

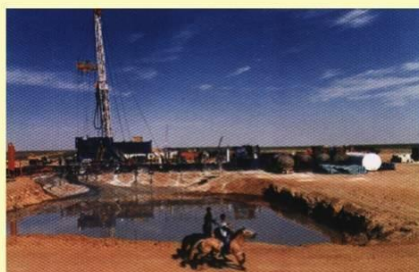


ШИНЖЛЭХ УХААН ТЕХНОЛОГИЙН ИХ СУРГУУЛЬ
ГЕОЛОГИ, УУЛ УУРХАЙН СУРГУУЛЬ
МОНГОЛ УЛСЫН ӨРӨМДЛӨГИЙН ХОЛБОО



ӨРӨМДЛӨГ DRILLING 2021

Эрдэм шинжилгээ, онол практикийн XXIII хурал
Scientific and theoretical & practical conference #23



Улаанбаатар хот
2021 он

ӨРӨМДЛӨГ-2021 (DRILLING-2021)

Эрдэм шинжилгээ, онол практикийн XXIII хурлын илтгэлүүдийн эмхэтгэл-e-version

2021 № 1/23

Жил бүр уламжлал болгон зохион байгуулагддаг өрөмдлөгийн эрдэм шинжилгээ, онол-практикийн бага хурлын энэхүү эмхэтгэлд ашигт малтмалын судалгаа, нөөцийг тогтооход өрөмдлөгийн үүрэг, ач холбогдол, өрөмдлөгийн нөхцөл, тоног төхөөрөмж, технологи-менежментийн талаар илтгэл, өгүүлүүд оров.

Энэхүү хурлын эмхэтгэлийг дэлхий нийтийг хамраад байгаа цар тахлын улмаас хэвлэмэл бус цахим хэлбэрээр гаргалаа.

Номын хур арвин, өрмийн хушуу хурц байх болтугай

ШУТИС, ГУУС, Газрын тос, өрөмдлөгийн салбар
Монгол Улсын Өрөмдлөгийн Холбоо

Эрхлэх зөвлөл:

Ерөнхий редактор:

Техникийн ухааны доктор (PhD), профессор Ж.Цэвээнжав

Редактор:

Техникийн ухааны доктор (PhD), профессор Л.Төвхөө

Техникийн ухааны доктор (PhD), дэд профессор Д.Ундармаа

Гишүүд:

Шинжлэх ухааны доктор (ScD), профессор Л.Дүгэржав

Техникийн ухааны доктор (PhD), дэд профессор М.Наранбат

Техникийн ухааны доктор (PhD) Д.Батмөнх

Хэвлэлд бэлтгэсэн:

Магистр С.Жавхлантөгс

Магистр Д.Ууганбаяр

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

ӨРӨМДЛӨГ-2021

DRILLING-2021

№1/23

УЛААНБААТАР ХОТ
2021 он

ГАРЧИГ

I. ЕРӨНХИЙ АСУУДЛУУД

- 1.1. ДЭЛХИЙ ХЭРХЭН БҮТЭЭГДСЭН ВЭ-АЛТ 5
Л.Лхагвасүрэн
- 1.2. МЭРГЭШСЭН МЭРГЭЖИЛТНИЙ СУРГАЛТ, ГЭРЧИЛГЭЭЖҮҮЛЭЛТ, ЭРХИЙН СУНГАЛТ (Өрөмдлөг, Газрын тосны инженерийн мэргэжлийн жишээгээр) 8
Ж.Цэвээнжав, А.Баасанжаргал, Д.Ундармаа
- 1.3. АШИГТ МАЛТМАЛЫН ОРДЫН СУДАЛГАА, НӨӨЦИЙН ТООЦООНД ӨРӨМДЛӨГИЙН ҮҮРЭГ, АЧ ХОЛБОГДОЛ 10
Ж.Цэвээнжав, М.Наранбат, Д.Түвшинбаяр

II. ӨРӨМДЛӨГИЙН НӨХЦӨЛ, ТЕХНОЛОГИ

- 2.1. БАЯНГОЛЫН ТӨМРИЙН ОРДЫН ЧУЛУУЛГИЙН ӨРӨМДӨГДӨХ ЗЭРГИЙГ ТОДОРХОЙЛОХ СУДАЛГАА, ҮР ДҮН 14
Д.Ундармаа, Ж.Цэвээнжав, Л.Төвхөө, Ц.Удвалхорлоо, Д.Ууганбаяр Д.Сувд-Эрдэнэ, Б.Сувд-Эрдэнэ
- 2.2. ЭРДЭНЭТИЙН-ОВОО ОРДЫН ӨРӨМДЛӨГИЙН УГААЛГЫН ШИНГЭНИЙ ШИНЖ ЧАНАРЫН СУДАЛГАА 22
Д.Ундармаа, Ж.Цэвээнжав, Т.Майнбаяр, Б.Эрдэнэбаяр
- 2.3. ДАЛД УУРХАЙН ӨРӨМДЛӨГИЙН УГААЛГЫН ШИНГЭНИЙ СУДАЛГАА 25
Д.Ундармаа, З.Болд-Эрдэнэ, Ж.Бат

III. ӨРӨМДЛӨГИЙН ТЕХНИК

- 3.1. MEASUREMENT, PREDICTION, AND MODELING OF BIT WEAR DURING DRILLING OPERATIONS 31
Mehmet Capik, Batnyam Batmunkh
- 3.2. АНАЛИЗ И ВЫБОР КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СЪЕМНОГО ПОРОДОРАЗРУШАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ БУРЕНИЯ С ХОДОВОЙ КОЛОННОЙ 44
В.Г. Гореликов, Л.А.Басова, Баатархуу Гантулга, А.М. Успехов

IV. БУСАД

- 4.1 АВДАЙ БАГШТАЙГАА АЖИЛЛАСАН ОН ЖИЛҮҮД 48
(Гэгээлэг сайхан дурсамж)
Ж.Цэвээнжав

I. ЕРӨНХИЙ АСУУДЛУУД

ДЭЛХИЙ ХЭРХЭН БҮТЭЭГДСЭН ВЭ-АЛТ

Л.Лхагвасүрэн
Монгол улс, Улаанбаатар, “Дун-Эрдэнэ-Улз” ХХК
lhagva_0804@yahoo.com

Дэлхий дээрх амьдрал байгалийн хөгжлийн явцад үүссэн байдаг. Одоогоос 4.5 тэрбум жилийн өмнө нарны аймаг хэмээх оддын тогтолцоонд халуун хий, солирын тоосноос бүрдсэн бөөгнөрөл үүсч тэр нь улам томорч хатуурснаар сансрын нэгэн биет дэлхийн гараг бүрэлдэж, улмаар 0.5 тэрбум жилийн дараа амьдрал үүсч хөгжсөн гэдэг.

