

Зээгийн бал чулууны ордын геологи, геотехникийн судалгаа

Б.Тамир¹, С.Алтансүх², Л.Оюунжаргал^{1*}, Б.Бат¹, Г.Сүхбат¹, Т.Мөнгөнбаатар²

¹ МУИС, Шинжлэх Ухааны Сургууль, Геологи, геофизикийн тэнхим,

² Оюутолгой ХХК

Abstract

Geotechnical surveys are conducted to determine the stability of future mine walls, structural geology, and production resource estimates. This research work included measurements of the structure of fractures and fissures developed in the ore and host rocks throughout the deposit, geotechnical recordings of the surface exposures of the ore bodies and cores of drill holes, and calculations of the results.

The geo-environmental conditions of the Zeegt graphite deposit are that most of the limestone and ore deposits of the Neoproterozoic Zeeg Formation are located horizontally within the calcified shale layer. The average graphite grade of the deposit is 4.78% and consists of four layers. The deepest drilled hole is 130 m, and the depth of any future open pit mining will be limited by the depth of this hole. Rocscience Slide-2, Dips, and Rocdata programs were used to conduct the geotechnical study, and the RMR of the mine wall of the Zeegt graphite deposit was estimated to be 44.56.

***Corresponding author:** L.Oyunjargal
oyunjargal@num.edu.mn

Keywords: Geology, faults, fractures, geotechnics.

1. Орд, дүүргийн геологийн судалгааны түүх

Өмнөх геологийн судалгааг 2 үе шатанд хувааж болно:

Эхний үе шат нь өнгөрсөн XIX зууны төгсгөлөөс XX зууны 1970 он хүртэлх. Тухайлбал В.И. Чайковский нар 1937 онд судалгааны талбайн зүүн урд талд 1:200 000-ны масштабтай геологийн зураг зохиох ажлаар давхарга зүйн анхны ангилалыг хийхдээ шохойн чулууны үе агуулсан элсэн чулуу, занараас бүрдэх граувакийн хэвшлийн хурдсыг хамгийн эртнийх гэж үзээд насыг карбон-пермь гэж таамаглаж байжээ. Үүний дараа В.И.Браташ, И.В.Чернышев нар, 1954 онд Чойрын хотгорт гүйцэтгэсэн 1:200 000-ны масштабтай геологийн зураглалын ажлаар тус дүүрэгт давхарга зүйн хувьд палеозойн насанд хамруулсан хурдас хуримтлалыг дотор нь ангилж карбон, пермийн насанд хамруулсан

бол мезозойн насанд ялган зурагласан хурдас хуримтлалыг юра, цэрдийн насанд ангилсан байдаг.

Хоёр дах үе шатанд XX зууны 1970 оноос өнөөг хүртэлх судалгааны ажлууд хамрагдах ба үүнд: Л.Гомбосүрэн нар, 1970 онд судалгааны талбайг бүрэн хамарсан 1:200 000-ны масштабтай геологийн эрэл-зураглалын ажил явуулж давхарга зүйн хувьд доод-дунд, дээд протерозойн метаморф, терриген, карбонатлаг чулуулаг, дунд мезозойн хурдсыг доод цэрдийн Зүүнбаян, Цагаанцавын формацад ангилж Зүүнбаянгийн формацыг дээд-дэд, дунд-дэд, доод-дэд зузаалгуудад ялгажээ. Мезозойн хурдас хуримтлал дундаас ургамал, амьтны үлдэгдэл олж насыг нь палеонтологийн аргаар тодорхойлон ангилжээ. Интрузив чулуулгийг доод палеозойн (гнейслэг төрхтэй гранит), дээд палеозойн (дунд том мөхлөгт, ховроор порфирлог биотит-эвэр

хуурмагтай сиенит-диорит, граносиенит, кварцтай сиенит) насанд хамааруулан тодорхойлсон.

Г.Бөмбөрөө нар, 1990 онд 1:200 000-ны масштабтай геологийн бүлэгчилсэн зураглалын ажлаар давхаргазүйн хувьд протерозойн насанд 2 формац, палеозойн насанд 1 формац, мезозойн насанд 6 формац, кайнозойн насанд 2 ангилагдаагүй хурдас болон дөрөвдөгчийн сэвсгэр хурдасуудыг ангилсан ба интрузив чулуулгийг протерозой (гранит гнейс, лейкогранит), түрүү кембрийн (интрузив чулуулгийг 4 фазад ялгаж), кембрийн (габбро), дунд карбон (гранитоид) насанд ангилан ашигт малтмалын хувьд хайлуур жонш, гипс, манган болон ховор, холимог металлын олон илрэл тогтоожээ.

Ж.Банзрагч нар, (1993) Дундговь аймгийн Өндөршил, Баянжаргалан сумын нутагт Төв Монголын атираат тогтолцооны Дундговийн өргөгдлийн хэмжээнд эртний (PR-R) хувирмал-терриген, карбонат чулуулгийн хөгжлийн зүй тогтлыг тогтоох, зүсэлт хийх, тэдгээрт агуулагдах фосфорын агууламж хэмжээг болон үнэлэмжийг тогтоох зорилгоор сэдэвчилсэн судалгаа (дээжлэлт)-ны ажлыг гүйцэтгэсэн байна.

Сүүлийн жилүүдэд (2016, 2023) геологич Б.Тамир, Б.Наранбаатар нар, 1:10000-ны масштабтай эрэл-зураглалын ажлыг гүйцэтгэн талбайн хэмжээнд NP_1 настай Зээг формац, Оорцог формацын чулуулаг, Өндөршил бүрдлийн интрузив чулуулгийн хил зааг, структур, литологи харьцааг зураглаж балжсан занарын ордыг ашиглалтад бэлдсэн байна.

2. Зээгт ордын гео орчны нөхцөл, геологийн тогтоц

Судалгааны талбай нь газарзүйн хувьд Бага Баян уулын арын хөндий орчмын нутагт хамаарах ба ухаа гүвээт тэгш талархаг

гадаргуутай бөгөөд толгод ухаа гүвээ нь мөлгөрдүү оройтой рельефтэй. Талбайн хэмжээнд хамгийн өндөр цэг нь далайн түвшинээс дээш 1307.1 м өргөгдсөн Бага Баян уул, хамгийн намхан цэг нь 1039.6 м байрших Эсгэлэнгийн улаан тойром /ордоос зүүн зүгт/ болно. Дээрх бэсрэг уулс нь голчлон шохойн чулуунаас тогтох бөгөөд орой нь тэгш хавтгай, бөмбөгөр хэлбэртэй хажуу нь элэгдэж хадан гарш, мөрөгцөг үүсгэх нь элбэг. Өндөрлөгүүдийн хажуу бэлээр хадан гарш муутай тэгш толгод гадаргат өндөрлөг үргэлжилнэ. Гадаргуугийн ийм орчинд элэгдэл, идэгдлийн үйл ажиллагаа сул явагдаж усан сүлжээ муу хөгжсөн, бэсрэг уулсаас эх авсан хуурай сайрууд нь хэрчигдэл багатай, хэдэн зуун метрээс хэдэн км үргэлжилж хоолой хөндийн тэгш гадаргад шилжинэ. Хуурай гол сайрын өргөн хэдэн арван метр, заримдаа 100 м хүрэх ба голын дэнж муу хөгжсөн. Нам дор газраа ухаа гүвээ томоохон талбайг эзэлж тогтох ба тэдгээрээс заримыг дурьдвал Бөхөтийн, Шуургантын, Овоотын г.м. болно. Зарим хэсэгт хуурай сайр нь уужирч хоолой хөндий үүсгэнэ. (Долоодын хөх ам, Будагт хоолой, Үүдийн өндөр хоолой г.м.).

