уул уурхайн сургууль, Уурхайн технологийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: Ulaanbaatar888@must.edu.mn

Хураангуй: Уул уурхайн инженерийн мэргэжлийн төгсөгчдийн насан туршийн сургалтын үнэлгээг soft болон hard skill -ийн онцлог, ойлголтуудаар харьцуулан судалж, мэргэжлийн тасралтгүй хөгжлийн явц, хандлагыг тодорхойлох зорилго тавьж, судалгаа хийв. Судалгаанд 1–25 жилийн хугацаанд ажилласан 186 инженерийн мэдээллийг Эрднэт үйлдвэр ТӨҮГ, Эрдэнэс таван толгой ХК, Багануур ХХК зэрэг Уул уурхайн ашиглалтын технологийн төгсөгчдийн дундаас лавлан авч “Чадамжийн үнэлгээний аргачлал (2024)”, төрийн болон хувийн хэвшлийн сургалтын дүн, мэргэжлийн үнэлгээний бүртгэлд тулгуурлан шинжилсэн. Арга зүйн хувьд documentary research болон mixed-method (quantitative + qualitative) арга зүйг хослуулж хэрэглэсэн. Чанарын шинжилгээний дүнгээр төгсөгчдийн туршлагын түвшин нэмэгдэхийн хэрээр soft skill-ийн ач холбогдол улам бүр өсч, зөвлөх инженерийн түвшинд байгууллагын удирдлагын шийдвэр гаргалтад хамгийн хүчтэй нөлөөлдөг болохыг тогтоов.

Түлхүүр үг: Уул уурхайн инженер, Soft skill, Hard skill, Чадамжийн үнэлгээ, Тасралтгүй хөгжил, Мэргэжлийн сургалт, Зөвлөх инженер

I. УДИРТГАЛ

Уул уурхайн ашиглалтын технологийн инженерийн мэргэжил нь техник, технологийн өндөр хариуцлага шаарддаг онцлогтой. Мэргэжилтнүүдийн ур чадварын үнэлгээ зөвхөн техникийн мэдлэг бус харин шийдвэр гаргах, эрсдэлийн шинжилгээ хийх сэтгэмж, багийн ажиллагаа зэрэг soft skill-ээ хэрхэн хөгжүүлсэн түвшнээс хамаарч байна (OECD, 2023). Монгол Улсад инженерийн зэрэглэлийн шатлал (төгсөгч → мэргэшсэн → зөвлөх инженер) нь 1–25 жилийн хугацаанд үе шаттайгаар хэрэгждэг ч чадамжийн үнэлгээний арга зүйн системтэй уялдуулах шаардлага байна.

Уул уурхайн инженерүүдийн тасралтгүй хөгжлийн 3 үе шатыг авч үзвэл:

- 1–10 жил — мэргэшсэн инженер болох хүртэлх хугацаа
- 10–20 жил — туршлагатай инженерийн хөгжлийн үе
- 20+ жил — зөвлөх зэрэглэлийн инженерийн үе

II. СУДЛАГДСАН БАЙДАЛ

2.1. Soft ба Hard Skill-ийн уялдаа, хөгжлийн чиг хандлага

Сүүлийн жилүүдэд soft ба hard skill-ийн уялдааг олон улсын хэмжээнд судлахдаа хүний нөөцийн болон инженерийн боловсролын сургалт, судалгаанд түлхүү авч үзэх болсон. Bailly & Léné (2013) Европын хөдөлмөрийн зах зээлд хийсэн судалгаандаа ажлын бүтээмжийн 65%-ийг soft skill тодорхойлдог гэж дүгнэсэн байна. Харин Fletcher (2021) мэргэжлийн боловсролын хүрээнд hard skill-ийг илүү тогтвортой, стандартчилагдсан үзүүлэлт гэж үзсэн байдаг бол soft skill-ийг хувь хүний зан байдал, удирдах хэв маягтай уялдуулан хэмжихийг

зөвлөсөн байна.

Судалгаанууд soft skill-ээ хөгжүүлэх байдал нь хувь хүний карьерийн туршлага, байгууллагын соёл, багаар ажиллах чадвар зэрэг хүчин зүйлтэй уялдуулж үзэх шаардлагатайг онцолсон байна.

2.2. Инженерийн мэргэжил дэх чадамжийн тасралтгүй хөгжил

Инженерийн салбарын боловсролын тасралтгүй хөгжлийн судалгаа (CPD — Continuous Professional Development) - нуудад soft-hard skill-ийн харьцаа нь цаг хугацааны явцад хэрхэн өөрчлөгдөж буйг тодорхой харуулсан байна. Li & O'Connor (2022) Австралийн уул уурхайн инженерүүдийн дунд хийсэн судалгаанд тус асуудлыг авч үзэхдээ 10 жилээс дээш ажилласан инженерүүдийн soft skill-ийн оноо дунджаар 24%-иар өсдөг болохыг тогтоосон бол Gankhuyag & Gregoire (2023) нар нөхөн сэргээлтийн инженерүүдийн хувьд дүгнэхдээ soft skill-ийн хөгжлийг “шийдвэр гаргах ба нийгмийн хариуцлага”-тай шууд холбоотой гэж үзсэн байна. Түүнчлэн OECD (2023)-ийн “Future of Skills” тайланд техникийн мэдлэг (hard) болон зан төлөвийн чадамж (soft)-ийн хослол нь инженерийн салбарт инновац, аюулгүй ажиллагааны түвшинд хамгийн их нөлөө үзүүлдэг гэжээ.

2.3. Уул уурхайн инженерийн сургалт ба чадамжийн үнэлгээний чиг хандлага

Сургалтын тогтолцоонд хийсэн судалгаандаа Wang (2021) ба Smith & Martin (2020) нар hard skill төвтэй сургалтаас soft skill хөгжүүлэх сургалтад шилжиж буйг онцолсон байна. Инженерийн боловсролын үнэлгээнд “360° competency matrix” ашиглах хандлага давамгайлж байна.

Монголын нөхцөлд (Gankhuyag, 2023) уул уурхайн инженерийн тасралтгүй, урт хугацааны сургалтын үнэлгээний тогтолцоо харьцангуй шинэ шатандаа байна. Гадаад орнуудын туршлагаас дүгнэхэд карьерийн шат ахих тусам soft skill-ийн үнэлгээг илүү бодитоор тусгах шаардлагатайг харуулж байна.

ГАДААДЫН СУДАЛГААНЫ ЧИГ ХАНДЛАГЫН ХАРЬЦУУЛАЛТ (2013–2023)

1-Р ХҮСНЭГТ

СУДЛААЧ, ОН	СУДЛАГДС АН УЛС/САЛБ АР	СУДАЛГАА НЫ АРГА	ГОЛ ДҮГНЭЛТ	СУДАЛГАА НЫ ОНЦЛОГ
BAILLY & LÉNE (2013)	Европ – хөдөлмөрийн зах зээл	Агуулгын шинжилгээ	Soft skill нь бүтээмжийн 65%-д нөлөөлдөг	Ажил мэргэжлийн зан төлөвийн судалгаа
FLETCHER (2021)	UK – Мэргэжлийн боловсрол	Туршилтын үнэлгээ	Hard skill стандартчил сан, soft skill хувьсах шинжтэй	TVET системийн дүн шинжилгээ
LI & O'CONNOR (2022)	Австрали – Уул уурхай	10 жилийн cohort судалгаа	Soft skill туршлагатай хамт өсдөг	Карьерийн CPD судалгаа
GANKHUYAG & GREGOIRE (2023)	Монгол, Канад – Инженер	Хосолсон арга	Soft skill ба нийгмийн хариуцлага уялдаатай	Хаалтын инженерийн судалгаа
SMITH & MARTIN (2020)	АНУ – Техникийн сургалт	Case Study	Soft skill хөгжүүлэх сургалт үр дүнтэй	360° competency model
WANG (2021)	Хятад – Инженерийн HR	Regression analysis	Hard skill HR шийдвэрт чухал	Технологийн салбарын кейс
OECD (2023)	Олон улс	Метадата шинжилгээ	Soft-hard skill-ийн хослол инновацид нөлөөлдөг	Future of Skills report

III. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Судалгаанд documentary research + mixed method хосолсон арга хэрэглэсэн.

- **Эх сурвалж:**
 - “Чадамжийн үнэлгээний аргачлал (1).docx” (2024)
 - Мэргэжлийн сургалтын бүртгэл (MRTAM¹, MRPAM², 2020–2024)
 - Springer, EBSCO, Google Scholar-ийн 11 өгүүлэл
- **Судалгааны оролцогчид:**
186 уул уурхайн инженер, тэднээс:

- 1–10 жил: 79 хүн
- 10–20 жил: 67 хүн
- 20+ жил: 40 хүн

- **Үнэлгээний загвар:**

Чадамжийн түвшинг 4 шалгуураар үнэлэв:

- *Hard skill*: техник, тоног төхөөрөмж, гүйцэтгэл
- *Soft skill*: удирдлага, харилцаа, хамтын ажиллагаа, ёс зүй

IV. ҮР ДҮН, ШИНЖИЛГЭЭ

Харьцуулсан корреляцийн шинжилгээгээр soft ба hard skill-ийн үзүүлэлтүүдийн хоорондын уялдаа $r = 0.78$, хүчтэй эерэг хамааралтай гарсан. Техникийн чадамж (hard skill) сайжрахын тусам зөөлөн ур чадвар (soft skill) мөн дагаж хөгжих хандлагатайг харуулж байна. Ажилласан жил урт байх тусам (10–20 жилээс хойш) уг хамаарал логистик муруйн хэлбэлзэлтэй (flattening correlation) болж, техникийн мэдлэгийн өсөлт саардаг ч харин удирдлагын ба хамтын ажиллагааны чадамжийн нөлөө улам бүр давамгайлж болж эхэлдэг нь харагдаж байна. Ингэснээр soft skill-ийн онооны өсөлт, hard skill-ийн тогтворжилтын харьцааг илэрхийлэх инженерийн хөгжлийн индекс (ИХИ) дараах байдлаар тодорхойлогдов:

$$\text{ИХИ} = \frac{S_{\text{хугацаа}}}{H_{\text{хугацаа}}} * 100 \quad (1)$$

$S_{\text{хугацаа}}$ - тухайн үеийн soft skill-ийн дундаж оноо

$H_{\text{хугацаа}}$ - тухайн үеийн hard skill-ийн дундаж оноо

Тооцооллын дүнгээс харахад:

- 1–10 жилд ИХИ = 87.3,
- 10–20 жилд ИХИ = 98.2,
- 20+ жилд ИХИ = 104.7

Инженерийн туршлага нэмэгдэхийн хэрээр soft skill-ийн эзлэх хувь hard skill-ийг гүйцэж, хөдөлмөрийн насны сүүл үед илүү чухал болдог хандлагыг харуулж байна.