(Б.Лайхансүрэн “Эрдэмд зорих зам” номноос 149-р хуудас)

I. УДИРТГАЛ

Ийнхүү дэлхийг бүтээлцсэн “Алт” хэмээх ер бусын гайхамшигтай, уян хатан, дахин давтагдашгүй, хамгийн үнэтэй, мөнхийн хэрэглээтэй, элэгдэж дуусдаггүй өвөрмөц шинж чанартай онцгой металл.

Энэхүү ер бусын металл манай дэлхий үүсэхээс бүр өмнө задгай сансарт бий болсон гэдгийг физикийн эрдэмтэд нотолсон юм.

Одоогоос 5 тэрбум жилийн тэртээ алт болон бусад хүнд металлууд шинэ од гэж нэрлэгддэг унтарч буй аварга том одыг дэлбэрч байх үеэр бий болсон ажээ.

Тэнд шинэ од дэлбэрэхэд цохилтын долгионд нь дайгдсан алтны өчүүхэн хэсгүүд 30 км/сек хурдтайгаар нарны аймгийн эрхсүүдэд тархсан.

Нарны аймгийн гарагууд сансрын эрхсээс бүрэлдэж эхлэхэд тодорхой хэмжээний алт дэлхийн гарагийн чулуулаг дотор баригдсан байжээ.

Химийн урвалд ордоггүй алтны өчүүхэн жижиг хэсгүүд одоо болтол манай дэлхийн эрдэс чулуулгийн бүх давхаргад тун бага хэмжээгээр байдаг.

Энэ нь” Алт “тун өчүүхэн жаахан хэмжээнд оршдогт асуудлын гол нь байдаг.

Алтны анхны томоохон хуримтлал Австралийн Баруун эрэг, Африк, Перу, Канад, АНУ-ын баруун хэсэгт тархсан байдаг. (“Дэлхий хэрхэн бүтээгдсэн-Алт” шинжлэх ухааны хялбаршуулсан лекцээс)

Иймд металл ашигт малтмал болох Алтны гарал үүсэл, шилжилт хөдөлгөөн, зөөгдөл хуримтлал нь геологийн урт удаан хугацааны явцад бүрэлдэн бий болсныг геодинамик, геотектоник болон алтны

металлогений холбоо, хөгжил хөдөлгөөний онол арга зүйд тулгуурласан судалгааны өгүүллээс товчлон толилуулж байна.

II. ДАВХАРГА ЗҮЙ БА АЛТНЫ ГАРАЛ, ҮҮСЭЛ

Нэг. Геодинамик ба алтны металлогений холбоо

Геотектоник бол литосферийн плит болон доод ба дээд мантийн хөдөлгөөн тэдгээрийн хөгжлийн явцад дэлхийн гадна талын юуны түрүүнд цардаст бүрхүүлд илэрч байгаа магмын чулуулгийн найрлага, гарал үүсэл, нас, орон зай зэргийг судалдагийн зэрэгцээ тэдгээрийн өгөршлийн явцад буй болсон геологийн бүрдлийг үүсгэж буй бүтэц, хэлбэр физик-химийн шинж чанарыг бүхэлд нь судалдаг шинжлэх ухаан юм.

Судалгааны гол аргууд бол чулуулгийн найрлага, нас болон үүсэж байгаа структур, фац, формацийн шинжилгээ тэдгээрийн зузаан эзэлхүүн зэрэг дээр үндэслэж байснаас гадна геофизик, геохими ба өрөмдлөгийн аргууд бас багтана.

Геодинамик нь өөр хоорондоо цаг хугацаа гарал үүсэл, орон зайны хувьд учир шалтгааны харилцан холбоотой атмосфер царцдасаас аваад дэлхийн цөм хүртэл орон зайд явагдаж буй бүх хүчний нөлөөгөөр литосферт, улмаар царцдаст илэрч байгаа тектоникийн явцууд тэдгээрийн үүсэл хөгжлийн байдал, хөдөлгөөн түүний чиглэл хүчний зүй тогтлыг судалдаг шинжлэх ухаан юм.

Манай улсын нутаг дэвсгэрт хожуу протерзойгоос юрыг хүртэл хэлбэржсэн атираат структурууд Палеоази, Монгол-Агнуур, Неоазий, Палеотетис дөрвөн далайн суурин дээр хэлбэржиж байсан болохыг нэг талаас өөр өөр насны офиолит, офирекс зэрэг далайн плитийн үлдэц болон нөгөө талаас тасралтгүй ялгарсан найрлагатай вулканит ба тэдэнтэй нэгэн эвшлийг үүсгэдэг мөн тийм найрлагатай интрузив бүрдлүүд илэрхийлж байгаа юм.

Геодинамикийн явцууд бол тунамал ба магмын чулуулгийн найрлага, нас, газрын гадаргад үүсгэж байгаа морфологи структурын төрөл, тэдгээрийн гүний тогтоц зэрэг нь мантид явагдаж байгаа физик химийн нөхцөлтэй салшгүй холбоотой байдгийг үнэн зөвөөр тайлбарлахад чиглэгдэж байгаа юм.

Тодруулга: Судалгаанаас үзэхэд хожуу девоны граниотиодтай холбоотой Оюу-Толгой, Цагаан – Суврага зэрэг ордууд нь үйлдвэрлэлийн ач холбогдолтой том ордуудыг үүсгэсэн, харин карбон гранидиодтой холбоотой ордууд нь өнөөгийн түвшинд томоохон ордуудыг үүсгээгүй байгаа нь харагддаг. Хожуу ордовикийн үед Төв Монголын массивын зүүн хажууг даган хожуу каледонын хэмээх томоохон орогенез явагдсан нь Палеоазийн далайгаас Монгол–Агнуур гэж нэрлэсэн шинэ далайн сав тусгаарлагдах нөхцөл бий болжээ.

Геодинамикийн явцууд нь хэд хэдэн учир шалтгааны нөлөөнд байдаг бөгөөд хамгийн түрүүнд түүний хүрээлж байгаа далай тэнгист болж тектоникийн хөдөлгөөний нөлөөнд тэлэлтийн структур болох рифтийн бүс үүснэ.