Цаг, уурын орчин нөхцөл эх газрын эрс тэс уур амьсгалын бүсэд хамаарах бөгөөд ургамал болоод шавьж, амьтан, жигүүртний биологийн олон төрөл элбэг тархсан ба дэд бүтцийн хөгжил сайн. Бүс нутгийн хэмжээнд малчдын эрхлэх бэлчээрийн мал аж ахуй зонхилно.

Судалгааны талбайд Зээг формац нь неопротерозойн настай шохойн чулуу, занар өргөн тархах ба нийцлэг байрласан сулавтар грейзенжсэн доод кембрийн настай Өндөршил бүрдлийн гранитуудтай хиллэнэ. Судалгааны талбайд региональ геологийн хувьд тус протерозойн настай терриген карбонат Зээг болон Оорцог формацын чулуулагтай Өндөршил, Нарийнхар, Баянжаргалан зэрэг

бүрдлүүд болон Багабаян, Анухай, Цагаанцав гэх формацуудаар хүрээлэгдэнэ.

Судалгааны талбайд тархсан хурдас хуримтлал, чулуулгуудыг шинж төрх бүтэц найрлагаар нь ангилж неопротерозойн (Зээг формац, Оорцог формац) формац, плейстоцен-голоцен, дөрөвдөгчийн сэвсгэр хурдас, интрузив бүрдлүүдийг тодорхойлсон:

Неопротерозойн Зээг формац (NP_{2g})

формацын хурдсууд Зээгийн бал чулууны ордын талбайн хойд, зүүн хойд, төв, урд хэсгээр тархаж, бусад формацын хувирмал чулуулгийг бодвол нилээд өргөн тархсан байна. Зээг формацын хурдас чулуулаг нь гадаргууд бага зэргийн хэрчигдэлтэй үндсэн гарш сайн илэрсэн толгодлог рельефийг голчлон үүсгэх ба шохойнчулуу, гантиг нь заримдаа хөндийн хэсгүүдэд тэгш гадаргуу үүсгэнэ.

Харин занарлаг хурдсууд нь элэгдлийн үйл ажиллагаанд хүчтэй орж ерөнхийдөө хотгор

рельефийг үүсгэнэ. Шохойлог хурдастай хам нөхцөлд занарлаг хурдас нь толгод хажуу бэлээр цухуйц байдлаар илэрдэг.

Балжсан шохойлог-занарлаг хурдас нь дээшээ Борхуц формацын хурдаст аажим шилжинэ.

Зээг формац нь балжсан цагаан цайвар дунд том талстлаг гантиг, гантигжсан шохойжин, доломит, балжсан янз бүрийн найрлагат занар, багаар кварцит зэргээс тус тус тогтоно.

Геологийн тулгуур зүсэлтцүд: Өмнөх судлаачид олон зүсэлтүүдийг хийсэн байдаг. Хамарцагаан Жаргалан уулын орчимд хийгдсэн зүсэлт голчлон гантигжсан, доломитжсон, балжсан шохойжин, балжсан занарын нимгэн үеэс бүрдэнэ. Литологийн үүссэн дэс дараалал, бүтэц бүрэлдхүүн, найрлагыг харахад дараах шинж төрхтэй байна. (Зээгийн хэц уулнаас хойш 3,5 км-т Б.Дамдинжав нарын хийсэн зүсэлтийг доороос нь дээш харуулав. Зүсэлт А.):

1. Хар бараан өнгийн цахиуржсан карбонатлаг занарын линзагуулсан, цоохор, хөх цоохор, цайвар хөх өнгө салаавчилсан үеллэгдүү сахар маягийн текстуртэй дунд ширхэгт, гантигжсан шохойч улуу.....250 м
2. Балжсан занарын нимгэн үеүд агуулсан (5-10 м) хар хөх өнгийн хуудаслаг хавтгай хэсэгшилтэй кварцтай-занар. Дээд хэсэгтээ гантигжсан шохойнчулууны үе агуулна 200 м
3. Микро атираажилттай хавтанлаг шохойнчулууны үе агуулсан балжсан мусковит-кварцтай занар125 м

Зүсэлтийн зузаан 575 м

Хөх тээгээс баруун урагш 1.2 км-т буюу Хөх овоот худгийн зүүн хойт бэлд (Б.Дамдинжав

нарын хийсэн зүсэлтэнд нилээд тасалдалттай дараах зүсэлт ажиглагдана. Зураг 1. (Зүсэлт В.)

1. Хөх саарал өнгийн заримдаа шаргал, ягаавтар туяатай гантигжсан шохойнчулуу85 м
2. Ногоон саарал өнгийн үеллэгдүү бага зэрэг балжсан кварц-мусковиттой занар.....90 м
3. Хөх саарал өнгийн бага зэргийн үеллэгдүү, кварц, кальцитийн судлаар хэрчигдсэн балжсан шохойнчулуу 3 м

4. Үнсэн саарал, цайвар ягаавтар туяатай шохойнчулуу агуулсан хар хөх өнгийн үелэгдүү кварцит73 м

Зүсэлтийн зузаан 251 м

Зүсэлтээс харахад 4-р үе нь балжсан шохойн чулуу дээр нийцлэгдүү байдлаар хэвтээдүү байрласан Оорцог формацын хурдсын доод хэсэг байж болох юм.

Зээг формацын хурдас чулуулгийн зүсэлтээс харахад талбайн баруун, баруун урд хэсэгт карбонатлаг чулуулаг давамгайлсан, зүүн

хойт хэсэгт карбонатлаг-метаморф хурдас үелэн тогтсон онцлогтой байна. Г.Бөмбөрөө нарын хийсэн зүсэлттэй Б.Дамдинжав нарын зүсэлтийг харьцуулахад зүсэлтүүд нь доод-дунд протерозойн дунд хэсэгт хамаарахаар байна. Зураг 1. (Зүсэлт С.)