Дээрх үр дүн нь Li & O'Connor (2022) болон OECD (2023)-ийн “Career Competency Transition Model” онолын дүгнэлттэй тохирч байна. Инженерийн ур чадварын хөгжлийн эхний 10 жилд техник давамгайлж, дараагийн 10 жилд удирдлага, харилцаа, багаар ажиллах чадвар голлох хүчин зүйл болдог болохыг нотлов.

УУЛ УУРХАЙН ИНЖЕНЕРҮҮДИЙН ЧАДАМЖИЙН
ДУНДАЖ ҮНЭЛГЭЭ (0–3 ОНОО)

2-Р ХҮСНЭГТ

Туршлага (жил)	Hard skill	Soft skill	Δ (ялгаа)	R^2 (хандлага)
1–10 жил	2.83	2.47	0.36	0.71
10–20 жил	2.78	2.73	0.05	0.82

¹ Mineral Resources and Training Agency of Mongolia – Уул уурхайн мэргэжлийн сургалт, үнэлгээний агентлаг

² Mineral Resources and Petroleum Authority of Mongolia – Монгол Улсын Ашигт малтмал, газрын тосны газар

20+ жил	2.78	2.91	-0.13	0.88
---------	------	------	-------	------

Soft skill-ийн өсөлт нь туршлага нэмэгдэхийн хэрээр зөөлөн ур чадварын хөгжлийн нөлөө илүү болж, удирдах түвшинд давамгайлна гэдгийг харуулж байна.

ЧАНАРЫН ҮНЭЛГЭЭ

3-Р ХҮСНЭГТ

Үнэлгээний чиглэл	1–10 жил	10–20 жил	20+ жил
Харилцаа, хамтын ажиллагаа	Дунд	Сайн	Маш сайн
Удирдлагын манлайлах чадвар	Сул	Сайн	Маш сайн
Техник ашиглалтын мэдлэг	Маш сайн	Маш сайн	Сайн
Стресс ба аюулгүй ажиллагааны удирдлага	Дунд	Сайн	Маш сайн

Судалгааны үр дүнгээс харахад олон улсын чиг хандлагатай нийцэж байна. Li & O'Connor (2022), Fletcher (2021), Gankhuyag & Gregoire (2023) нарын судалгаанд инженерийн карьер ахих тусам soft skill-ийн нөлөө нэмэгдэж, удирдлагын шийдвэрийн нарийвчлал 0.8–0.9 хүрдэг гэж үзсэн.

Монголын уул уурхайн инженерүүдийн хувьд:

- 1–10 жилд техникийн гүйцэтгэл давамгайлж, сургалт hard skill төвтэй
- 10–20 жилд техник–менежментийн хосолсон ур чадвар харьцангуй тогтворжино
- 20+ жилд зөвлөх түвшинд soft skill давамгайлж, “тодорхой бус нөхцөлд шийдвэр гаргах” чадвар төлөвшиж, тогтдог байна.

V. ДҮГНЭЛТ БА САНАЛ

1. Soft ба Hard skill-ийн харьцаа динамикаар өөрчлөгдөж байна. Инженерийн туршлага нэмэгдэхийн хэрээр soft skill-ийн ач холбогдол 25–30%-иар өсдөг болохыг судалгаа харуулж байна.
2. Сургалтын үечлэл хэрэгтэй, нөлөөтэй байна.
 - 1–10 жил: техникийн сургалт (hard focus)
 - 10–20 жил: менежмент, системийн сэтгэлгээ
 - 20+ жил: манлайлах, бодлого тодорхойлох сургалт
3. Үнэлгээний системийг тасралтгүй шинэчлэх шаардлагатай. Чадамжийн үнэлгээг карьерийн шат бүрд хянах, soft-hard харьцааг 50:50 тэнцвэрт байлгах.
4. Зөвлөх инженерийн дараах сургалтыг дижитал платформуор хийх нь илүү оновчтой.

Өндөр түвшний инженерүүдийн тасралтгүй хөгжлийг онлайн сургалт, кейс анализ дээр тулгуурлан хэрэгжүүлэх хэрэгтэй.

АШИГЛАСАН НОМ, МАТЕРИАЛ

- [1] Уул уурхайн салбарын Чадамжийн үнэлгээний аргачлал. (2024). [Баримт бичиг]. Монгол улс.
- [2] Уул уурхайн мэргэжилтний мэргэшлийн үнэлгээний тайлан. (2023-2024). Монгол улс.
- [3] Уул уурхайн мэргэжлийн инженерийн сургалтын материалууд: Түр сургалтын хөтөлбөр. (2022). Монгол улс.
- [4] de Campos, D., Resende, L., & Fagundes, A. (2020). *The Importance of Soft Skills for the Engineering. Creative Education*, 11(8), 1504-1520. <https://doi.org/10.4236/ce.2020.118109>
- [5] Holik, I., Sanda, I. D., & Molnár, G. (2023). The necessity of developing soft skills in STEM areas in higher education, with special focus on engineering training. *Athens Journal of Technology & Engineering*, 10(4), 199-214
- [6] Lyu, W. (2021). Soft skills, hard skills: What matters most? Evidence from the energy sector. *Energy Policy*, (?), ????. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021>
- [7] Sanz-Angulo, P., Galindo-Melero, J., De-Diego-Ponceta, S., & Martín, Ó. (2025). Promoting soft skills in higher engineering education: Assessment of the impact of a teaching methodology based on flipped learning, cooperative work and gamification. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-025-13322-0>
- [8] Gerasimova, I. (2025). Sustainable development of soft skills with the purpose of enhancing employability of engineering students. *Sustainability*, 17(6), 2426. <https://doi.org/10.3390/su17062426>
- [9] Martínez-Gómez, J., Nicolalde, J. F. & colaboradores. (2025). Development of soft and hard skills with a better employability vision for engineering students. *Frontiers in Education*. <https://doi.org/10.3389/educ.2025.1578287>
- [10] Dadelo, S. (2025). Possibilities for evaluation to foster the soft skills of critical thinking and communication: a university case study. *Computer Science and Information Systems*, <https://doi.org/10.15388/csis.2025>.
- [11] Milton, J. (2024). Assessment tools for improving hard skills in a virtual environment. *WSEAS Transactions on Research and Development*
- [12] Guerrero-Sosa, J. D. T., Romero, F. P., Menéndez-Domínguez, V. H., Serrano-Guerrero, J., & Montoro-Montarros, A. (2025). A multimodal framework for explainable evaluation of soft skills in educational environments. *ArXiv Preprint*.
- [13] Ishmael, O. (2025). Soft Skills as Predictors of Success in Software Engineering. *ACM Transactions*. <https://doi.org/10.1145/3723010.3723025>
- [14] Lin, J. (2018). Towards data-driven software engineering skills assessment. *International Journal of Computational Science*, 2(2), 123-141. <https://doi.org/10.1108/IJCS-02-2018>

ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ ХЭМНЭЛТ, ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ ХЭРЭГЛЭЭНИЙ ӨГӨӨЖИЙГ ДЭЭШЛҮҮЛЭХ ПРОЦЕССЫН УДИРДЛАГЫН СТРАТЕГИ

Өвгөнхүүгийн СОЁЛЦЭЦЭГ¹, Бат-Очирын ЭРДЭНЭЦЭЦЭГ²

¹Монгол улс, Улаанбаатар, Төмөр замын их сургууль, Суурь бүтцийн тэнхим

²Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Геологи уул уурхайн сургууль

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: soyoltsetseguvgunkhuu@gmail.com¹

Хураангуй: Өгүүлэлд эрчим хүчний хэмнэлт, эрчим хүчний хэрэглээний өгөөжийг дээшлүүлэх процессыг системтэйгээр удирдах арга зүйн талаар дурдав. Үйлдвэр, аж ахуйн нэгжийн эрчим хүчний хэрэглээний үр ашгийн удирдлагын стратеги болон түүний эрчим хүчний бодлого, зорилго, зорилтод нөлөөлөх функциональ загварыг Демингийн мөчлөгт тулгуурлан боловсруулав.