Хөгжлийн энэ үеийн явцад никель (Ni), цагаан алт (Pt), алт (Au), хүхэр (S), кобальт (Co) зэрэг хүнд элементүүд нь гадаад цөм рүү живнэ. Хөнгөн хэсэг нь өндөр температурт халж дээш нэвчсээр халуун цэгийн хэлбэрээр дэлхийн гадаргад илэрнэ.

Тодруулга: Энэ үед нумын арын (Өврийн хотгор) далай тэнгисийн захаар доод моласаар дүүрсэн Таван –Толгой зэрэг нүүрс агуулсан тэнгис эх газар ээлжилсэн горимтой царцдастай структурын хэмжээнд олон дахин давтагдсан нумын ар өврийн Боумын мөчлөг бүхий Ноён сумын хотгор луугаа адил карбон пермийн заагийн терриген – турбидит хурдсаар дүүрсэн хотгорууд үүснэ.

Хагарлууд бол далай тэнгисийн савын доош суух болон эх газарт ч гэсэн буурсан даралттай бараг бүх структурын хил зааг болоод зогсохгүй мантиас царцдас руу нэвчиж буй янз бүрийн найрлагатай гидротермаль, эпитеpmаль уусмалын нэвчих, өгсөх зам орон зай суваг нь болоод зогсохгүй магмын гаралтай бараг бүх хүдэржилт илрэл, ордуудын дамжих гол орчин нь болно.

Хагарал бол ашигт малтмалын ордуудыг илрүүлэх эрлийн ажлын гол шалгууруудын нэг байдаг.

Хагарал бол дэлхийн геологийн хөгжлийн аль ч цаг үед үүсэж байсан структур юм. Монгол - Агнуурын тэнгисийн ижил нэртэй хагарлын салбар болох Ононгийн хагарлын бүсийн дагуу баруун урдаас зүүн хойш ухарсаар хожуу перм- триас- юрын хөгжлийн үед түүний нөлөө Дөч, Улз голуудын дүүрэгт төвлөрөх болсон байна. Ононгийн хагарлын бүсэд улсын хилийн дагуу “Хил” орчмын нэртэй гранидиорит- габбриодын томоохон массив судлагдсан байдгаас гадна уг хагарлыг бүсийн дагуу сүбдиалцаж байсан, плитийн орой дээр протерозойн настай Эрээн давааны өргөгдлийн хэмжээнд өндөр нэвчилтийн бүсийн дагуу 126-146 сая жилийн настай

метаморф чулуулагтай аажим шилжилттэй гранитиодын жижиг биетүүд илэрсэн байдаг.

Дорнод-Монголд хожуу триассаас түрүү цэрд хүртэл хожуу юрад Монгол-Агнуурын, карбоны эцэст Өмнөд – Монголын далайнууд хаагдаж байсан нь тектоникийн хүч буурахад нөлөөлсөн бас нэгэн хүчин зүйл болж байсан бололтой.

Дорнод-Монголын ба Өвөр Монголын доод цэрдийн рифтийн шүтлэг базальт нь мантийн гаралтай байж болох талаар (Xu Xuan. Wu Taiwan) баталсан байдаг.

Зүүн хойд Монголын мезопротерозой хавтангийн хэмжээнд мезозойд явагдсан рифтогенез уран, алт ховор металл ба ховор элементийн хүдэржилтийг дагуулсан нь Сулинхээрийн бүсэд болсон коллизийн резонансын дамжих хүчтэй холбон тайлбарлагддаг.

Эх газрын хавтангийн тухайд Дорнод- Монголын нутаг дэвсгэрт гүехэн усны голдуу хөх ногоон зааг археоцатаар нас нь тогтоогдсон неопротерозой – түрүү палеозойн, мөн хөндий хэвэлтэн брахиподын үлдвэртэй дунд палеозойн терриген карбонат ба баруун Монголын триас, цэрдийн настай их газрын бага зузаантай гүехэн усны терриген хурдсаар хучигдсан хавтангийн структурууд хөгжиж байжээ.

Ийнхүү нэг талаас хожуу цэрдээс зүүн хойд Монголд Монгол-Агнуурын далай хаагдаж нөгөө талаас Дорнод – Монголд рифтийн тогтолцооны идэвхжилт буурч байхдаа давхцаад Өмнөд ба Зүүн Өмнөд Монголд эпиерциний Говийн хавтангийн хөгжил эхэлсэн байна.

Тодруулга: Алтны шижирмэг ордуудын шилжилт хөдөлгөөн, зөөгдөл хуримтлал нь Монгол-Агнуурын (Хангай –Хэнтийн) далайн үйл явцтай холбоотой.

Монгол –Агнуурын далайн ордовикийн 2- р хагас хүртэл Палео азийн далайн нэгэн хэсэг байгаад түүнээс хойш хожуу ордовикийн орогенезээр өргөгдсөн. Үндсэндээ хожуу ордовикаас эхлээд Хангай Хэнтийн бүсийн гадна талаар Төв-Монголын массив руугаа шаантагласан Баян-Хонгор, Хар-Хорин, Хойд Өмнөд Хэнтий болон Ононгийн дүүрэгт цахиурлаг чулуулгийн үетэй элсжин – занарын ба тунамал вулканоген чулуулгийн зузаалаг нилээд өргөн тархсан байна.

Монгол –Агнуурын далай таван зуу гаруй сая жил үргэлжлэн хөгжиж тус улсын нутаг дэвсгэрт хожуу каледоны, хожуу герциний, индосиний ба киммерийн хэмээх дөрвөн удаагийн сүбдукц – аккрец, коллизын явц болж байсан ажээ.

Неоазийн далай цаг хугацааны хувьд палеоазийн далайн дунд палеозойн үед нээгдсэн үргэлжлэл байж болох Өмнөд-Монголын далайн савыг Неоазийн далай гэж нэрлэсэн болно.

ДҮГНЭЛТ:

Аливаа ашигт малтмалын металлогенийн зүй тогтлыг геодинамикийн хөгжлийн мөчлөгтэй холбон судлах нь нэг талаас хэтийн төлөв бүхий эрлийн

талбайг ялгахад гадна тухайн геодинамикийн байдлыг хэрхэн зөв тодорхойлсныг бас харилцан шалгаж болох судалгааны сонирхолтой арга болох нь харагдлаа. Ингэж чадвал ашигт малтмалыг илрүүлэх геодинамик ба металлогений зүй тогтлыг тодорхойлдог эрлийн шалгууруудыг улам оновчтой болгох боломжтой.