1. Хөх саарал, үнсэн саарал өнгийн шохойнчулууны мэшил, нарийн үе агуулсан 1-2 м
2. хар хөх, хөх саарал өнгийн мусковит, плагиоклаз-кварцын 100 м
3. Ягаавтар саарал өнгийн дунд ширхэгт шохойнчулуу 75 м
4. Хар саарал өнгийн толболог плагиоклаз-мусковит-кварцын занар 15 м
5. Цайвар цагаан өнгийн хавтгай үелэг балжсан гантиг 25 м
6. Хөх саарал өнгийн микроатираажил бүхий занарлаг кварцит 25 м
7. Хар хөх өнгийн хавтгай үелэг микроатираажилд хүчтэй орж нумарсан кварц-серицитийн занар 30 м

Зүсэлтийн зузаан 270 м

Зээг формацын хурдсын нийт зузаан нь >640 м байна (Зураг 2). Б.Дамдинжав нарын тодорхойлсоноор Зээг формацын петрографийн онцлог шинжийг товч авч үзвэл:

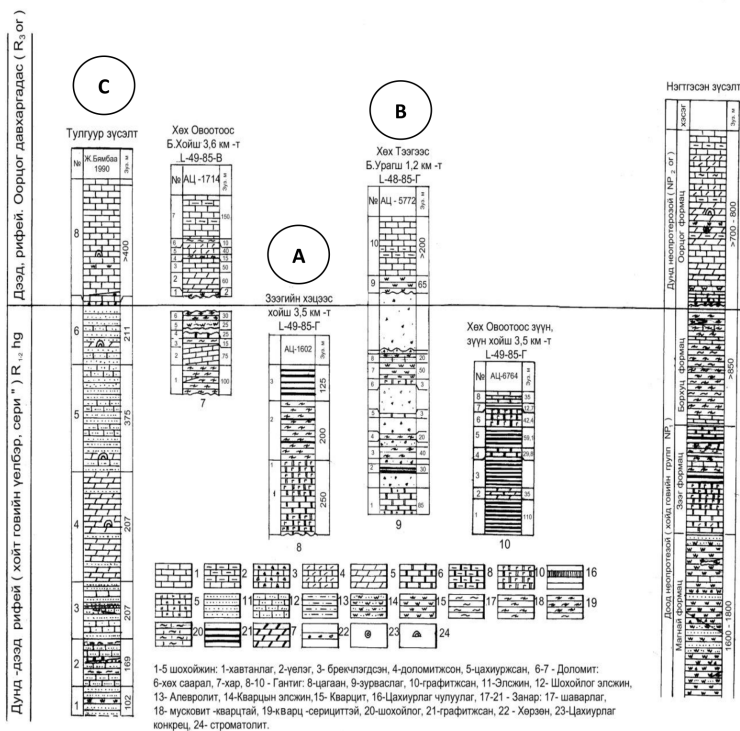
Шохойнчулуу: гранобласт структур, цул текстуртэй. Чулуулаг нь изометрлэг хэлбэртэй, жигд биш зах хүрээтэй мөхлөгүүдээс (0.2-3.2 мм) дагнан тогтсон цулаас бүрдэнэ. Эдгээр цул дунд кварцын мөхлөгүүд ховроор тохиолддог бөгөөд заримдаа ганц хоёроороо нийлсэн үүр маягийн бөөгнөрлийг үзүүлнэ. Том ширхэгт карбонатын мөхлөгүүд нь зурваслаг, линзлэг байдалтай ялгаралыг үзүүлж хөгжсөн байна. Үүнээс харахад сүүлд үүссэн хоёрдогч гаралтайг харуулж байна.

Чулуулгийн бичил судланцаруудыг дагаж хүдрийн тоосонцор агрегатууд болон төмрийн

усан исэл хөгжсөн байна. Зарим шлифэнд нарийн ширхэгт шохойнчулуу нь бага зэрэг эвдрэл хагаралд орж янз бүрийн хэмжээтэй өнцгөрхөг хэсгүүдэд хуваагджээ. Эдгээр янз бүрийн хэмжээтэй хэсгүүдийн хооронд үүссэн зай, ан цаваар дахин талсжсан том ширхэгт (0.1-0.8 мм) кальцитийн агрегат үүссэн байна.

Кварцит: нь лепидогранобласт структур, үелэг текстуртэй. Чулуулаг нь 0.06-0.2 мм хэмжээтэй кварцын (85-90%) мөхлөгүүдээс зонхилж бүрдсэн байх бөгөөд мусковит (5-10%)-ийн бичил хайрсууд бага зэргийн хольц байдлаар оролцожээ. Кварцын гранобласт мөхлөгүүд нь бие биетэйгээ шахан байрласан цул массыг бүрдүүлнэ. Мусковитийн бичил хайрсууд нь харьцангуйгаар нэг зүгт чиглэн байршиж занарлаг текстурьг үзүүлдэг. Текстурын дагууд хүдрийн эрдсийн тоосонцор агрегатууд жигд

Неопротерозойн хурдасны зүсэлтийн харьцуулалт



Зураг 1. Неопротерозойн хурдсын харьцуулсан зүсэлтүүд

бишээр тархан хөгжсөн байна. Мөн чулуулгийг зүсч гарсан судланцаруудыг ($m=0.4-1.4$ мм) үүсгэж сүүлд үүссэн эпигенетик мөхлөгүүд хөгжжээ. Турмалины жижиг мөхлөгүүд жигд биш тархсан байна.

Зээг формацын занарлаг хурдастай холбоотой балчулууны хүдэржилт үүсэх бөгөөд геохимийн анхдагч сарнилаар мөнгөний сарнилын хүрээ (0.000015%) цахиурлаг карбонатлаг хурдаст илэрдэг онцлогтой.

Чулуулаг нь харилцан бие биендээ нягт байршин цул массыг үүсгэсэн кварцын 0,5 мм-ээс 3,0 мм-ийн хэмжээтэй зөв бус, хааяа сунасандуу зуйван хэлбэртэй мөхлөгүүдээс тогтжээ.

Элсэнчулуу: Чулуулаг нь хэмхдэс (80-85%) ба цементээс (15-20%) тогтжээ Хэмхдэсүүдийн ялгаралт дунд зэрэг, мөлгөржилт сайн зэрэгтэй

байна. Хэмхдэсүүдээс 0,02 мм-ээс 0,4 мм-ийн хэмжээтэй кварцын хэмхдэсүүд изометрлэг, зуйвандуу хэлбэртэйгээр тогтоогдлоо.

Гантиг: нь гранобласт структур, цул текстуртай. Чулуулгийг 1.1-3.2 мм хэмжээтэй изометрлэг зуувандуу кальцитийн (100%) мөхлөг бүрдүүлнэ. Найрлагыг тодорхойлох зорилгоор будагч уусмалаар үйлчлэхэд улаан ягаан өнгөөр будагдаж кальцитийн найрлагатай болохыг тогтоосон. Чулуулгийн бичил ан цавуудыг даган хүдрийн тоосонцор агрегатууд болон ховроор төмрийн усан исэл хөгжсөн байна. Кальцитийн ширхэгийн хэмжээ чулуулаг бүрт харилцан адилгүй 2.1-6.3 мм хүртэл хэмжээтэй талстлаг байдал ажиглагдана.

Мусковит-кварцын занар: нь лепидогранобласт структур, толболог, занарлаг текстуртай. Чулуулаг нь 0.06-0.2 мм хэмжээ бүхий



Зураг 2. Зээг формацийн хөх саарал, саарал өнгөтэй, цул болон үеллэг шохойнчулуу

кварцын (60-70%) гранобласт зөв бус изометрлэг, харьцангуйгаар нэг зүгт чиглэн тогтсон мөхлөгүүдээс ихэвчлэн бүрдсэн байх ба мусковит, серицит, балчулууны агрегатууд жигд бишээр тархан байршсан байна. Кварцын гранобласт мөхлөгүүд нь бие биетэйгээ бөөнөөрөө зэрэгцэн байршсан байна. Тэдгээрийн фон дээгүүр нь нэг зүгт чиглэн байршсан мусковит, балчулууны хайрсууд болон хүдрийн эрдсийн тоосонцор агрегатууд хөгжсөн байна. Хүдрийн эрдсийн агрегатууд нь занаршилтын дагуу нарийн зурваслаг ялгарлуудыг үзүүлж хөгжжээ. Чулуулгийг зүсч гарсан бичил судландаруудыг дүүргэж сүүлд үүссэн кварцын 0.1-0.3 мм хэмжээтэй мөхлөгүүд хөгжсөн байна. Серицитийн агрегатууд нь нэг төвөөс цацарсан сферолитлэг ургалтуудыг үзүүлж толболог байдлаар тохиолдоно.