Түлхүүр үг: Зан үйл, төлөвлөлт, үйлдвэр, эдийн засаг

I. ҮНДСЭН ХЭСЭГ

Үйлдвэр аж ахуйн нэгжийн эрчим хүчний дэд бүтэц, түүний зөв зохион байгуулалт, эрчим хүчний хэрэглээний өгөөжид сөрөг нөлөөлдөг үндсэн шалтгаануудыг судлаачид дараах байдлаар авч үзжээ [2, 4, 7]. Үүнд:

- их чадлын эрчим хүчний хэрэглэгч болох үйлдвэрийн үндсэн тоног төхөөрөмжийн эд ангийн элэгдэл, хуучралт, түүнээс хамаарсан найдвартай ажиллагааны бууралт;
- эрчим хүчний нөөцийн удирдлага, мониторинг, хяналтын түвшин бага;
- анхдагч түлш-эрчим хүчний нөөцийн (ТЭХН) зарцуулалт өндөр, үйлдвэрлэлийн процесс дахь алдагдал их;
- эрчим хүчний менежментийн салбарт мэргэшсэн мэргэжилтэн дутагдалтай;
- эрчим хүч хэмнэх ажилтны зан үйлийн төлөвшил хангалтгүй.

Үйлдвэр аж ахуйн нэгжийн эрчим хүч ашиглалтын өгөөжийг дээшлүүлэхэд нөлөөлдөг үндсэн хүчин зүйл нь удирдлага зохион байгуулалтын, технологийн, техник-эдийн засгийн болон ТЭХН-ийг зүй зохистой ашиглах асуудлаар нэгдсэн стратеги, төлөвлөлт байдаггүйд оршино.

Зорилго, зорилт

Үйлдвэр аж ахуйн нэгж дээрх эрчим хүчний хэмнэлтийн болон эрчим хүч ашиглалтын өгөөжийг дээшлүүлэхэд (ЭХӨ) чиглэсэн стратеги, бодлого, зорилтыг цогц байдлаар төлөвлөж, хэрэгжүүлэх, хэрэгжилтийн явцад аудит хийж сайжруулах менежментэд маш олон хүчин зүйл нөлөөлнө.

**Эрчим хүчний хэмнэлтийн болон эрчим хүч
ашиглалтын өгөөжийг дээшлүүлэх
стратегийн үе шат ба
хэрэгжүүлэх схем**

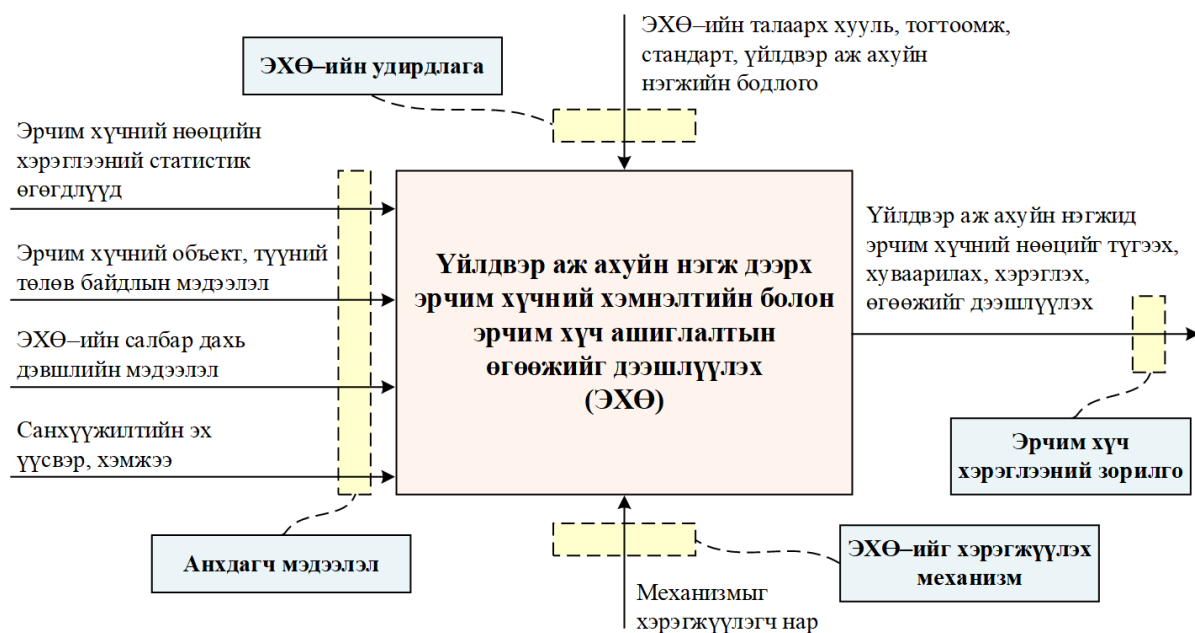
Стратеги нь үйлдвэр аж ахуйн нэгжийн ЭХӨ-ийн үйл явцыг үр дүнтэй удирдан зохион байгуулах, өөрөөр хэлбэл тухайн аж ахуйн нэгжийн эрчим хүчний, эдийн засгийн, хөрөнгө оруулалтын урт хугацааны бодлогыг багтаах шаардлагатай. Иймд стратеги нь үе шат бүртээ бодлого, зорилго, зорилтыг хэрэгжүүлэх, үр дүнг тооцох, сайжруулах цогц арга хэмжээг агуулах бөгөөд үе шат бүр маш тодорхой боловсруулагдах шаардлагатай [3, 4].

Энэ зорилгыг хэрэгжүүлэх мэдээллийн үндэс нь үйлдвэр аж ахуйн нэгжийн эрчим хүчний систем, дэд системийн төлөв байдал, эрчим хүчийг хэмнэх боломжид хийсэн эрчим хүчний аудитын үр дүн байна. Эрчим хүчний хэрэглээний төлөв байдалд хийсэн аудитын үр дүнгээр аж ахуйн нэгжийн ЭХӨ-ийн стратегийн үндсэн чиглэлүүд тодорхойлогдоно. Тодорхойлогдсон тэргүүлэх чиглэлүүд нь эрчим хүчийг үйлдвэрлэх, дамжуулах, хуваарилах, түгээх асуудлуудыг бүрэн хамарч тус тусдаа бодлогоор хэрэгжих шаардлагатай (1-р зураг).

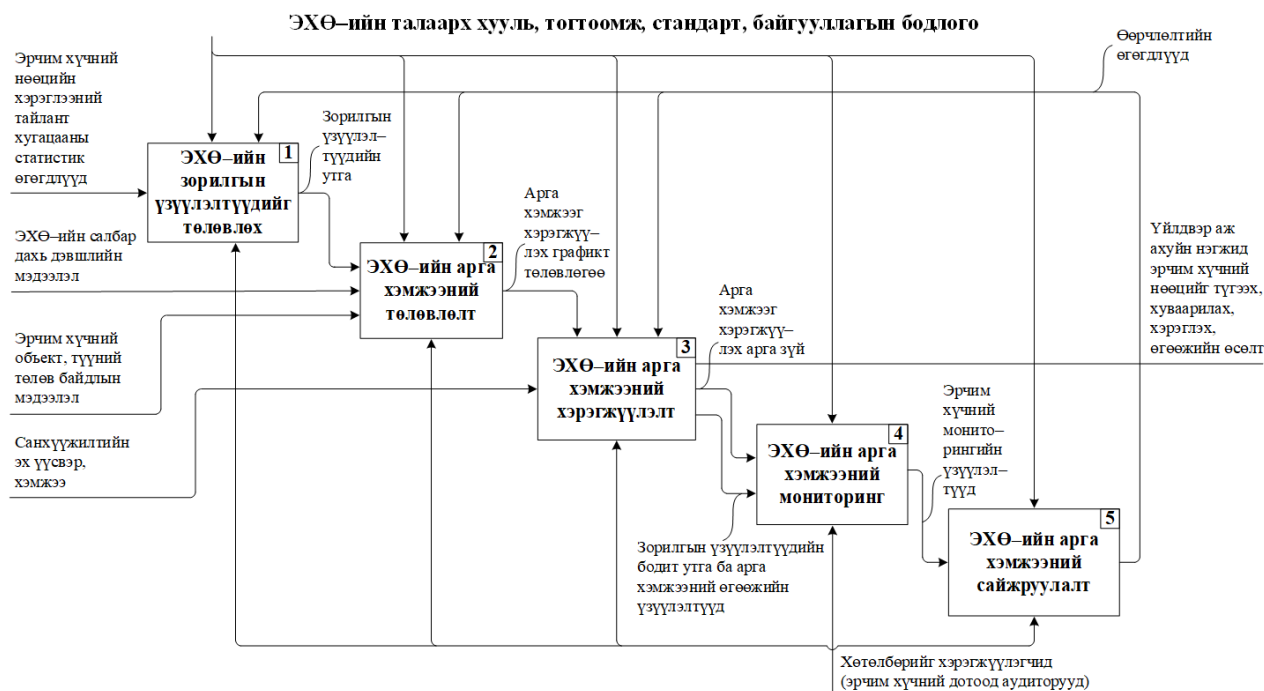
Үйлдвэр аж ахуйн нэгж дэх ЭХӨ-ийн стратегийн үндсэн үе шатыг дараах байдлаар тодорхойлов (2-р зураг).

1. Зорилгын үзүүлэлтүүдийг цогцоор нь төлөвлөх (блок 1). Үүнд эрчим хүчний аудитын үр дүнгээр тодорхойлогдсон эрчим хүчний дэд системийн төлөв байдлын хэмжигдэхүүнүүд хамаарна. Зорилгын үзүүлэлтүүд нь ЭХӨ-ийн үйл ажиллагааг төлөвлөх, үр дүнг тооцох, дүгнэх үндсэн үзүүлэлтүүд болно. Иймд эдгээр үзүүлэлт нь стратегийн төлөвлөлтийн ба хэрэгжилтийн бодит түвшинг илэрхийлсэн утгаар хэмжигдэнэ. Мөн тодорхой тайлант хугацааны давтамжтайгаар (улирал, жил) дараах хүчин зүйлсийг анхаарч зорилтод тусгах боломж бүрдүүлнэ. Үүнд:
 - тайлант хугацаан дахь төлөвлөлтийн ба бодит утгуудын хазайлт;

- эрчим хүчний хэмнэлтийн бодит үр дүнг үнэлэх;
- техник, технологийн дэвшлийн хөгжлийн түвшин;
- эдийн засгийн хэмнэлт г.м.