Пермээс эхлээд Дорнод – Монголын эх газрын хөгжилд хожуу триасс – түрүү юра ба хожуу юрын ба Монгол-Агнуурын далайн гурван удаагийн эх газрын идэвхтэй захын ба нумын арын деструкцын бүсийн болон хожуу юраас түрүү цэрдийг дуустал Дорнод ба Зүүн Хойд Монголд бий болсон плюмийн урьтал болсон өргөгдлийн орой дээр үүссэн рифтийн хөгжил давхцаж Дорнод-Монголын эх газрын хөгжлийг улам нийлмэл болгосон.

Энэ үйл явцуудтай холбоотой Дорнод-Монголын эпитеpmал гаралтай цагаан тугалга, вольфрам, алт, хөнгөн цагаан, цайр, хар тугалга, хайлуур жонш, хүнцэл, бор, түүний дотор ураны хүдэржилт чухал байр суурь эзэлдэг.

НОМ ЗҮЙ

- [1] О.Гэрэл Монголын Геологи ба ашигт малтмал “Интрузив чулуулаг” УБ хот 2012.
- [2] Ж.Лхамсүрэн “Монголын Геологи ба ашигт малтмал” Метал ашигт малтмал” 2012
- [3] Ж.Бямба., Ю.Б.Миронов., Г.Жамсрандорж “Монголын геодинамик ба ураны металлогени” УБ хот 2018 он
- [4] Ж.Бямба., Ж.Бадамгарав., А.Баясгалан нар 2012 он. Төв Монголын атираат муж. Литосферийн плит тектоник.
- [5] Ж.Бямба., Б.Тамир 2009 он. Дөч голын хожуу палеолзойн-түрүү мезозойн субдукц-аккрецын бүрдэл.
- [6] О.Төмөртоогоо 2006 он Монгол орны прокембрий, стратиграфи, тектоник ба палеогеодинамик. Эрдэм шинжилгээний бүтээл №16. х18-46
- [7] Г.Ээнжин., В.В.Ярмолюк., А.М.Козловский., Ч.Нармандах нар 2017 он Дорнод-Монголын галт уулын рифтийн структур. Хайгуулчин №57 х43-45
- [8] Ж.Бямба Монголын Геологи ба ашигт малтмал “Стратиграфи” 2012 он
- [9] Р.Барсболд Монголын Геологи ба ашигт малтмал “Палеонтологи” 2012 он
- [10] З.Балжинням” Петрографи” 2007 он
- [11] Б.Лайхансүрэн “Эрдэмд зорих зам” 2020 он
- [12] Б.Лайхансүрэн “Уул уурхайн судлал” 2015 он
- [13] Г.Ухнаа., Г.Дэжидмаа., О.Ганцэцэг “Алт” ордын геологи эрэл хайгуул. 2017 он
- [14] Г.Дэжидмаа Геохимические особенности золоторудного поля Бороо в Монголии / Автореферат диссертации ученой степени кандидата геологи-минералогических наук. Новосибирск. 1985. 16с
- [15] Г.Дэжидмаа “Алтын ордууд” Монголын геологи ба ашигт малтмал/хариуцсан Ж/Лхамсүрэн/ УБ хот 2012 х215-264
- [16] Л.Мягмар., Л.Баасандолгор “Алтан цагаан овоогийн алт холимог металлын орд. Хайгуулчин. №46. 2012он х111-121.

- [17] Т.Семейхан “Алтын шижирмэгэн ордууд” 2013 он
- [18] Y.Yorozu, M. Hirano, K. Oka, and Y. Tagawa, “Electron spectroscopy studies on magneto-optical media and plastic substrate interface,” IEEE Transl. J. Magn. Japan, vol. 2, pp. 740–741, August 1987 [Digests 9th Annual Conf. Magnetism Japan, p. 301, 1982].
- [19] Г.Ухнаа., Г.Дэжидмаа., О.Ганцэцэг “Алт” ордын геологи эрэл хайгуул. 2017 он
- [20] Г.Дэжидмаа Геохимические особенности золоторудного поля Бороо в Монголии / Автореферат диссертации ученой степени кандидата геологи-минералогических наук. Новосибирск. 1985. 16с
- [21] Г.Дэжидмаа “Алтын ордууд” Монголын геологи ба ашигт малтмал., УБ хот 2012 х215-264
- [22] Л.Мягмар., Л.Баасандолгор “Алтан цагаан овоогийн алт холимог металлын орд. Хайгуулчин. №46. 2012он х111-121.
- [23] Т.Семейхан “Алтын шижирмэгэн ордууд” 2013 он.
- [24] I. S. Jacobs and C. P. Bean, “Fine particles, thin films and exchange anisotropy,” in Magnetism, vol. III, G. T. Rado and H. Suhl, Eds. New York: Academic, 1963, pp. 271–350.
- [25] K. Elissa, “Title of paper if known,” unpublished.
- [26] R. Nicole, “Title of paper with only first word capitalized,” J. Name Stand. Abbrev., in press.
- [27] Y. Yorozu, M. Hirano, K. Oka, and Y. Tagawa, “Electron spectroscopy studies on magneto-optical media and plastic substrate interface,” IEEE Transl. J. Magn. Japan, vol. 2, pp. 740–741, August 1987 [Digests 9th Annual Conf. Magnetism Japan, p. 301, 1982]. Y. Yorozu, M. Hirano, K. Oka, and Y. Tagawa, “Electron spectroscopy studies on magneto-optical media and plastic substrate interface,” IEEE Transl. J. Magn. Japan, vol. 2, pp. 740–741, August 1987 [Digests 9th Annual Conf. Magnetism Japan, p. 301, 1982].