Неопротерозойн Оорцог формац (NP_{2or}).

Энэ хурдсыг анх Л.В.Заботкин нарын 1982 онд Өмнөд ба Төв Монголд хийсэн ангиллыг иш үндэс болгон литологи-петрографийн онцлог шинжээр нь доод ба дээд гэсэн хоёр мэмбэрт ангилсны зэрэгцээ дээрх хоёрын алинд ч үл хамаарах гантигжсан шохойнчулуу, гантигийг Оорцог формацийн ялгагдаагүй хурдас гэж тусад нь ялгасан байдаг ба зүүн урд хэсгээр Оорцог формацийн хувирмал чулуулаг тархсан байна. Уг формац хувиралд орсон нийлмэл атираажилттай гантигжсан, доломитжсон шохойнчулуу, гантиг, доломит, кварц-биотит-серицит, биотит-серицит-кварцтай болон серицит-кварц-кальциттай /шохойлог/ занар, кварцтай хувирмал элсэнчулуу зэргээс бүрддэг. Агуулагч чулуулагтайгаа ихэвчлэн тектоникийн хагарлаар зааглагдах

ба интрузив чулуулагтай хиллэсэн хэсгээрээ скарнжих,роговикжих хувиралд орсон байна.

Мезопротерозойн Магнай формацыг үл нийцлэгээр хучиж, пермь-сизуралын Бүрэнцогт формацаар нийцлэг хучигддаг. Агуулагч чулуулагтайгаа ихэвчлэн тектоникийн хагарлаар зааглагдах ба интрузив чулуулагтай хиллэдэг, тектоник хагарлын нөлөөгөөр олон жижиг блокуудад хуваагдсан төрөл бүрийн чулуулгийн ксенолит биетийг агуулсан бөгөөд хагарал ан цавын нөлөөгөөр эвэр хуурмагжих, скарнжих, гнейслэг болон амфиболитжих хувиралд орсон, ан цавыг дагасан бага температурын кварцын судланцаруудаар зүсэгдэж тэдгээрт хайлуур жонш, алт, мөнгө, сурьмагийн хүдэржилт, эрдэсжилт үүссэн байдаг онцлогтой.

Плейстоцен-голоцены хурдас (dpQ_2). Судалгааны талбайд дөрөвдөгчийн хурдсаас хамгийн өргөн тархалттай нь делюви, делюви-пролюви,пролювийн гаралтай хурдас юм.

Делювийн хурдас нь ихэвчлэн уулархаг гадаргын хажуу бэл орчмоор тархалттай бөгөөд янз бүрийн хэмжээтэй хэмхдэс, ихэвчлэн муугаас дунд зэргийн мөлгөржилттэй, жигд бус хэмжээтэй хайрга, дайрга, үйрмэгтэй элсэнцэр, элснээс тогтоно. Орчны хурдас чулуулгийн литологийн найрлага,өнгөнөөс хамаарч янз бүрийн бор саарал, бор шаргал, заримдаа улаавтар шаргал өнгөтэй байдаг.

Уулын хажуу бэл хормойн хэсэгт хуримтлагдсан делюв-пролювийн гаралтай хурдас нь цөөн тооны бул чулуу бүхий дундаас сайн мөлгөржилттэй, голчлон дунд ба жижиг хайрга, бага зэргийн хэмхдэстэй шавранцар, элсэнцэр, элс, дайрга, үйрмэгээс тогтдог. Пролувийн гаралтай хурдас нь ихэвчлэн уулархаг гадаргуугийн хормойн хэсэгт хуримтлагдсан байх бөгөөд цөөн тооны бул чулуу, муу болон дунд зэргийн мөлгөржилттэй, янз бүрийн хэмжээтэй хайрга, дайрга, үйрмэг бүхий шавранцар, элсэнцэр, элснээс бүтсэн байдаг.

Голоцены хурдас (pQ_1). Энэхүү хурдас нь судалгааны талбайд хамгийн бага тархалттай бөгөөд уг хурдас тархсан талбай нь гипсометрийн хамгийн доод түвшинд байрлана. Дээрх хурдсыг гарал үүслийн хувьд пролювийн, гол-нуурын, нуурын болон сэвсүүл гэсэн төрлүүдэд хувааж байна. Энэ хурдас нь агаарын гэрэл зурагт бараавтар болон бараан саарал зэрэг янз бүрийн өнгөөр ялгагдах ба голын гаралтай хурдас нь нарийнхан тахиралдсан болон салбарласан, модны мөчир шиг цайвар цагаан өнгийн гэгээлгээр, нуурынх нь зууван, дугуйвтар, хайрslag, толбо маягийн, сэвсүүл нь цайвар өнгөөр тус тус ялгагдана.

Пролувийн хурдас нь уулархаг хэсгийн бэл хормой,уулс хоорондын жижиг хонхор хотсуудад хуримтлагдсан байдаг. Нуур-голын хурдас нь завсрын шинж чанартай хурдас бөгөөд томоохон хөндийн ёроол буюу аллюви-пролювийн хурдас тархсан хөндийн хамгийн доод түвшинд байрлана.

Голын гаралтай хурдас нь бага тархалттай бөгөөд сайтар мөлгөржсөн жижиг хайрга, хайрганцар, бага зэргийн хэмхдэс материалын хольц бүхий элс шавар, элсэнцэр, шавранцар, үйрмэгээс бүрдэнэ. Хурдсын өнгө нь улаавтар шаргал, бор шаргал, цайвар шаргал байна. Уг хурдас нь заримдаа цөөн тооны бул чулуу агуулдаг. Орчин үеийн хурдсын зузаан нь 2-5 м.

Интрузив чулуулаг: Судалгааны талбай түүний орчимд геологийн хөгжлийн урт удаан хугацааны тектоник-магмын олон удаагийн идэвхжлийн ажиллагаатай холбогдон янз бүрийн нас найрлага, гарал үүслийн гүний түрмэл, субвулкан чулуулаг үүсэж, нийт 430 кв.км эзлэн тархсан байна (Зураг 3).

Гүний чулуулгууд нь гадаргуугийн гарш, петрографийн онцлог, үнэмлэхүй насны тодорхойлолт, петрохимийн найрлагаараа бие, биенээсээ ялгарах гурван насны түрмэл, нэг насны субвулкан бүрдэлд ангилагддаг байна.