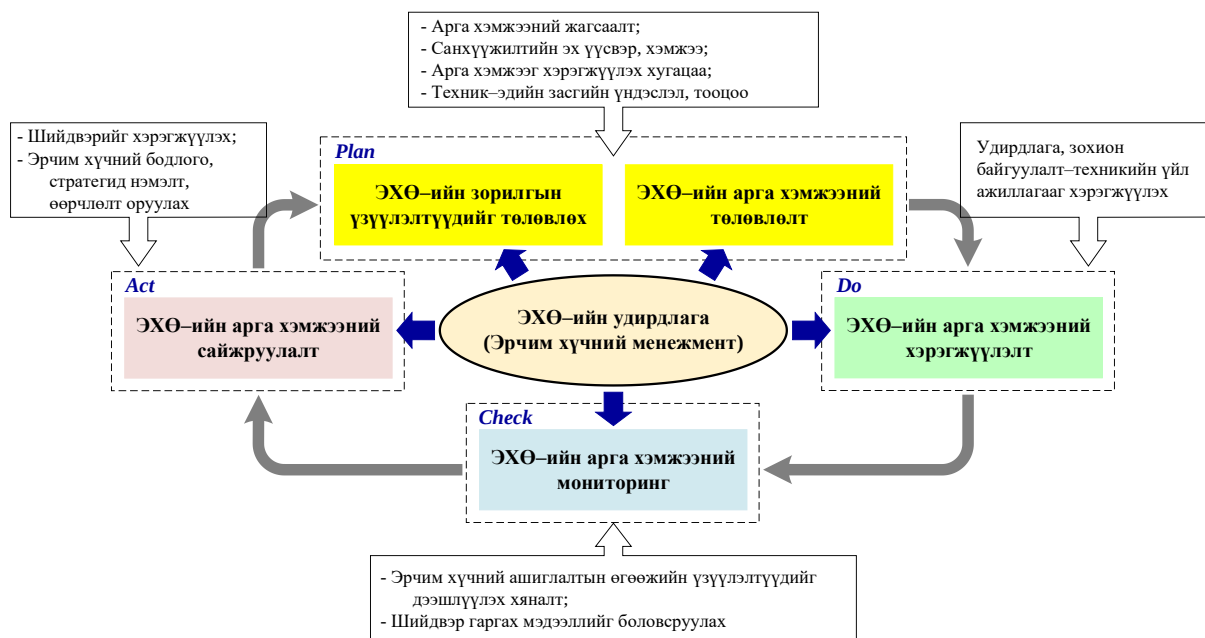
1-р зураг. ЭХӨ-ийг дээшлүүлэх чиглэлүүд



2-р зураг. ЭХӨ-ийн цогц ба дэд арга хэмжээний төлөвлөлт ба хэрэгжүүлэлт

1. ЭХӨ-ийн цогц ба дэд арга хэмжээний төлөвлөлт ба хэрэгжүүлэлт (2-р зураг, блок 2, 3). Зорилгыг хэрэгжүүлэх механизм нь улсын, орон нутгийн, салбарын хэмжээнд мөрдөх хууль, тогтоомжтой нийцэж хэрэгжих шаардлагатай. Мөн зорилгыг хэрэгжүүлэх төслийн баг, санхүүгийн эх үүсвэрийг ч тодорхой болгосон байх хэрэгтэй. Энэ үе шатны ажлыг хэрэгжүүлэх график төлөвлөлтийг боловсруулж батлуулна.
2. ЭХӨ-ийн үйл ажиллагааны хяналт. Энэ үе шатанд үйлдвэр аж ахуйн нэгж байгууллага

зорилгыг хэрэгжүүлэх үйл ажиллагаанд мониторинг, хяналт хийх, түүний үр дүнг боловсруулах, дүгнэх, үйл ажиллагааг сайжруулах шийдвэр гаргах системийг бүрдүүлсэн байх шаардлагатай (блок 4, 5). Хяналтын энэхүү цогц үйл ажиллагаа нь удирдлага зохион байгуулалтын, техникийн, нийгмийн, эдийн засгийн талаас зорилгод нөлөөлөх бүх эрсдэл, түүний хүчин зүйлсийг зайлшгүй тооцсон байна [9].



3-р зураг. ЭХӨ-ийн удирдлагыг хэрэгжүүлэх зарчим

2-р зурагт үзүүлсэн үйлдвэр аж ахуйн нэгж байгууллага дээр ЭХӨ-ийн эрчим хүчний менежментийн стратегийг хэрэгжүүлэх зарчмыг Деминг-Шухартын мөчлөгөөр үзүүлэв (3-р зураг).

ДҮГНЭЛТ

Үйлдвэр аж ахуйн нэгж байгууллага дээр ЭХӨ-ийн эрчим хүчний менежментийн стратеги нь дараах онцлогтой. Үүнд:

1. Үйл ажиллагааг системтэйгээр хэрэгжүүлэх дэд бүтцийг бүрдүүлнэ;
2. Үйл ажиллагааны хэрэгжилтийг хянах, үр дүнд тооцох, үнэлгээ, дүгнэлт өгөх механизмтай бөгөөд энэхүү хяналтын үе шат эрсдэлийн үнэлгээнд заавал суурилсан байна;
3. Үйлдвэр аж ахуйн нэгжийн эрчим хүчний хангамж, хэрэглээнд мөрдөх бүхий л хууль

тогтоомжийн нийцтэй байдлын үнэлгээ зайлшгүй хийгдэнэ;

4. Сонирхогч талуудын (эрчим хүчний үйлдвэрлэл, түгээлт, нийлүүлэлт, бүтээгдэхүүн худалдан авагч болох бусад талууд) шинжилгээ ба тэдгээрийн хэрэгцээ шаардлагыг хангах судалгааг зайлшгүй хийнэ;
5. Үйлдвэр аж ахуйн нэгжийн үйл ажиллагаанд гадаад (улс төр, нийгмийн, эдийн засгийн, технологийн дэвшлийн, хэрэглэгчид ба зах зээлийн өөрчлөлт, өрсөлдөгч, ханган нийлүүлэгч ба туслан гүйцэтгэгч, бусад хамтрагч) ба дотоод орчны (үйлдвэрлэлийн үндсэн процесст шууд оролцож буй нэгжүүд, үндсэн процессыг дэмжих дэд бүтэц, хүний болон материалын нөөц бүрдүүлэлт, хуваарилалт, технологи нэвтрүүлэлт г.м) шинжилгээг хийж тэдгээрийн нөлөөллийг зайлшгүй тооцно;

6. Өмнөх жилүүдийн үйл ажиллагааны төлөвлөлт, хэрэгжүүлэлт, түүний тайлантай харьцуулсан судалгааг заавал хийнэ;
7. Эдгээр онцлогууд нь эрчим хүчний хэмнэлтийн болон эрчим хүч ашиглалтын өгөөжийг дээшлүүлэх процессыг автоматжуулах, оновчлох дараагийн үе шатны судалгааг хийх боломжийг олгоно.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] Бочкарев С.В., Елтышев Д.К. Методика принятия оптимальных решений при ремонте высоковольтного электро-технического оборудования // Научно-технический вестник. Поволжья. – 2012. – № 6. – С. 142–146.
- [2] Данилов Н.И. Основы энергосбережения: учеб. – 2-е изд., доп. и перераб. / Н.И. Данилов, Я.М. Щелоков; под общ. ред. Н.И. Данилова. – Екатеринбург: Издательский дом «Автограф», 2010. – 528 с.
- [3] Елтышев Д.К., Хорошев Н.И. Системный подход к формированию и реализации программ энергосбережения и повышения энергетической эффективности // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 5–4. – С. 697–701.
- [4] Кычкин А.В., Мусихина К.Г., Разепина М.Г. Исследование эффективности создания и внедрения системы энергоменеджмента на промышленном предприятии // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2014. – № 1 (9). – С. 66–79.
- [5] Некоторые аспекты технологии эксплуатации электротехнических объектов на основе методов краткосрочного прогнозирования технического состояния / В.П. Казанцев, А.Б. Петроченков, А.В. Ромодин, Н.И. Хорошев // Электро-техника. – 2011. – № 11. – С. 28–34.
- [6] Петроченков А.Б., Ромодин А.В. Разработка подходов к построению комплекса «Энергооптимизатор» // Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. – 2013. – № 4. – С. 20–25.
- [7] ISO 50001:2011. Energy management systems –Requirements with guidance for use: approved on 2011–01–12, 31 pp.