МЭРГЭШСЭН МЭРГЭЖИЛТНИЙ СУРГАЛТ, ГЭРЧИЛГЭЭЖҮҮЛЭЛТ, ЭРХИЙН СУНГАЛТ (Өрөмдлөг, Газрын тосны инженерийн мэргэжлийн жишээгээр)

Ж.Цэвээнжав^{1,2,3}, А.Баасанжаргал^{1,3}, Д.Ундармаа^{1,2}

¹Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС Геологи, уул уурхайн сургууль, Газрын тос, өрөмдлөгийн салбар

² Монгол улс, Улаанбаатар, Монгол Улсын Өрөмдлөгийн холбоо

³ Монгол улс, Улаанбаатар, Монголын Газрын тосны инженерүүдийн нийгэмлэг
btseven2003@yahoo.com, baaskanil@yahoo.com, undarmaad1976@yahoo.com

Хураангуй— Мэргэшсэн мэргэжилтний сургалт, гэрчилгээжүүлэлт, эрхийн сунгалтын асуудлыг инженер-технологийн чиглэлийн, тухайлбал, Өрөмдлөгийн (Drilling Engineer), Газрын тосны (Petroleum Engineer) Мэргэшсэн ба Зөвлөх инженерийн жишээгээр авч үзэж, судлаж, өнөөгийн байдал, тулгамдаж байгаа асуудлууд, цаашдын чиг хандлагын талаар санал дүгнэлт, зөвлөмжийг энэхүү өгүүлэлд тусгав.

I. УДИРТГАЛ

Нэг. Асуудал шийдэгдэж ирсэн замнал

Манай улс зах зээлийн эдийн засагт шилжиж, аль ч салбарт хөрөнгө оруулалт татах, төсөл хөтөлбөрүүдийг хэрэгжүүлэх, бүтээн босголт хийхэд энэ чиглэлийн технологи-менежментийн хөтөлбөр, төслүүдийг боловсруулах, хяналт тавих, батлах, шинжээч хийх, шүүмж бичих, хэрэгжүүлэхэд Мэргэшсэн мэргэжилтнүүд (Qualified Person)-ийн хэрэгцээ шаардлага гарч Эрдэс баялаг (Геологи-хайгуулын, Уул уурхайн, Газрын тосны)-ийн салбарт гэхэд эхлээд УУЯ (одоогийн УУХҮЯ), ШУТИС-ийн ГУУС-ийн хамтын ажиллагаагаар, Геологи-хайгуулын (Г.Ухнаа, эдүгээ Гавъяат багш), доктор П.Нарантуяа), Уул уурхайн (Ц.Нанзадын, эдүгээ Академич; доктор Д.Гэрэлт-од), Газрын тосны (профессор Ж.Цэвээнжав, доктор А.Баасанжаргал) сургалт-судалгаа-мэдээллийн төвүүдээр зохион байгуулагдаж явагддаг байв. Гэтэл Мэргэшсэн мэргэжилтний сургалт-гэрчилгээжүүлэлт-эрхийн сургалтыг Мэргэжлийн төрийн бус байгууллага (ТББ)-д нь шилжүүлнэ гэж шийд гараад Геологи-уул уурхайн мэргэшсэн институт (ГУУМИ) гэдэг хувийн, хувьсгалын, мэргэжлийн аль нь болох нь тодорхойгүй, анги танхимгүй, байнгын багшгүй, татвар хураамж л харин байнга шаарддаг, авдаг бололтой байгууллага гарч ирж, хэвийн явж байсан үйл ажиллагааг олон улсын түвшний Мэргэшсэн мэргэжилтэн бэлтгэнэ гэж лоозогноод үндэсний ч зогсонги, олон улсын түвшний ч угаасаа бүтээгүй. Харин Газрын тосны чиглэлээр 2015 оноос УУХҮЯ, ШУТИС-ГУУС, МГТИН-ийн хамтарсан Зөвлөл, түүний ажлын алба болох ШУТИС-ийн Эрдмийн Зөвлөлийн шийдвэр, Ректорын тушаалаар байгуулагдсан Газрын тосны сургалт-судалгаа-мэдээллийн төв (ГТССМТ)-ийн шугамаар Газрын тосны Мэргэшсэн (Мэргэшсэн, Зөвлөх) мэргэжилтний сургалт-гэрчилгээжүүлэлт маш сайн, бүр үлгэр жишээ болохоор явагдаж өдийг хүрсэн.

Хоёр. Асуудлын өнөөгийн байдал

2.1 Хууль эрх зүй.

Ашигт малтмалын тухай хуулийн 10.1.16-д “Геологи, уул уурхайн салбарын мэргэшсэн мэргэжилтэн, шинжээчийн эрх олгох асуудлыг мэргэжлийн төрийн бус байгууллагаар гүйцэтгүүлэх журмыг батлах”, Газрын тосны тухай хуулийн 8.1.3-д “...газрын тос, уламжлалт бус газрын тосны чиглэлээр мэргэжлийн зэрэг олгох журмыг батлах” эрхийг Салбарын төрийн захиргааны төв байгууллага (одоогоор УУХҮЯ) хэрэгжүүлнэ гэж заасан байдаг.

2.2. Дүрэм журам.

Манай Эрдэс баялгийн салбарын Мэргэшсэн мэргэжилтний сургалт, гэрчилгээжүүлэлт, эрхийн сунгалт удтал гацаж, зогсонги байдалтай байсны эцэст салбарын төрийн захиргааны төв байгууллага болох УУХҮЯ-наас энэ чиглэлийн үйл ажиллагааг МЭРГЭЖЛИЙН ТББ-Д хариуцуулахаар шийдвэрлэсэн зөв зүйтэй боловч 1. бакалавр, магистр, докторыг нь хүртэл бэлтгэдэг анги танхим, эрдэмтэн багш нар, сургалтын орчинтой Их сургуулиудын оролцоог үгүйсгээгүй юмаа гэхэд журамлаагүй, 2.Мэргэшсэн мэргэжилтний сургалт-гэрчилгээжүүлэлт-эрхийн сунгалтыг тухайн Мэргэжлийн төрийн бус байгууллага (МЭРГЭЖЛИЙН ТББ)-д гэхчээд төрийн захиргааны байгууллага өөртэйгөө харилцахад амар, зөвхөн нэг цонхоор харьц гэсэн утгаар дээрхи эрхийг Мэргэжлийн ТББ-д гэхээсээ, тухайн чиглэлийн мэргэжлийн, мэргэжлийн бус, нийтийн (public), орон нутгийн (domestic), хүйсийн (gender) зэрэг янз бүрийн ТББ –ын Зөвлөл (бөөгнөрөл)-д өгсөн, энэ нь мэргэжлийн ТББ-гээр гүйцэтгүүлэх гэсэн хуулийн заалтыг зөрчсөн гэсэн үг, шалтгаан нь нэг талаас яам ажлаа хялбарчлах гэсэн, нөгөө талаас мэргэжлийн, мэргэжлийн бус ТББ-ууд сонгон шалгаруулалтанд өрсөлдөгчгүйгээр (өрсөлдөгчгүй шалгаруулалт!) ялах эрмэлзлэл байсантай холбоотой. Жишээ нь ГМХНЗ гэдэгт энэ чиглэлийн хүмүүсийн үүсгэн байгуулсан, гэхдээ яг мэргэжлийн ямар үйл