Үүнд:

1. Түрүү кембрийн Өндөршил бүрдэл
2. Хожуу карбоны Нарийнхар бүрдэл
3. Хожуу карбоны субвулкан Нарийнхар бүрдэл
4. Дунд пермийн Баянжаргалан бүрдэл

Түрүү кембрийн Өндөршил бүрдэл ($\gamma_2 E_1$). Энэ интрузив чулуулаг нь судалгааны талбайн бүх хавтгайд хөгжиж Холбоо Уулын ар, баруун хажуу, Хөтөл Овоотын зүүн хойд тал, Муу Улаан Овоо, Харуут Овоо орчим, Өндөр шил сум, Хүрийн хөх худаг, Бударган худгийн ар, баруун, Бор-Өндрийн ар, Үзүүр цагаан толгод орчим өөр хоорондоо 10-20 км алслагдмал байрлах массивууд үүсгэж нийт 210 кв.км талбайд тархана.

Интрузив бүрдлийн чулуулаг нь неопротерозойн насны хувирмал бүрдэлтэй хагарлаар зааглах шулуун, мурийж тахирласан тэгш бус хилтэй шток маягийн биетүүдийг үүсгэнэ. Биетүүд

нь залуу интрузив биет болон хагарлуудаар зүсэгдэж, түүнчлэн залуу хурдсаар хучигдсан янз бүрийн хэлбэр, хэмжээтэйгээр илрэх ба мусковиттэй гранит, жижиг-дунд ширхэгтэй биотиттой лейкократ гранит, хоёр гялтгануурт гранит маш багаар биотиттой гранит тохиолдоно. Чулуулгийн найрлагад калийн хээрийн жонш (ортоклаз), плагиоклаз, кварц агуулагдах бөгөөд хээрийн жонш тод цайвар, шаргал туяатай цагаан өнгөтэй, кварц нь хөх саарал, хөхөлбөр өнгөтэй гинж маягийн байрлалтай, мусковит харьцангуй их агуулдаг онцлогуудаар бусад бүрдлийн гранитаас ялгарна.

Бүрдлийн чулуулаг хам гарлын найрлагаараа өргөн хэлбэлзэлтэй дэл судлын төрлийн чулуулгаар зүсэгдсэн байдаг. Түрүү кембрийн Өндөршил бүрдлийн чулуулаг тусгай массивууд болох Холбоо цагаан, Зээгийн хэц массивуудыг үүсгэдэг (Тамир, 2024).

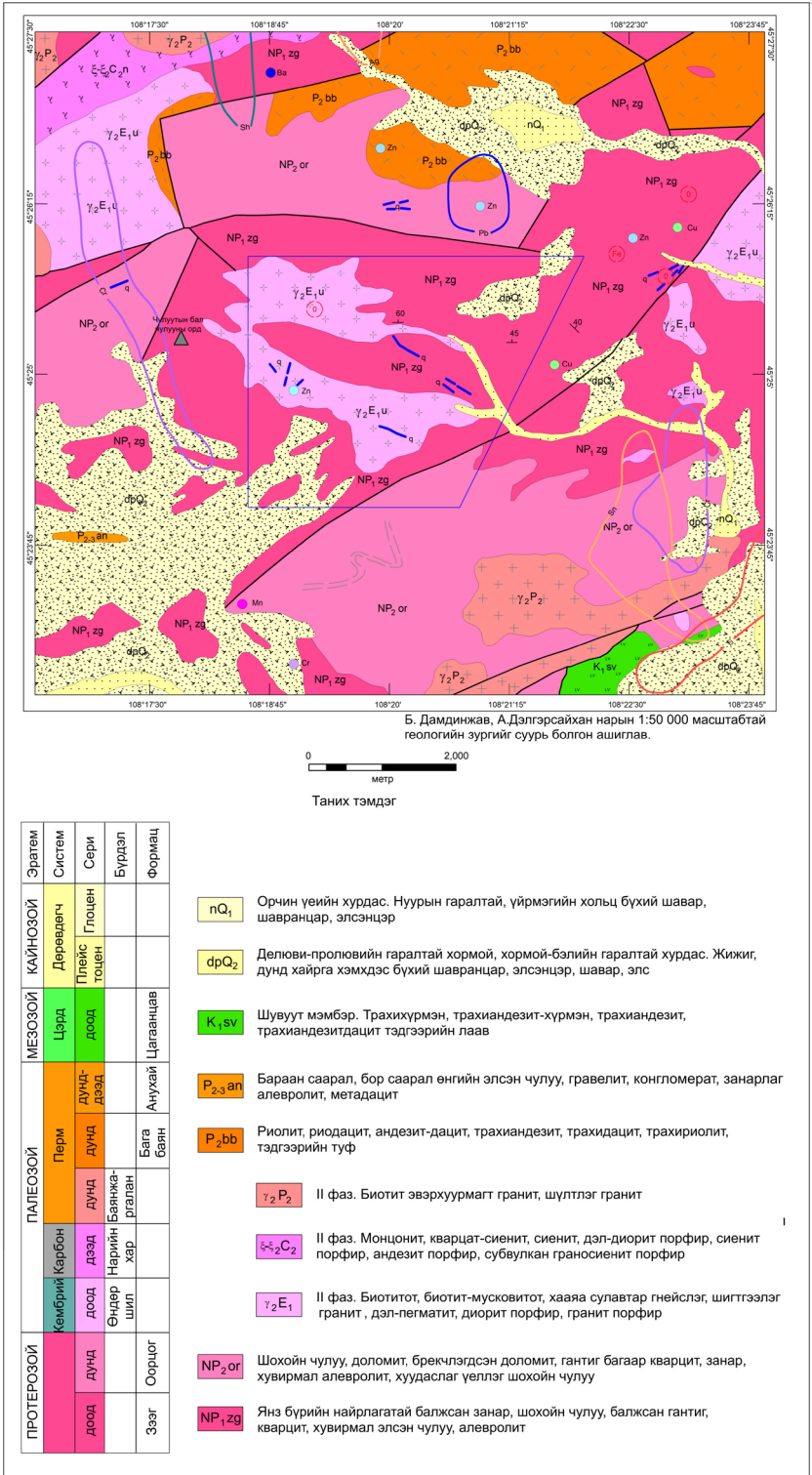
3. Геотехникийн судалгааны материал, аргазүй, үр дүн

Уг судалгааны ажил нь онол-практикт суурилсан хээрийн болон суурин судалгааны

хэсгээс бүрдэнэ. Дээжлэлтийн RQD-г дараах аргаар тооцоолов.

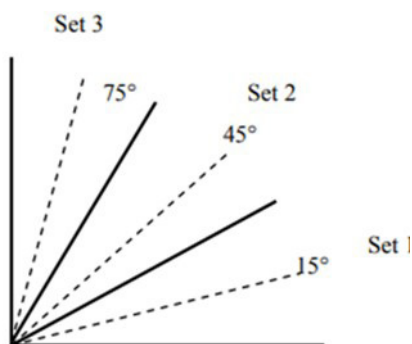
$$RQD = \frac{\sum \text{Length of core pieces} > 10 \text{ cm length}}{\text{Total length of core run}} \times 100$$

$$RQD = \frac{38 + 17 + 20 + 35}{200} \times 100 = 55 \%$$



Зураг 3. Зээгийн дүүргийн геологийн зураг

Тасалдал хоорондын зайг JS-ийн томъёогоор тооцсон.