ТЕКСТ КЛАСТЕРЛАЛТ АШИГЛАН ГҮҮГЛ СКОЛАРЫН ХАЙЛТЫН ҮР ДҮНГ СЭДВЭЭР ЯЛГАХ НЬ

Чулууны ЗЭНДМЭНЭ

ШУТИС, Геологи, уул уурхайн сургууль, Эрдэс боловсруулалт, инженерчлэлийн тэнхим

Холбоо барих зохиогчийн и-мэйл хаяг: zendmene@must.edu.mn

Хураангуй: Сүүлийн 20 гаруй жилд судалгааны бүтээлийн тоо огцом нэмэгдэж байгаа нь библиометрийн шинжилгээ болон тойм судалгаа хийхээр бүрэн дүүрэн хэрнээ сэдэвт төвлөрсөн корпора цуглуулж буй судлаачдад бэрхшээл учруулдаг. Энэхүү өгүүлэлд уул уурхайн машин тоног төхөөрөмжийн найдвартай ажиллагаа, засвар үйлчилгээний чиглэлд Гүүгл Скола (Google Scholar, GS) хайлтаар цуглуулсан судалгааны материалыг кластерлах замаар зорилтот сэдэвт хамааралтайгаар нь ялгаж, үр дүнг нь үнэлсэн. Энэ хүрээнд GS дээр сайтаар шүүж хайлт хийх, илэрцүүдийн RIS-ийг CSV-д хөрвүүлж мастер багц үүсгэх, мета өгөгдлийг цэвэрлэх, TF-IDF аргаар векторчлах, K-дунджийн аргаар кластерлах, үр дүнг хүний оролцоотой баталгаажуулах ажлуудыг хийсэн. Судалгааны материалыг гарчиг ба хураангуйн текстээр нь кластерлах замаар сэдвээр ялгах нь библиометрийн шинжилгээ, тэр дундаа түлхүүр үгийн шинжилгээнд хангалттай байдаг. Энэхүү судалгаанд мөн GS-ийг Scopus, Web of Science (WoS) болон хэвлэлийн газруудын мэдээллийн сантай харьцуулан давуу ба сул талуудыг авч үзсэн бөгөөд GS нь байгууллагын бүртгэлгүй судлаачдад нээлттэй нэвтрэх боломжит хувилбар гэдгийг онцолсон.

Түлхүүр үг: гүүгл, текст, кластер, сэдэв, уул уурхайн машин тоног төхөөрөмж

I. УДИРТГАЛ

Дижитал шилжилтийн хугацаанд эрдэм шинжилгээний бүтээлийн, үүн дотор инженерийн болон хэрэглээний шинжлэх ухааны бүтээлийн тоо хурдацтай нэмэгдэж байгаа нь судлаачдад урьд байгаагүй боломж, сорилтуудыг бий болгож байна. Өнөө үед бараг бүх судлаач эрдэм шинжилгээний өгүүлийг онлайнаар хайх шаардлагатай болсон [1]. Гэвч Scopus, Web of Science зэрэг өгөгдлийн санд нэвтрэх байгууллагын хязгаарлалтын улмаас иж бүрэн хандах боломж жигд бус хэвээр байна.

Үүнд хамааралтайгаар Google Scholar (GS) нь судалгааны ажил цуглуулах өргөн хүртээмжтэй, хариу өгөлт (илрүүлэлт) өндөртэй платформ болон тодорч байна [2]. GS-ийг хайлтын үеийн шүүлт, мета өгөгдлийн нэгдмэл байдал сул гэсэн шүүмжлэл байнга дагадаг ч эрдэм шинжилгээний сэтгүүл, хурлын эмхэтгэл, сангуудыг өргөн хамруулдагаараа сул талаа нөхдөг. Тэгвэл дараах судалгааны асуултыг дэвшүүлж болно: GS дээр хайлтыг тохирсон шүүлттэй явуулж, хайлтаар илэрсэн их өгөгдлийг боловсруулсны дараа библиометрикт ашиглахуйц өгүүлэл ялгалтыг текст кластерлалт ашиглан гүйцэтгэж болох уу?

Энэхүү судалгаанд библиометрийн шинжилгээ төдийлэн хийгддэггүй хэрэглээний инженерчлэлийн салбар болох уул уурхайн машин тоног төхөөрөмжийн найдвартай ажиллагаа, засвар үйлчилгээний чиглэлд [3] хамаарах өгүүлүүдийг GS илэрцээс ялгав.

II. СУДАЛГААНЫ ТОЙМ

2.1. Библиометрик ба түүний инженерчлэл дэх үүрэг

Библиометрийн нэг төрөл болох түлхүүр үгийн (хам үгийн) шинжилгээ нь судалгааны хувьслыг зураглах, сэдэвчилсэн бүтцийг харуулахад ач

холбогдолтой [4] [5]. Ийм шинжилгээ нь мета өгөгдлийн найдвартай байдал болон сэдвийн ялгарал дээр ихээхэн тулгуурладаг бөгөөд эдгээр нь хоёулаа анхдагч өгөгдлийн дотоод нэгдэл эсвэл зөрчилтэй байдлаас шууд шалтгаалдаг.

2.2. Өгөгдлийн санд нэвтрэх, хайлт хийхэд тулгардаг бэрхшээлүүд

Scopus болон WoS нь стандартчилагдсан мета өгөгдөл, эшлэлийг санал болгодог [6] боловч эдгээрт хандахад заавал байгууллагын эрх эсвэл өндөр төлбөр шаардагддаг бөгөөд хайлтын асуулга нь хязгаарлагдмал. Харин хэвлэлийн газруудын өгөгдлийн сангууд (ScienceDirect, Springer, Taylor & Francis, Wiley, MDPI, IEEE гэх мэт) нь Бүүлин операторын тоо, хайлтын талбар, асуулгын багтаамжаараа ялгаатай байдаг нь тэдгээр дээр нэг ижил хайлт хийхэд төвөгтэй болгодог [7].

Тэгвэл вэбсайтын шүүлтүүртэй GS хайлт (жишээ нь: springer.com) нь олон сайтад ижил Бүүлинтэй нэг ерөнхий хайлтын асуулга ашиглах боломжийг өгч, асуулгын хариуд их хэмжээний илэрц дуудаж харуулдаг [8]. Гэвч GS-ийн тэрхүү их хэмжээний илэрц дунд сэдвээс гадуурх өгүүлэл, ном, тойм зэрэг багтаж хайлтын үндсэн хүрээнд их "чимээ" оруулдаг тул илэрцийг цуглуулсны дараа дахин сайтар шүүж, кластерлах шаардлага гардаг.

2.3. Судалгааны материалыг автоматаар кластерлах болон сэдвээр ялгах

Текст шинжлэх арга нь их хэмжээний судалгааны материалын багц (корпора) буюу мета өгөгдлийг векторт хувиргах замаар тэдгээрийг хооронд нь сэдвээр ялгах боломжийг олгодог. TF-IDF нь текстүүдийн ижил төстэй байдлыг хэмжих үндсэн арга хэвээр байна [9], харин K-дунджийн кластерлалт нь их хэмжээний текстийн багцыг сэдэвчилсэн бүлгүүдэд хуваах үр дүнтэй арга юм [Steinbach et al., 2000]. Илүү сайн кластерлахын тулд

зогсоох үгсийг зохистой ашиглаж, ижил утгатай үгсийг нэгтгэх (жишээ нь, "mining machinery" → "mining equipment") зэрэг урьдчилсан бэлтгэлүүд чухал ач холбогдолтой [10].

Дээрх автомат үйлдлийг хүний оролцоотой хослуулснаар кластерын төв ба захын текстийг судлаач өөрийн оюунаар шалгах зэргээр кластерлалт ба сэдвийн ялгалтыг улам баталгаатай болгодог [11]. Дүрслэлийн аргаар кластеруудын бие даасан байдлыг баталгаажуулж илэрхийлдэг [10].

2.4. Судалгааны боломж

Одоогоор хэвлэгдсэн библиометрийн судалгааны бүтээлүүд нь уул уурхайн машин тоног төхөөрөмжийн найдвартай байдал, засвар үйлчилгээ зэрэг хэрэглээний шинжлэх ухааны салбарт тусгайлан анхаарсан нь ховор байна [12]. Тиймээс энэ чиглэлд судалгааны материалын багц бүрдүүлж, тэдгээрийг кластерлах болон сэдвээр ялгах нь текст шинжилгээний ерөнхий арга зүй болон салбарын судалгааны аль алинд хувь нэмэр оруулна.

III. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

3.1. Гүүгл Сколар хайлтаар өгөгдөл цуглуулах

Нэг ерөнхий хайлтын асуулгаар үндсэн эх сурвалжаас нь судалгааны материалуудыг дуудаж илрүүлэх үүднээс GS дээр хэвлэлийн газрын сайтаар шүүх стратегийг ашигласан. Мета өгөгдлийн RIS (Research Information Systems) файлуудыг хэвлэлийн газрын сайтаас нь татаж аваад өгөгдлийн мастер багцад нэгтгэсэн. GS-ын олгох боломж нь мета өгөгдлийн эх сурвалж нээлттэй эсвэл тусгай зөвшөөрөлттэйгээс үл хамаарч илрүүлэн дуудаж, хайлтын асуулгад хариу болгодогт оршино. Харин түүний хязгаарлалт нь экспортлосон эшлэл дэх мэдээлэл хангалтгүй тул хэвлэлийн газрын сайт руу шилжих, судалгааны ажлуудын хураангуй болон түлхүүр үг зэрэг дутуу мэдээллийг нөхөж авах нэмэлт ажиллагаа шаардагдаж болно.

3.2. Өгөгдлийг боловсруулах, кластерлалтад бэлтгэх

GS хайлтын анхны корпораг дараах үе шатаар кластерлалтад бэлдсэн. Үүнд:

- RIS → CSV хувиргах, мастер багцад нэгтгэх;
- Сэдвээс илэрхий ангид материалуудыг багцаас хасах;
- Өгүүлэл бүрийн гарчиг ба хураангуйг нэгтгэсэн текстийг TF-IDF хувиргалтад бэлтгэх.

Ийм маягийн урьдчилсан боловсруулалт нь сэдвийг илэрхийлэх гол нэр томъёоны хүчийг нэмэгдүүлж, сэдвийг бүрхэгдүүлэх сул чимээг багасгадаг [13].