ажиллагааг явуулдаг нь тодорхойгүй, нийгэмд үйлчилдэг, нийтийн, орон нутгийн хүйсийн зэрэг ТББ-ын нэгдэл бөгөөд энд яг МЭРГЭЖЛИЙН ТББ гэвэл Монголын Геологийн, Үйлдвэрийн Геологийн, Геофизикийн, Гидрогеологийн, Өрөмдлөгийн зэрэг 5 холбоо л байгаа юм. Бид журам гарах үед Монгол улсын Өрөмдлөгийн Холбоо Өрөмдлөг (Drilling)-ийн ММ сургалт-гэрчилгээжүүлэлт-эрхийн сунгалтын сонгон шалгаруулалтанд дангаараа оролцохоор санал хүртэл дэвшүүлж байсан болно.

Гурав. ӨРӨМДЛӨГ- DRILLING мэргэжлийн ММ-ний сургалт, гэрчилгээжүүлэлт, сунгалтын талаар.

Олон улсын Боловсрол, Соёл, Шинжлэх ухааны байгууллага Юнескогийн тодорхойлолт, ангиллаар ӨРӨМДЛӨГ- DRILLING мэргэжлийг зөвхөн Геологи-хайгуулын техник хэрэгсэл мэтээр ойлгохоо больж, энэ мэргэжил, арга ухааныг Геологийн судалгаа, Ашигт малтмалын эрэл-хайгуул-нөөцийн тооцоо, Уурхайлалт олборлолт, Газрын доорхи ус, тос, хий зэрэг шингэн ба хийн ашигт малтмалыг цооногоор олборлох ашиглах, Барилга байгууламж, зам гүүр, Эрчим хүчний шугам барих зэрэг үйлдвэрлэл-технологийн олон салбарт, түүгээр ч зогсохгүй Ахуй амьдрал, Анагаах ухаанд хүртэл хамааралтай өргөн хэрэглээтэй, онцлог МЭРГЭЖИЛ гэж үзэх болсон.

Энэ үндэслэлээр Өрөмдлөгийн мэргэшсэн мэргэжилтнүүдээс зэргээ сунгуулах, ахиулах, тодруулах, талаар ирүүлсэн саналууд, холбогдох материалууд Өрөмдлөгийн Мэргэшсэн мэргэжилтнүүдийг сургах, гэрчилгээжүүлэх, эрхийн сунгалт хийх асуудлыг хариуцсан Салбар Зөвлөл болон МҮӨХ-ны Удирдах Зөвлөл нарийвчлан нухацтай хэлэлцэж, өмнө 2015 онд DE-072403, ӨРӨМДЛӨГ (DRILLING)-ийн мэргэжлээр олгогдсон Зөвлөх-6, Мэргэшсэн-12 инженерийн эрхийн сунгалтыг холбогдох журмын болзлуудыг хангасан байдлыг ӨММЗ-өөр хэлэлцэн дүгнэлт гаргаж, ГМХНЗ-ийн ММЗ-өөр дамжуулан УУХҮЯ, ШУТИС-ийн ГУУС-д танилцуулж хянуулан Гэрчилгээг шинээр хэвлэхгүйгээр хавсралтын арын сургалтын хэсэгт Монгол улсын Өрөмдлөгийн Холбооны тамга гарын үсгээр баталгаажуулахаар санал болгож байна.

Дөрөв. ГАЗРЫН ТОСНЫ ИНЖЕНЕР-PETROLEUM ENGINEER мэргэжлийн ММ-ний сургалт, гэрчилгээжүүлэлт, сунгалтын талаар.

2015 оноос хойш хобогдох хууль, дүрэм журмын хүрээнд УУХҮЯ, ШУТИС-ГУУС-МГТИН –ээс хамтран төр, их сургууль, ТББ-ын оролцоотойгоор амжилттай сайн, бүр бусад мэргэжлүүдэд үлгэр жишээ болохоор гэж үнэлэхээр энэ чиглэлийн үйл ажиллагааг хэний санаачлагаар, ямар шалтгаанаар болох нь тодорхойгүй байдлаар гэнэт УУХҮС-ын тушаалаар батлагдсан журам энэ 2021-11-22-нд гарсан. Уг журмын агуулга нь Газрын тос, уламжлалт бус газрын тосны Мэргэшсэн мэргэжилтний сургалт-гэрчилгээжүүлэлт-сунгалтыг УУХҮЯ, ШУТИС-тэй хамтран, гэхдээ зөвхөн ГТӨС-тай хамтран зохион байгуулна, МГТИН (ТББ-ын тухай Монгол улсын

хуулийн дагуу 2010 онд байгуулагдсан цагаас хойш ямар ч ашиг сонирхлын зөрчил, гаргаагүй, бизнесийн болон бусад ашиг олох чиглэлийн үйл ажиллагаа явуулаагүй, ЗӨВХӨН ГАЗРЫН ТОСНЫ МЭРГЭЖЛИЙН үйл ажиллагаа явуулж, үйлчилгээ үзүүлж ирсэн хуулийн этгээд), Газрын тосны сургалт-судалгаа-мэдээллийн төв-ГТССМТ (ШУТИС-ийн Эрдмийн Зөвлөлийн шийдвэр, Ректорын тушаалаар байгуулагдаж, 1-2 жил дутам тайлангаа өгч, бүх удирдлага-санхүүжилт нь ГУУС-ийн шугамаар явагддаг) зэргийг энэ ажилд оролцуулахгүй гэж тодруулан заасан, хууль бус гэж үзэж болохоор журам гарсан. Нэг яам салбар гэхэд л дээрхи ажлыг нэг хэсэг чиглэлээр нь Мэргэжлийн ТББ-д нь хариуцуулна гээд, нөгөө зарим чиглэлээр нь ТББ-г оролцуулахгүй гэж бүр тодруулан журамлаж ЭСРЭГ-ТЭСРЭГ-ээр заагаад манай төр засгийн бодлого, шийдвэр, засаглал үнэхээр л доголдолтой байгаа юм. Бид салбарын удирдлагыг гэхээсээ энэ ажлыг хариуцсан хүмүүс эрх ашиг, ашиг сонирхлын зөрчилтэй байж болзошгүй гэж харж, засаж залруулах хэрэгтэй гэж үзэж байгаа болно.