JS Rating Formulae:

$$1 \text{ Set JS Rating} = 25 * ((26.4 * \log_{10}(sp * 100)) + 45) / 100$$

$$2 \text{ Set JS Rating} = 25 * ((25.9 * \log_{10}(sp_{\min} * 100)) + 38) / 100 * ((30 * \log_{10}(sp_{\max} * 100)) + 28) / 100$$

$$3 \text{ Set JS Rating} = 25 * ((25.9 * \log_{10}(sp_{\min} * 100)) + 30) / 100 * ((29.6 * \log_{10}(sp_{\text{int}} * 100)) + 20) / 100 * ((33.3 * \log_{10}(sp_{\max} * 100)) + 10) / 100$$

Ирээдүйн ил уурхайн хажуугийн хананы тогтворжилт, геотехникийн судалгаанд дараах ажлуудыг ашиглаж гүйцэтгэсэн. Үүнд: Уурхайн хэмжээнд хөгжсөн гадаргуугийн хагарал, ан цавуудын структурын хэмжилт, сорьцлолт, Өрмийн чөмгийн геотехникийн бичиглэл, Уулын цулын үнэлгээ, Чулуулгийн ширхэгийн бүрэлдэхүүн, физик механик шинж чанар тодорхойлох сорьцлолтын ажил, Дүүргэгч материалын шилжилтийн үеийн эсэргүүцлийн үзүүлэлтийн тооцоо, Уулын цулын бат бөхийн үзүүлэлт, шинж чанар, ангилалын тооцоо, Ил уурхайн хананы тогтворжилтын тооцоо, Уурхайн

ерөнхий хажуугийн тогтворжилтын үнэлгээний зэрэг сорьцлолт-туршилт-тооцооны ажлууд болно.

Уурхайн хэмжээнд хөгжсөн хагарал, ан цавуудын структурын хэмжилтийг хүдрийн биетийн гадаргуугийн ил гаршууд болон хайгуулын өрөмдлөгийн цооногуудад хийж хагарал, ан цавуудын байршил, чулуулгийн төрөл, унал, уналын өнцөг, ан цавуудын үргэлжлэл, хатуулаг, блокуудын хэмжээ, хувирал, ан цавуудын гадаргуугийн байдал, ус нэвчилт, параллель ан цавуудын хоорондын зай зэргийг тодорхойллоо.

Хүснэгт 1. Цооногийн геотехникийн бичиглэлийн ажлын үр дүн цооногийн дундаж үзүүлэлт (Бениавскийн ангилал RMR үзүүлэлт)

Цооногийн дугаар	Инт	Дундаж RQD (%)	Дундаж хатуулаг, Мра	Дундаж ан цавшилын тоо	Дундаж, JS	Дундаж, JC	Дундаж, RMR
ZDH-18	70.0	38.5	72.5	10.9	7.6	7.4	26.7
ZDH-21	27.0	50.0	80.0	32.0	8.0	9.9	31.5
ZDH-25	57.0	31.3	48.8	13.6	9.5	10.1	28.3
ZDH-28	57.9	41.3	74.4	11.4	9.7	8.2	29.7
ZDH-30	79.1	34.7	66.9	12.6	6.0	7.5	25.5
ZDH-31	58.0	40.4	70.0	15.5	8.8	8.2	28.4
ZDH-32	37.2	45.0	65.0	9.8	17.0	12.7	41.4
ZDH-9	61.0	35.9	58.6	3.8	6.5	6.7	23.5

Хүснэгт 2. Цооногийн геотехникийн бичиглэлийн ажлын үр дүн (чулуулгийн төрлөөр)

Литологи	Дундаж RQD (%)	Дундаж хатуулаг, Мра	Дундаж, RMR
Гранит	77	101	49
Занар	64	92	45
Хагарал	2	34	6
Шохойн чулуу	76	103	48
Элсэн чулуу	74	80	44

Өрмийн цооногуудын байршлыг сонгохдоо ил уурхайн хүрээ хязгаар болон эрэл хайгуулын өрөмдлөгийн үр дүнд тулгуурлан сонгосон ба геотехникийн бичиглэл болон хагарал, ан цавуудын структурын хэмжилтийг хийж уулын цулын үнэлгээ, RMR үнэлгээг тооцсон ба

ордод хийсэн структурын хэмжилтийн өгөгдлөөр Гудман-Брэй /Godman & Bray, 1981/ нарын стереографик проекцын арга, Роксайнс /Rocscience/ компанийн Rockdata, Slide гэх мэт программын тусламжтайгаар боловсруулалт хийв (Хүснэгт 1,2).

Хүснэгт 3. Геотехникийн өрөмдлөгийн ажлын хэмжээ болон цооногуудын байрлал

Цооногийн дугаар	East	North	Өндөршил	Гүн	Уналын өнцөг
ZDH-30	290644.6650	5033232.5190	1203.3300	79	-90
ZDH-25	290834.3690	5033343.0580	1201.2650	57	-90
ZDH-32	290634.5760	5033032.2730	1207.6770	37	-90
ZDH-21	291486.2960	5032945.1010	1198.2940	27	-90
ZDH-18	291419.0900	5033034.0560	1197.7940	70	-90
ZDH-28	290727.4200	5033029.8270	1206.7480	58	-90
ZDH-31	290639.1230	5033131.3260	1204.7970	58	-90
ZDH-9	291134.6000	5033088.6230	1201.2080	61	-90

Ордын хүдэр агуулагч чулуулаг нь риолит голлох бөгөөд багахан хэмжээгээр габбродиорит тархсан байдаг. Эдгээр чулуулгуудаас физик механик шинж чанарын үзүүлэлтийг тодорхойлох үүднээс ордыг төлөөлөхүйц сорьцууд дээр лабораторийн шинжилгээ хийлгэсэн (Хүснэгт 3). Лабораторийн

шинжилгээгээр байгалийн чийг тодорхойлох, хувийн жин, эзлэхүүн жин тодорхойлох, ширхэглэлийн бүрэлдэхүүн тодорхойлох, гидрометрийн туршилт, уян налархайн үзүүлэлт, хөрсний ангилал зэргийг тодорхойлсон. Уг шинжилгээг “ТРҮ ТИ АР СИ” ХХК-ны лаборатори”-д хийсэн (Хүснэгт 4).

Хүснэгт 4. Гурван тэнхлэгийн шахалтын бат бэхийн туршилт

Дээжийн дугаар	Хөндлөн даралт, МПа	Пауссоны харьцаа	Юнгийн модуль	Шахалтын бат бэх, МПа	Тооцоолсон босоо даралт, МПа	Чийг, %	Жин, гр	Хуурай нягт, г/см3
ZHD-18	8	0.226	31.85	139.47	57.53	0.18	1065.18	2.82
ZHD-25	8	0.226	26.95	232.86	109.63	0.11	998.08	2.57

Уурхайн газрын гадаргууд болон өрмийн цооногуудад хийсэн хэмжилтийн үр дүнгээр ан цавуудын дүүргэгч материал нь ихэвчлэн лимонит, гематит, серицит, хлорит байх бөгөөд ан цавуудын гадаргуу тэгш, долгиолог /бүрзгэр, тэгш/ бүрзгэр гадаргуутай, барьцалдах шинж

чанар дунд болох нь ан цавуудын структурн хэмжилт болон геотехникийн бичиглэлийн ажлаар тодорхойлогдсон. Дүүргэгч материалын механик шинж чанар нь барьцалдалт болон дотоод үрэлтийн өнцөг зэргээр тодорхойлогддог бөгөөд лабораторид шууд шилжилтийн үеийн

эсэргүүцлийг тогтоох шинжилгээгээр тодорхойлогддог. Мөн дүүргэгч материалын бат бэх үзүүлэлтийг Бартоны /Barton, 1974/ аргаар тодорхойлдог ба дотоод үрэлтийн өнцөг 17-31, барьцалдах үзүүлэлт нь 1.9-8.8 МПа ба чулуулгийн бат бөх, чанарын үзүүлэлтэд дэлгэрэнгүй харуулав (Хүснэгт 6.).