3.3. Кластерлалт ба кластерын тооны сонголт

Урьдчилан боловсруулсан текстийн багцыг Үгийн давтамж-Текстийн урвуу давтамжийн TF-IDF (Term frequency-inverse document frequency) аргаар векторчилсан. Үүссэн хоёр хэмжээст үлэмж тоон матрицыг SVD (Singular value decomposition) аргаар харьцангуй жижиг гурван матрицад задлан кластерлах бодолтыг хялбарчилж, текст кластерлахад хамгийн тохиромжтой K-means аргыг сонгосон [14]. Хамгийн оновчтой кластерын тоог (k) квадрат хазайлтын нийлбэр SSE (Sum of Squared Errors) болон Silhouette онооны аргаар тооцоолсон. Кластер бүрээр хамгийн их жинтэй түлхүүр үгсийг тодорхойлж, түүний өгүүлэл бүрээр багтаасан кластерынх нь төв рүү дөхсөн зайг тооцоолж гаргасан.

3.4. Кластеруудыг сэдвээр ялгах

Кластерлалтын үр дүнг ашиглан дараах алхмуудыг гүйцэтгэв.

- Кластер бүрт төвөөс хамгийн хол зайтай текстийг хамгийн ойрынхтой харьцуулан кластеруудыг сэдвийн зөрүүтэй өгүүлүүдээс цэвэрлэх;
- Кластеруудыг үндсэн сэдэвт хамааралтай эсвэл хамааралгүй байдлаар хоёр бүлэгт хуваах;
- Кластеруудын харилцан байршлыг үгсийн сангийн төсөөтэй ба ялгаатай байдлаас нь хамааруулан хоёр хэмжээст хавтгайд дүрслэх.

IV. ҮР ДҮН

4.1. Корпора ба кластерын өмнөх хасалтууд

GS дээр [("mining equipment" OR "mining machinery") AND ("reliability" OR "availability" OR "maintainability" OR "lifecycle cost") AND ("maintenance" OR "condition monitoring" OR "fault diagnosis" OR "failure analysis")] асуулгаар 2024 он ба түүнээс өмнө хэвлэгдсэн судалгааны материалуудыг энэ чиглэлд эрдэм шинжилгээний материал түлхүү хэвлэдэг 9 томоохон хэвлэлийн газрын вэбсайтаар шүүж хайлт хийсэн (хүснэгт 1), Илэрсэн нийт 4345 судалгааны материалын RIS файлыг татан авч Zotero-гийн тусламжтайгаар CSV-д хувирган эксел файлд нэгтгэж мастер багц үүсгэсэн. Үүнд ерөнхий ажиглалт явуулсны дүнд хүснэгт 2-т харуулсан бүлгүүдийг илрүүлэн экселийн хялбар үйлдлүүдийг ашиглаж кластерлалтаас өмнө багцаас хассан.

GS ХАЙЛТААР ИЛЭРСЭН СУДАЛГААНЫ МАТЕРИАЛЫН ТОО

1-Р ХҮСНЭГТ

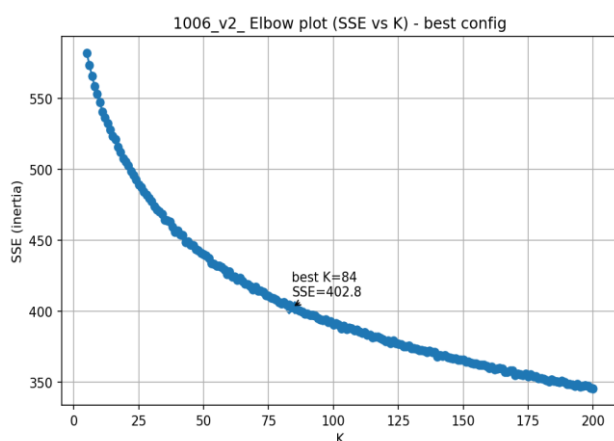
№	Хэвлэлийн газрын вэбсайт	Материалын тоо
1	emerald.com	127

2	ieeexplore.ieee.org	708
3	inderscienceonline.com	116
4	mdpi.com	611
5	sagepub.com	216
6	sciencedirect.com	615
7	link.springer.com	1460
8	tandfonline.com	332
9	wiley.com	166
Бүгд		4345

ХАСАГДСАН БА КЛАСТЕРЛАГДСАН МАТЕРИАЛЫН ТОО

2-Р ХҮСНЭГТ

№	Эрдэм шинжилгээний материалын ангилал	Тоо
1	Анхны GS корпора	4345
2	Кластерлалтаас өмнө хасагдсан, үүнээс:	1828
	Богино тэмдэглэл	176
	Ном, номын бүлэг	317
	Тойм судалгаа	260
	Уул уурхайн бус судалгаа	1035
	Далайн ба сансрын уул уурхайн сэдэвт судалгаа	40
3	Кластерлагдсан	2517
4	Уул уурхайн машин тоног төхөөрөмжийн найдвартай ажиллагаа, засвар үйлчилгээний сэдэвт өгүүлэл	935



Зураг 1. Кластерлалтын квадрат хазайлтын нийлбэр кластерын тооноос хамаарах байдал

4.3. Сэдвээр ялгалт

Кластерлалтын дараа сэдвийн ялгалтыг дараах үе шатаар гүйцэтгэсэн. Үүнд:

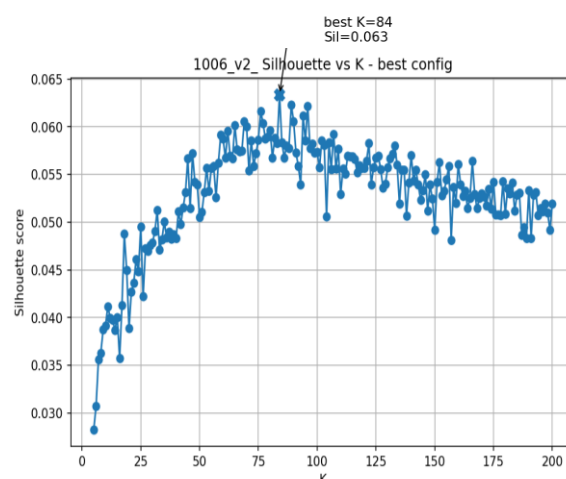
4.2. Текст кластерлалт

Өмнө гүйцэтгэсэн шүүлт, хасалтын дараа үлдсэн 2517 судалгааны материал нь уул уурхайн машин тоног төхөөрөмжтэй ямар нэг байдлаар холбоотой сэдэв бүхий өгүүлүүд бөгөөд эдгээрийн нэлээд нь татаж авахад өндөр төлбөртэй, нэг бүрчлэн танилцаж сэдвийг тодорхойлоход их цаг шаардах тул текст кластерлах аргаар сэдвийн ялгалт хийсэн. Текст кластерлалт нь текстүүдийг ижил утгатай үгс агуулсан шинж, үгийн давтамжаар нь бүлэглэх тул өгүүллийн сэдэвт шууд хамааралгүй үгсийг урьдчилан тодорхойлж, текстээс хассан (paper, purpose, using, based, China гм 40 орчим үг). Мөн NLTK-ын англи хэлний хэвшмэл зогсоох үгс, тэмдэгт, тоог хассан.

Сонгогдсон 2517 өгүүлэл бүрийн гарчиг ба хураангуйг нэг текстэд нэгтгэж, текст кластерлалтыг TF-IDF → SVD → k-means үе шатаар гүйцэтгэсэн, тооцоолол хийх, үр дүнг гаргаж харуулахад Python ашигласан бөгөөд үндсэн кластерлалтын пайтон кодыг хавсралтад харуулав. Кластерлалтын үр дүнд дараах хариуг гаргаж авсан. Үүнд:

- Текст бүрийн багтсан кластерын дугаар ба кластерын төв хүртэлх зай
- Кластер бүрийн хэмжээ ба топ түлхүүр үгс
- SSE, SSC зэрэг кластерлалтын чанарыг илэрхийлэх үзүүлэлтүүд.

2517 текст үгийн ижилсэлт, давтамж, хоршил зэргээс хамаарч 84 кластерт хуваагдсан, үүнээс хамгийн жижиг нь 11, том нь 126 текст багтаасан. Кластерын оновчтой тоо $k=84$ болох нь зураг 1 ба 2-оос харагдана.



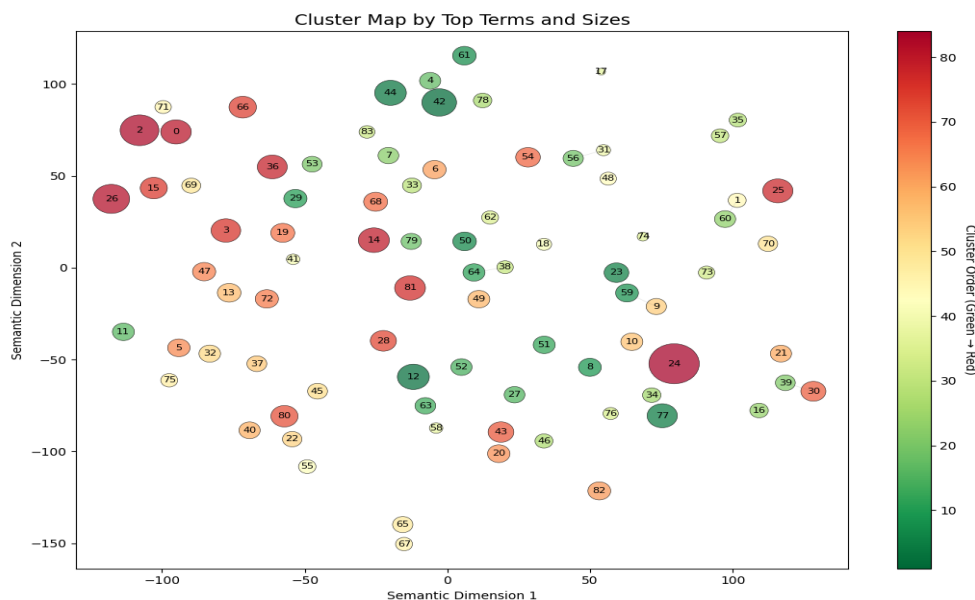
Зураг 2. Кластерлалтын Силуэт оноо кластерын тооноос хамаарах байдал

- Кластер бүрийн төвд хамгийн ойр текстүүдийг уншиж, зорилтот сэдэв болох уул уурхайн машин тоног төхөөрөмжийн найдвартай ажиллагаа, засвар үйлчилгээний чиглэлд хамаарах эсэхийг тогтоосон.