ДҮГНЭЛТ:

Бүхэлдээ Мэргэшсэн мэргэжилтний сургалт-гэрчилгээжүүлэлт-сунгалт үндэсний болон олон улсын хэмжээнд маш чухал ач холбогдолтой асуудал бөгөөд энд явцуурхал, эрх мэдлийн булаацалдалт, тэр дутмаа эрх ашиг, сонирхлын зөрчил гаргахгүй зөвхөн мэргэжил, шинжлэх ухаан, арга зүйн хүрээнд авч үзэж хандах хэрэгтэй гэж үзэж байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Ашигт малтмалын тухай хууль (шинэчилсэн найруулга), 2006-7-8
- [2] Газрын тосны тухай хууль (шинэчилсэн найруулга), 2014-7-1
- [3] Уул уурхайн сайдын 53-р тушаал, холбогдох журам, 2015-3-12

АШИГТ МАЛТМАЛЫН ОРДЫН СУДАЛГАА, НӨӨЦИЙН ТООЦООНД ӨРӨМДЛӨГИЙН ҮҮРЭГ, АЧ ХОЛБОГДОЛ

Ж.Цэвээнжав¹, М.Наранбат², Д.Түвшинбаяр³

¹Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Геологи, уул уурхайн сургууль, Газрын тос, өрөмдлөгийн салбар

²Монгол улс, Улаанбаатар, Монгол Улсын Өрөмдлөгийн Холбоо

³Монгол улс, Эрдэнэт, Эрдэнэт үйлдвэр ТӨҮГ

btseven2003@yahoo.com, naranbatbata@gmail.com,

undarmaad1976@yahoo.com, tuvshinbayar@erdenetmc.mn,

Хураангуй — Өргөн хүрээтэй, эрэлт ихтэй үйлчилгээ, үйлдвэрлэл болох Өрөмдлөг нь газрын хэвлийн гүн орших ашигт малтмалын ордын судалгаа, эрэл-хайгуул, нөөцийн тооцоонд хамгийн чухал үүрэг ач холбогдолтой байдаг. Энэ асуудлыг эх орны төдийгүй дэлхий нийтийн ач холбогдолтой Эрдэнэтийн зэс-молибдений, Оюутолгойн зэс-алтны бүлэг ордуудын жишээгээр авч үзэж, дүгнэлт хийж, санал зөвлөмж боловсруулав.

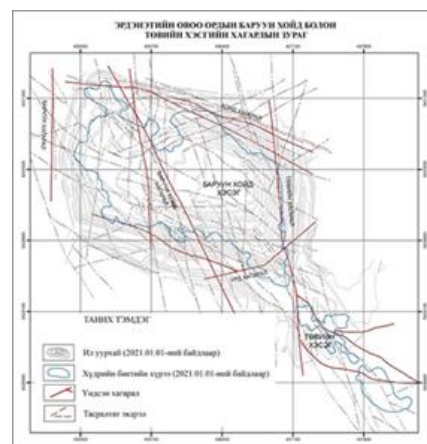
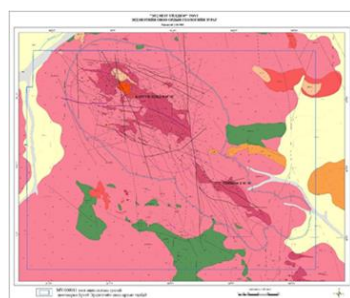
Геологийн зураглал, ашигт малтмалын ерөнхий эрэл, эрэл үнэлгээ, хайгуул, геофизик, гидрогеологийн болон сэдэвчилсэн бусад судалгаа явагдаж, энэ талаархи үр дүн, мэдээлэлд шинжилгээ дүгнэлт хийгдсэн, олон тайлан материалд тусгагдсан байдаг бол ихээхэн хөрөнгө оруулалт гарган, өндөр өртөг зардал зарцуулан, хамгийн гол нь гүнний бодит мэдээллийг бий болгосон их хэмжээний өрөмдлөгийн үр дүн, гүйцэтгэсэн үүрэг, ач холбогдлын талаар өмнө нь ч, одоо ч, тусгайлан авч үздэггүй, технологи-менежментийн тайлан мэдээ гардаггүй, өрмийн мэргэжлийнхэн Геологийн бусад мэргэжлийнхэнтэй адилхан шалгуураар Мэргэшсэн, Зөвлөх зэрэг тогтоолгодог боловч тэр мэдлэг оюун, дадлага туршлага, мэргэжил мэргэшил нь ашиглагддаггүй, ашигладаггүй, Ашигт малтмалын геологийн судалгаа, эрэл-хайгуул, нөөцийн тооцооны тайланд зохиогчдын багт оролцуулдаггүй, шинжээч, шүүмжлэгч, зөвлөгч хийлгэдэггүй учраас бид энэ асуудлыг 2 томоохон ордын өрөмдлөгийн жишээгээр дэвшүүлж, судлаж, авч үзэж байгаа болно.

Түлхүүр үг — ашигт малтмалын орд, нөөц, эрэл, хайгуул, өрөмдлөг, дээжлэлт, судалгаа)

I. ҮНДСЭН ХЭСЭГ

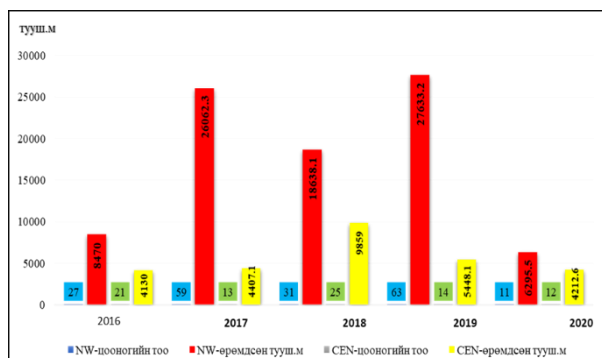
A. Эрдэнэтийн ордын өрөмдлөг

Орхон-Сэлэнгийн вулкан-плутоны төвийн хэсэг болох Монгол-Агнуурын тектоник колажид Эрдэнэтийн хүдрийн дүүрэгт 3 орд 23 илрэл хамаарагдах бөгөөд үүнээс нь 14 нь порфирын Cu-Mo, 13 нь граниттай холбоотой штокверк-метасоматитын зэс (Cu)-ийн төрөлд хамаарагддаг, талбайн хэмжээнд Эрдэнэтийн, Бугатын, Могойн голын, Зүйлийн голын хүдрийн зангилаануудыг ялгадаг байна (зураг-1).1.