Бениавски /Bieniawski/-ийн ангилалд (Хүснэгт 5.) чулуулгийн хатуулаг (intact rock strength), чулуулгийн чанарын үнэлгээ (RQD rating), ан цавын хоорондын зайн үнэлгээ (Joint spacing rating), хуваагдал, бутлагдлын давтамжийн үнэлгээ (Fracture frequency rating), ан цавын нөхцөл (Joint condition) зэргийг тооцож үздэг.

Хүснэгт 5. Бениавскийн ангилал

RMR ₈₉ ангилал	Тайлбар	RMR ₈₉ утга
1 ангилал	Маш зөөлөн чулуулаг	≤ 20
2 ангилал	Зөөлөн чулуулаг	> 20 ≤ 40
3 ангилал	Бөхдүү чулуулаг	> 40 ≤ 60
4 ангилал	Бат бөх чулуулаг	> 60 ≤ 80
5 ангилал	Маш бат бөх чулуулаг	> 80 ≤ 100

Талбайн хэмжээнд хийсэн геотехникийн бичиглэлийн ажлын өгөгдлүүдийг ашиглан ордод ялгасан структурын домайн бүрд тооцсон уулын цулын бат бөхийн үзүүлэлтийн үр дүнг Бениавскийн ангиллаар уулын цулын массад тооцоолж үзэхэд дунджаар RMR-27, хагарал бутралын бүсийг хасаж тооцоход RMR-44 гарсан ба энэ нь дээрх ангиллаар ордын хэмжээнд Зөөлөн чулуулаг, хагарал бутралын бүсийг хасаж тооцоход Бөхдүү чулуулаг буюу 3 дугаар ангилалд багтаж байгаа тул ордыг зөвхөн ил аргаар ашиглах нь зохистой юм.

Судалгааны талбайд хийгдсэн геотехникийн судалгааны ажилд тулгуурлан чулуулгийн физик механик шинж чанарын үр дүнгүүдийг RocData

программыг ашиглан Hoek-Brown графикаар шугаман бус бат бөхийн үзүүлэлтийг тооцоолж гаргасан болно.

Чулуулгийн бат бөх чанар: Ордын талбайн хэмжилтээр чулуулгийн шинж чанарыг тодорхойлохын тулд GSI (Geological Strength Index), UCS (Uniaxial Compressive Strength), Mi value, D (Disturbance factor) зэрэг шинж чанарын үзүүлэлтүүдийг ашигласан бөгөөд чулуулгийн төрлөөр нь шинж чанарын дэлгэрэнгүй үзүүлэлтүүдийг графикаар (Hoek-Brown) харуулдаг ба тэдгээрийг ашиглан уурхайн хананы тогтворжилтын үнэлгээг гаргасан бөгөөд уурхайн хажуугийн үндсэн элементүүдийг тодорхойлсон.

Хүснэгт 6. Шинж чанарын үзүүлэлтүүд (чулуулгийн төрлөөр)

Литологи	Дундаж хатуулаг, Мра	GSI	Барьцалдалт, Мра	Дотоод үрэлтийн өнцөг
Гранит	101	49	8.9	32
Занар	92	45	1.9	17.4
Шохойн чулуу	103	48	5.6	21.3
Элсэн чулуу	80	44	2.7	24.4

4. Хэлэлцүүлэг

Тус орд дээр 2016-2023 ондуудад хайгуулын ажил хийх явцад 15 хайгуулын шугамын дагуу 48-120 м-ийн урттай 25 суваг малтаж, 39-189.5 м-ийн гүнтэй 48 цооног өрөмдсөн ба графитын хүдэржилт бүхий үеүд тогтоогдсон. Графит агуулсан үеүд нь ихэнх тохиолдолд занар, цөөн тохиолдолд гнейс болон шохойн чулууны үеүдээр (тод хил заагтайгаар) тусгаарлагдсан байдаг. Балжсан занар нь харилцан нийцлэгээр байрласан 4-н давхраас үе тогтоогдсон. Үеүд дахь цэвэр графитын агуулга ерөнхийдөө 1.24-16.90%-ийн хэлбэлзэж жигд тархалттай. Эдгээр үеүдээс нөөцийн жишиг үзүүлэлтийн шаардлага хангасан 4 үеийн хэмжээнд нөөцийн тооцоо хийгдсэн байна.

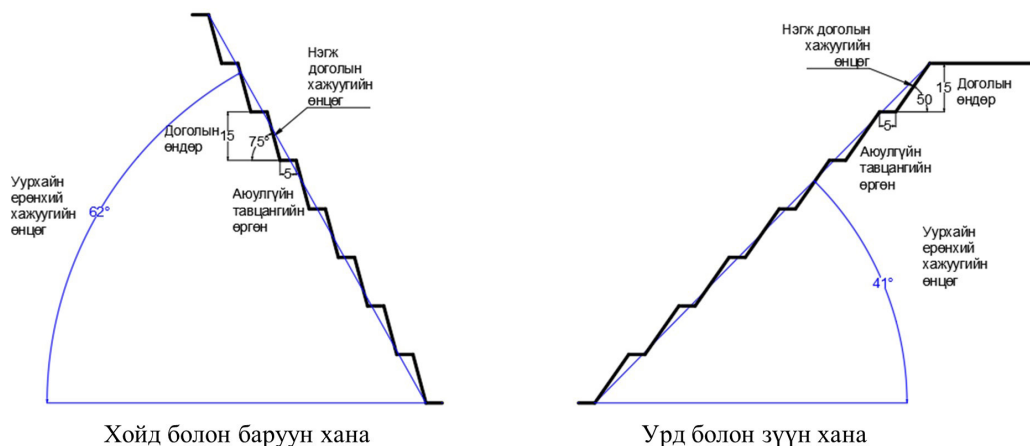
Уурхайн хананы тогтворжилтын үнэлгээг ордын геологийн тогтоц ялангуяа структур геологийн нөхцөл (хагарал-ан цавуудын үзүүлэлтүүд, унал, уналын чиглэл), ордын гидрогеологийн нөхцөл, чулуулгийн физик механик шинж чанар, уулын массын бат бэхийн үзүүлэлт болон бусад параметруудээс хамааруулан тодорхойлоход уурхайн хажуугийн үндсэн элементүүдийг үзүүлэв (Хүснэгт 7, Зураг 4.).