- Кластерын төвөөс хамгийн хол текстүүдийг судлан тухайн кластерын гол өгүүлүүдээс сэдвийн зөрүүтэй, зорилтот сэдэвт хамааралгүй бол хассан.

Энэхүү сэдвийн ялгалтын дүнд 35 кластер, тэдгээрт багтсан 935 өгүүллийг зорилтот сэдэвт

хамааралтай гэж үзсэн, энэ тухай хүснэгт 2-ын сүүлийн мөрт тэмдэглэв. Нийт 84 кластерын хэмжээ, түлхүүр үгсээс хамаарсан тархалтыг зураг 3-т дугаараар нь харуулав, үүнээс зорилтот сэдэвт хамаарах кластеруудаас эхний томоохон 10-ыг жишээ болгон хүснэгт 4-т илэрхийлэв.



Зураг 3. Кластеруудын түлхүүр үгсээс хамаарсан тархалт

ЗОРИЛТОТ СЭДЭВТ ХАМААРАЛТАЙ ЭХНИЙ 10 КЛАСТЕРЫН ТАЙЛБАР

3-Р ХҮСНЭГТ

Кластерын дугаар	Кластерын хэмжээ	Топ түлхүүр үгс
42	67	maintenance; failure; equipment; repair; reliability; data; analysis; mining; cost; operation; preventive; statistical; performance; historical; breakdown
12	57	machine; maintenance; data; learning; predictive; mining; truck; system; process; sensor; analysis; failure; condition; monitoring; machinery
44	56	reliability; failure; system; maintenance; model; covariates; component; analysis; effect; case; maintainability; operational; data; life; equipment
77	51	shearer; drum; cutting; longwall; seam; method; pick; height; mining; model; angle; thin; navigation; adjustment; automation
23	34	bucket; excavator; wheel; superstructure; digging; analysis; mining; design; working; boom; surface; drive; model; equipment; material
50	31	truck; fleet; pit; shovel; open; cost; mine; haul; productivity;

		match; equipment; mining; operation; haulage; maintenance
61	31	digging; performance; shovel; dragline; energy; trajectory; hoist; mining; data; excavation; time; efficiency; condition; rope; method
59	29	wheel; bucket; excavator; crack; structure; boom; stress; welded; failure; analysis; joint; cause; structural; fracture; material
8	29	scraper; conveyor; chain; tension; dynamic; wear; load; drive; ring; method; running; middle; chute; condition; model
29	30	oee; effectiveness; overall; equipment; company; mining; performance; case; process; production; management; maintenance; mine; industry; productivity

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгаагаар GS корпорат текст кластерлалт ашиглан сэдвийн ялгалт хийх практикт хэрэглэхэд хүндрэл багатай, дахин

сайжруулах боломжит хувилбарыг уул уурхайн машин тоног төхөөрөмжийн найдвартай байдал, засвар үйлчилгээний сэдэвт судалгааны материалын жишээн дээр харуулав. Гол дүгнэлтүүд:

- GS хайлтын илэрц нь сайтын шүүлтүүр ашигласан ч хэт өргөн хүрээг хамардаг. Анхны 4345 материалаас 935 нь зорилтот сэдвийнх байжээ.
- GS корпораг кластерлахын тулд боломжуудыг ашиглан сайтар цэвэрлэх шаардлагатай.
- Автомат кластерлалтын үр дүнг хүний хяналтаар дахин шүүж, зорилтот сэдэвт хамаарах кластер өгүүллүүдийг ялгана.
- Энэхүү дарааллаар ялгасан өгүүллүүд нь тухайн чиглэлд библиометрийн шинжилгээ хийхэд хангалттай боловч тойм судалгаа хийхэд нэмэлт ажил шаардана.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] M. Gusenbauer and N. R. Haddaway, "Which academic search systems are suitable for systematic reviews or meta-analyses? Evaluating retrieval qualities of Google Scholar, PubMed, and 26 other resources," *Research Synthesis Methods*, vol. 11, no. 2, pp. 181–217, Mar. 2020, doi: 10.1002/jrsm.1378.
- [2] G. Halevi, H. Moed, and J. Bar-Ilan, "Suitability of Google Scholar as a source of scientific information and as a source of data for scientific evaluation—Review of the Literature," *Journal of Informetrics*, vol. 11, no. 3, pp. 823–834, Aug. 2017, doi: 10.1016/j.joi.2017.06.005.
- [3] J. Barabady and U. Kumar, "Reliability analysis of mining equipment: A case study of a crushing plant at Jajarm Bauxite Mine in Iran," *Reliability engineering & system safety*, vol. 93, no. 4, pp. 647–653, 2008.
- [4] I. Zupic and T. Čater, "Bibliometric Methods in Management and Organization," *Organizational Research Methods*, vol. 18,

no. 3, pp. 429–472, Jul. 2015, doi: 10.1177/1094428114562629.

- [5] N. Donthu, S. Kumar, D. Mukherjee, N. Pandey, and W. M. Lim, "How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines," *Journal of Business Research*, vol. 133, pp. 285–296, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.jbusres.2021.04.070.
- [6] L. Bornmann and H. Daniel, "What do citation counts measure? A review of studies on citing behavior," *Journal of Documentation*, vol. 64, no. 1, pp. 45–80, Jan. 2008, doi: 10.1108/00220410810844150.
- [7] N. R. Haddaway *et al.*, "Eight problems with literature reviews and how to fix them," *Nature Ecology & Evolution*, vol. 4, no. 12, pp. 1582–1589, Dec. 2020, doi: 10.1038/s41559-020-01295-x.
- [8] A. Martín-Martín, E. Orduna-Malea, M. Thelwall, and E. Delgado López-Cózar, "Google Scholar, Web of Science, and Scopus: A systematic comparison of citations in 252 subject categories," *Journal of Informetrics*, vol. 12, no. 4, pp. 1160–1177, Nov. 2018, doi: 10.1016/j.joi.2018.09.002.
- [9] D. Jurafsky and J. H. Martin, *Speech and Language Processing: Pearson New International Edition PDF eBook*. Pearson Higher Ed, 2013.
- [10] C. C. Aggarwal and C. Zhai, "An Introduction to Text Mining," in *Mining Text Data*, C. C. Aggarwal and C. Zhai, Eds., Boston, MA: Springer US, 2012, pp. 1–10. doi: 10.1007/978-1-4614-3223-4_1.
- [11] J. Grimmer and B. M. Stewart, "Text as Data: The Promise and Pitfalls of Automatic Content Analysis Methods for Political Texts," *Political Analysis*, vol. 21, no. 3, pp. 267–297, 2013, doi: 10.1093/pan/mps028.
- [12] J. Zhao, F.-Q. Yang, Y. Guo, and X. Ren, "Mapping knowledge domains for mine heat hazard: a bibliometric analysis of research trends and future needs," *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 30, no. 7, pp. 17076–17093, Feb. 2023, doi: 10.1007/s11356-023-25207-1.
- [13] Y. Zhang, M. Lease, and B. Wallace, "Active Discriminative Text Representation Learning," *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, vol. 31, no. 1, Feb. 2017, doi: 10.1609/aaai.v31i1.10962.
- [14] A. Hassani, A. Iranmanesh, and N. Mansouri, "Text mining using nonnegative matrix factorization and latent semantic analysis," *Neural Computing and Applications*, vol. 33, no. 20, pp. 13745–13766, Oct. 2021, doi: 10.1007/s00521-021-06014-6.

Хавсрамт

КЛАСТЕРЛАЛТЫН ПАЙТОН КОД

```

""" 1006_Text_clustering.py

Clustering pipeline for 1006_v2_Text.xlsx (columns: ID, Text). Outputs files prefixed with "1006_v2_".

-----
MAIN
-----

def main(): df = load_input(INPUT_FILE)

    if SAMPLE_FOR_DEBUG:
        df = df.sample(min(SAMPLE_SIZE, len(df)), random_state=RANDOM_STATE).reset_index(drop=True)
        print(f"DEBUG MODE: sampled {len(df)} documents for fast runs.")

    ids = df['ID'].astype(str).tolist()
    corpus = df['Text'].tolist()
    n_docs = len(df)
    print("Loaded", n_docs, "documents")

# Build K list

```

```

Ks = [k for k in range(K_MIN, min(K_MAX, n_docs-1) + 1, K_STEP) if k >= 2]
if INITIAL_K not in Ks and INITIAL_K < n_docs:
    Ks = sorted(list(set(Ks + [INITIAL_K])))
Ks = [k for k in Ks if k <= n_docs-1]
print("K values to test (len={}): {}".format(len(Ks), Ks[:10] + (["..."] if len(Ks)>10 else [])))

param_summaries = []
total_runs = len(GRID_MAX_FEATURES) * len(GRID_MAX_DF) * len(GRID_MIN_DF) * len(GRID_SVD_COMPONENTS)
run_i = 0

for maxf in GRID_MAX_FEATURES:
    for maxdf in GRID_MAX_DF:
        for mindf in GRID_MIN_DF:
            for n_comp in GRID_SVD_COMPONENTS:
                run_i += 1
                print(f"Run {run_i}/{total_runs} -> max_features={str(maxf)}, max_df={maxdf}, min_df={mindf}, svd={n_comp}")

                # Fit TF-IDF
                X_tfidf, terms, vec = fit_tfidf(corpus, max_features=maxf, max_df=maxdf, min_df=mindf)
                print(" TF-IDF shape:", X_tfidf.shape)

                # SVD
                X_reduced, svd = run_svd(X_tfidf, n_components=n_comp)
                print(" SVD reduced shape:", X_reduced.shape)

                # Evaluate Ks
                k_results = evaluate_k_for_Xr(X_reduced, Ks)
                best_k = choose_best_k_from_results(k_results)

                # Fine tune around best_k (small window)
                k0 = best_k['k']
                fineKs = [k for k in range(max(K_MIN, k0-FINE_TUNE_WINDOW), min(K_MAX, k0+FINE_TUNE_WINDOW)+1,
max(1,K_STEP)) if k >= 2 and k < n_docs]
                extra_results = []
                if any(k not in [r['k'] for r in k_results] for k in fineKs):
                    extra_results = evaluate_k_for_Xr(X_reduced, fineKs)
                    k_results_extended = {r['k']: r for r in k_results}
                    for r in extra_results:
                        k_results_extended[r['k']] = r
                    k_results = sorted(list(k_results_extended.values()), key=lambda r: r['k'])
                    best_k = choose_best_k_from_results(k_results)

                print(" chosen K for this config:", best_k['k'], "(sil=", best_k['silhouette'], ", db=", best_k['db'], ", sse=", best_k['sse'], ")")

                param_summaries.append({
                    'max_features': str(maxf),
                    'max_df': float(maxdf),
                    'min_df': int(mindf),
                    'svd_components': int(n_comp),
                    'chosen_k': int(best_k['k']),
                    'chosen_silhouette': float(best_k['silhouette']) if not np.isnan(best_k['silhouette']) else float('nan'),
                    'chosen_db': float(best_k['db']) if not np.isnan(best_k['db']) else float('nan'),
                    'chosen_sse': float(best_k['sse']),
                    'k_results': k_results,
                    'terms': terms,
                    'X_tfidf': X_tfidf,
                    'X_reduced': X_reduced
                })

# Choose best overall parameter set (prefer higher silhouette, lower db, and lower sse)
def rank_key(p):
    sil = p['chosen_silhouette'] if not np.isnan(p['chosen_silhouette']) else -9999.0
    db = p['chosen_db'] if not np.isnan(p['chosen_db']) else 9999.0
    sse = p['chosen_sse']
    return (-sil, db, sse) # minimize this tuple

best_param = min(param_summaries, key=lambda p: rank_key(p))

print("\nBest parameter set selected:")
print(" max_features=", best_param['max_features'], " max_df=", best_param['max_df'], " min_df=", best_param['min_df'], " svd=",
best_param['svd_components'], " chosen_k=", best_param['chosen_k'])
print(" silhouette=", best_param['chosen_silhouette'], " db=", best_param['chosen_db'], " sse=", best_param['chosen_sse'])

# Re-run clustering for best config and save outputs

```

```

final_X_tfidf = best_param['X_tfidf']
final_terms = best_param['terms']
final_Xr = best_param['X_reduced']
final_k = best_param['chosen_k']

km_final = KMeans(n_clusters=final_k, random_state=RANDOM_STATE, n_init=KMEANS_N_INIT)
labels_final = km_final.fit_predict(final_Xr)
inertia = km_final.inertia_
centroids = km_final.cluster_centers_
dists = euclidean_distances(final_Xr, centroids)
assigned_dist = np.array([dists[i, labels_final[i]] for i in range(len(labels_final))])

# Build clusters table
cluster_sizes = Counter(labels_final)
cluster_major = {}
for c in range(final_k):
    idx = np.where(labels_final == c)[0]
    cluster_major[c] = (None, int(len(idx)), int(len(idx))/len(labels_final))

rows = []
for i, docid in enumerate(ids):
    c = int(labels_final[i])
    rows.append({
        'ID': docid,
        'Text': corpus[i],
        'cluster': c,
        'distance_to_centroid': float(assigned_dist[i]),
        'cluster_size': int(cluster_sizes[c])
    })

df_out = pd.DataFrame(rows)
df_out.to_excel(f'{OUT_PREFIX}_clusters_bestK.xlsx', index=False)
print("Saved clusters to:", f'{OUT_PREFIX}_clusters_bestK.xlsx')

# Top keywords per cluster (from final TF-IDF)
cluster_terms = top_terms_per_cluster(final_X_tfidf, labels_final, final_terms, topk=TOP_K_TERMS)
pd.DataFrame(cluster_terms).to_excel(f'{OUT_PREFIX}_top_keywords_per_cluster.xlsx', index=False)
print("Saved top keywords to:", f'{OUT_PREFIX}_top_keywords_per_cluster.xlsx')

# Save TF-IDF sparse and vocab
sparse.save_npz(f'{OUT_PREFIX}_tfidf_sparse.npz', final_X_tfidf)
pd.DataFrame({'term': final_terms}).to_csv(f'{OUT_PREFIX}_tfidf_vocab.csv', index=False)
print("Saved TF-IDF sparse and vocab")

# Save SVD reduced
np.save(f'{OUT_PREFIX}_svd.npy', final_Xr)
print("Saved SVD reduced matrix")

# Save metrics summary and all per-K results for best param set
with open(f'{OUT_PREFIX}_metrics.txt', 'w', encoding='utf-8') as fh:
    fh.write("Clustering summary for input: " + INPUT_FILE + "\n\n")
    fh.write("Param sets tried:\n")
    for p in param_summaries:
        fh.write(f"max_features={p['max_features']}, max_df={p['max_df']}, min_df={p['min_df']}, svd_components={p['svd_components']},
chosen_k={p['chosen_k']}, silhouette={p['chosen_silhouette']}, db={p['chosen_db']}, sse={p['chosen_sse']}\n")
    fh.write("\nBest param set:\n")
    fh.write(f"max_features={best_param['max_features']}, max_df={best_param['max_df']}, min_df={best_param['min_df']},
svd_components={best_param['svd_components']}, chosen_k={best_param['chosen_k']}, silhouette={best_param['chosen_silhouette']},
db={best_param['chosen_db']}, sse={best_param['chosen_sse']}\n")
    print("Saved metrics summary to:", f'{OUT_PREFIX}_metrics.txt')

# Save per-K metrics for the best param set as Excel
best_k_results = best_param['k_results']
df_k = pd.DataFrame(best_k_results)
df_k.to_excel(f'{OUT_PREFIX}_perK_metrics_best_config.xlsx', index=False)
print("Saved per-K metrics for best config to:", f'{OUT_PREFIX}_perK_metrics_best_config.xlsx')

# Plots: SSE (elbow), Silhouette, DB with annotated best K
Ks_plot = [r['k'] for r in best_k_results]
sse_plot = [r['sse'] for r in best_k_results]
sil_plot = [r['silhouette'] for r in best_k_results]
db_plot = [r['db'] for r in best_k_results]

# SSE plot with annotation

```

```

plt.figure(figsize=(8,5))
plt.plot(Ks_plot, sse_plot, marker='o')
best_k_val = best_param['chosen_k']
best_idx = Ks_plot.index(best_k_val) if best_k_val in Ks_plot else None
if best_idx is not None:
    plt.scatter([best_k_val], [sse_plot[best_idx]], s=80, marker='X')
    plt.annotate(f"best K={best_k_val}\nSSE={sse_plot[best_idx]:.1f}", xy=(best_k_val, sse_plot[best_idx]), xytext=(best_k_val,
sse_plot[best_idx]*1.02), arrowprops=dict(arrowstyle="->"))
plt.xlabel('K')
plt.ylabel('SSE (inertia)')
plt.title(f'{OUT_PREFIX} Elbow plot (SSE vs K) - best config')
plt.grid(True)
plt.savefig(f'{OUT_PREFIX}_elbow.png', bbox_inches='tight', dpi=150)
plt.close()

# Silhouette plot
plt.figure(figsize=(8,5))
plt.plot(Ks_plot, sil_plot, marker='o')
if best_idx is not None:
    plt.scatter([best_k_val], [sil_plot[best_idx]], s=80, marker='X')
    plt.annotate(f"best K={best_k_val}\nSil={sil_plot[best_idx]:.3f}", xy=(best_k_val, sil_plot[best_idx]), xytext=(best_k_val,
(sil_plot[best_idx] if not np.isnan(sil_plot[best_idx]) else 0)+0.02), arrowprops=dict(arrowstyle="->"))
plt.xlabel('K')
plt.ylabel('Silhouette score')
plt.title(f'{OUT_PREFIX} Silhouette vs K - best config')
plt.grid(True)
plt.savefig(f'{OUT_PREFIX}_silhouette_k.png', bbox_inches='tight', dpi=150)
plt.close()

# Davies-Bouldin plot
plt.figure(figsize=(8,5))
plt.plot(Ks_plot, db_plot, marker='o')
if best_idx is not None:
    plt.scatter([best_k_val], [db_plot[best_idx]], s=80, marker='X')
    plt.annotate(f"best K={best_k_val}\nDB={db_plot[best_idx]:.3f}", xy=(best_k_val, db_plot[best_idx]), xytext=(best_k_val,
db_plot[best_idx]*1.05), arrowprops=dict(arrowstyle="->"))
plt.xlabel('K')
plt.ylabel('Davies-Bouldin score')
plt.title(f'{OUT_PREFIX} Davies-Bouldin vs K - best config')
plt.grid(True)
plt.savefig(f'{OUT_PREFIX}_db_k.png', bbox_inches='tight', dpi=150)
plt.close()

print("Saved plots: ", f'{OUT_PREFIX}_elbow.png, {OUT_PREFIX}_silhouette_k.png, {OUT_PREFIX}_db_k.png')

print("\nDone. Review files with prefix:", OUT_PREFIX)

if name == 'main': main()

```