Уурхайн хажуугийн тогтворжилтын үнэлгээг үндсэн хоёр бүлэгт хувааж үнэлсэн бөгөөд нэгж мөргөцөг болон уурхайн ерөнхий хажуугийн тогтворжилтын үнэлгээ гэж тооцлоо.

Ордын геотехникийн цооногийн бичиглэл болон Rocscience Rocdata программ хангамж дээр тооцоолж гаргасан үр дүнд тулгуурлан Слайд программ дээр үүсгэсэн геометр моделийн 2 хэмжээст загварчлалыг ашиглан ил уурхайн хажуугийн тогтворжилтын үнэлгээг хийсэн.

Судалгааны ажилд ордын талбайд үүсэх төслийн ил уурхайнууд харьцангуй бага гүнд ашиглалт явуулах, чулуулгийн нөхцөл муу, ордын хайгуулын шатны судалгаагаар тогтоогдсон хагарал, уул-техникийн хүндрэл үүсэх эрсдэл зэргийг харгалзан ил уурхайн үндсэн хэмжээсүүд, тоног төхөөрөмжүүдийн ашиглалтын параметрууд зэрэгт тулгуурлан хажуугийн тогтворжилтын үнэлгээний хувилбаруудын тооцооллыг хийлээ.

Ордод өрөмдсөн геотехникийн цооногийн литологийн бичиглэл болон Rocscience Rocdata программ хангамж дээр тооцоолж гаргасан үр дүнд тулгуурлан Слайд программ дээр үүсгэсэн



Зураг 4. Уурхайн хажуугийн үндсэн элементүүдийн схем

геометр моделийн 2 хэмжээст загварчлалыг ашиглан ил уурхайн хажуугийн тогтворжилтын үнэлгээгээр ил уурхайн хананы ерөнхий налуу хойд болон баруун хананд 62 градус, урд болон зүүн хананд 41 градус байхаар тооцож үзэхэд хажуугийн тогтворжилтын коэффициент (FOS) 1.55-2.5 гарсан. Нөлөөллийн бүсийн зай

уурхайн дээд ирмэгээс 30 метр гарсан.

Иймд ил уурхайн хажуугийн хананы налуу, доголын өндөр, нэгж доголын хананы налуу доорх хүснэгтэд харуулснаар төсөл хэрэгжүүлэгч талд санал болгох боломжтой.

Хүснэгт 7. Слайд программ дээр тооцоолсон ил уурхайн үндсэн элементүүд

Уурхай	Нэгж доголын өнцөг	Ерөнхий хажуугийн өнцөг, град	Доголын өндөр, м
Хойд	75	62	15
Зүүн	50	41	15
Урд	50	41	15
Баруун	75	62	15

Өрөмдсөн бүх цооног нь газрын доорх уст илрээгүй тул хайгуул хийсэн гүнд орд дээр гидрогеологийн хүндрэл гарахгүй. Уг ордын хүдэр нь баяжигдах шинж чанараар сайн болох нь лабораторийн технологийн туршилтаар судлагдсан ба урьдчилсан ТЭЗҮ-ийн тооцоогоор уг ордыг олборлоход эдийн засгийн хувьд ашигтай гэдэг нь тогтоогдсон байна.

Дүгнэлт

Өндөршил бүсэд тархсан Зээг болон Оорцог формацын чулуулаг нь балжсан занар, цагаан цайвар дунд том талстлаг гантиг, гантигжсан шохойнчулуу доломит, балжсан янз бүрийн найрлагат занар, багаар кварцит зэргээс тус тус тогтоно. Ордын хүдэр агуулагч чулуулаг нь хар саарал өнгийн балжсан занар. Протерзойн настай шохойнчулуу кембрийн настай гранитын нөлөөгөөр метаморфизмд орж занарт балчулуу нэвчсэн байна. Зээг формац нь Оорцог формацтай хагаралаар хиллэдэг. Зээгт формацын тархалт нь Оорцог уул, Хөх дөрвөлж, Хөх овоот, Зээгийн хэц, Бархайн хөх ам, Цагаан дөрвөлжийн толгод зэрэг бэсрэг

уулын зах хажуу, толгодлог газруудад нийт 210 кв.км талбайг хамран тархсан байна. Зээгт орд нь Төв ба Баруун гэсэн хоёр хэсгээс тогтоно. Төвийн орд суналын дагуу гадаргууд 1.2 км, өргөн нь 400 м орчим талбайд тархсан гүндээ 4-н давраас үүсгэдэг. Ордын баруун хэсэг 450 м урттай сунаж тогтсон 300 м өргөнтэй мөн адил 4-н давхраас үүсгэх ба Чулуутын балчулууны ордтой тасалдалтайгаар суналын дагуу хиллэдэг. Ордын геологийн тогтоц Төв болон Баруун хэсэгт үндсэндээ ижил балжсан занарт хүдэр нь орших ба шохойн чулуутай хиллэх хэсэгт хар бараан өнгөөр хувирсан байдаг. Балжсан занартай хиллэх хэсэгт шохойнчулуу нь 2-3 м орчим зузаантай болох нь тогтоогдсон.

Орд газарт ирээдүйд байгуулах ил уурхайн хажуугийн тогтворжилтын үнэлгээгээр хананы ерөнхий налуу хойд болон баруун хананд 62 градус, урд болон зүүн хананд 41 градус байхаар тооцож үзэхэд хажуугийн тогтворжилтын коэффициент (FOS) 1.55-2.5 гарсан. Нөлөөллийн бүсийн зай уурхайн дээд ирмэгээс 30 метр гарсан.

Орд газрын хэмжээнд гидрогеологи болон геотехникийн нөхцөлийн нарийвчилсан судалгааг уг ордын ашиглалтын явцад хийж гүйцэтгэх, мониторингийн арга, горимыг боловсруулан ажиллах нь зүйтэй юм.

Талархал

Энэхүү судалгааг ШУТС-ийн 2024-2026 онд хэрэгжүүлж буй “Өндөршилийн дүүрэгт тархсан Неопротерозойн Зээг формацын графитжилт, тархалтын зүй тогтол” сэдэвт судалгааны төслийн хүрээнд гүйцэтгэв.

Ашигласан хэвлэлийн жагсаалт

Дамдинжав, Б нар. 2002. Дундговь аймгийн Өндөршил сумын нутагт явуулсан 1:50000-ны

масштабтай геологийн зураглал, ерөнхий эрлийн ажлын тайлан 5463ф.

Гомбосүрэн, Л нар. 1970 он. Дундговь аймгийн Баянжаргалан сумын нутагт явуулсан 1:200 000-ны масштабтай геологийн зураглалын ажлын тайлан 1877ф.

Тамир, Б., Наранхүү, П., Сүхбат, Г., Халиунаа. Б. 2024. Дундговь аймгийн Өндөршил сумын нутагт орших XV-019781 тоот хайгуулын тусгай зөвшөөрөлт “Зээгт” бал чулууны ордод 2016-2023 онуудад гүйцэтгэсэн хайгуулын ажлын үр дүнгийн тайлан.

Сүхбат, Г. 2023. “Зээгтийн бал чулууны ордын геологийн тогтоц, геотехникийн судалгаа” бакалаврын судалгааны ажил.