Эрдэнэтийн овоо зэс-молибдений ордын Баруун хойд болон Төвийн хэсгийн хүдрийн биетүүдийн хайгуулын цооногийн өрөмдлөг 1965 онд эхэлсэн гэж үзэж болно. 1978 онд олборлолтын үйл ажиллагаа эхлэхийн өмнө нийт 185 орчим цооногоор 34450.1 тууш метр өрөмдлөг хийсэн байдаг. Улмаар уурхайн талбайд нэмэлт өрөмдлөгийн ажлуудыг тогтмол хийснээс 500 м-ээс дээш гүнтэй цооногийн өрөмдлөгийн ажлыг 1982-1987 (нарийвчилсан хайгуул), 2013-оноос гүнний болон чиглэлтэй (гүйцээх) өрөмдлөгийн ажил гүйцэтгэсэн. 2016-2020 онд нийт 115155.9 тууш метр өрөмдлөгийн ажил хийснээс 37793 тууш метр өрөмдлөгийг TRM XXX (JORC стандартын дагуу), 77362.9 тууш метр өрөмдлөгийг “Эрдэнэт үйлдвэр” ТӨҮГ-ын Геологи

хайгуулын экспедиц орчин үеийн арга аргачлалын дагуу хийж гүйцэтгэсэн (зураг-2).



2-р зураг. Эрдэнэтэд 2016-2020 онд өрөмдсөн хайгуулын цооногуудын мэдээлэл

Гүйцээх хайгуулын ажлыг явуулахдаа өрөмдлөгийн торлолын үзүүлэлтийг ордын геологийн тогтоц ба хүдрийн эрдсүүдийн тархалтын онцлогт үндэслэн 62.5м x 62.5м, 125м x 62.5м, 125м x 125м, 125м x 250м, 250м x 250м байхаар сонгосон байдаг. Өрөмдлөгийн чиглэлийг тодорхойлоход хүдрийн биетийн хэмжээ, тэдгээрийн судлагдсан байдал, геологийн нөхцөл байдал, олборлолтын ажлын түвшин зэрэг шалтгааныг авч үзсэн. Баруун хойд хэсэгт нийт 191 цооног буюу 87099.1 т.м-ийн хэмжээтэй, дунджаар 456.0 м (73 - 1054.0 м хүртэл) гүнтэйгээр өрөмдсөн.

Төвийн хэсэгт цооногийн өрөмдлөгийн ажлыг исэлдэлтийн болон хоёрдогч сульфидын хүдрийн бүсийг тогтоох, тэдгээрийн нөөцийн хэмжээ, зэрэглэлийг ахиулахад чиглүүлсэн байдаг. 2016-2020 онуудад нийт 28056.8 т.м-ийн хэмжээтэй 85 цооног өрөмдсөн. Цооногийн гүн 80.0-989.0 м-ийн хооронд хэлбэлзэж, дунджаар 330 м байсан.

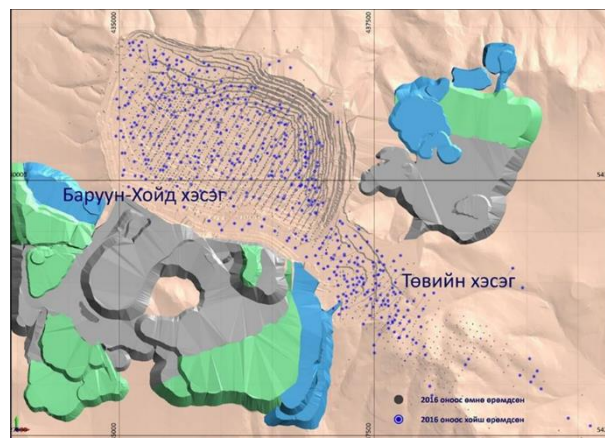
Ордын геологи, геотехник, структур болон хүдрийн биетийн тархалтын зүй тогтлыг бүрэн ойлгох үүднээс цооногуудыг хэд хэдэн чиглэлийн дагуу өрөмдсөн ба баруун урагш 210 хэмийн азимутаар нийт өрөмдлөгийн 28.2%, зүүн хойш 31 хэмийн азимутаар нийт өрөмдлөгийн 45.8%, бусад чиглэлийн дагуу нийт өрөмдлөгийн 26.0% -ийг хамруулан, харилцан адилгүй гүнтэйгээр өрөмдлөгийн ажлыг гүйцэтгэсэн.

Цооногийн амсрын хэмжилт, азимут

Цооногийн азимут, амсрын байршлыг зөв зүйтэй хэмжих нь ордын нөөцийн тооцооны ажлын үндсэн эх үүсвэр хэмжигдэхүүний нэг болно. Цооногийн амсрыг 2015 оноос өмнө маркшейдерийн теодолит багажаар тэмдэглэдэг байсан бол түүнээс хойш дифференциал GPS систем ашиглах болсон. Нийт 2016-2020 онд гүйцэтгэсэн 276 цооногийн амсрын хэмжилтийг хийсэн.

Цооногийн картотаж

2016-2020 онуудад нийт өрөмдлөгийн 85.4%-д нь цооногийн геофизикийн хэмжилтийг хийсэн. Тухайлбал: Төвийн хэсгийн 74 цооногийн 23409.3 тууш метр, Баруун хойд хэсгийн 165 цооногийн 74960.4 тууш метрт хийгдсэн байна.



3-р зураг. Хайгуулын өрөмдлөгийн цооногуудын байршлын зураг

Цооногийн кернийн баримтжуулалт

Цооногийн кернийн баримтжуулалтыг уртыг нь хэмжиж, гарцыг тогтоох, тэмдэглэгээ, фото зураг авалт хийж геологийн баримтжуулалт, дээжлэлтэнд бэлтгэх ажлууд хийгджээ.



4-р зураг. 2016-2020 оны өрөмдлөгийн кернийн дундаж гарц

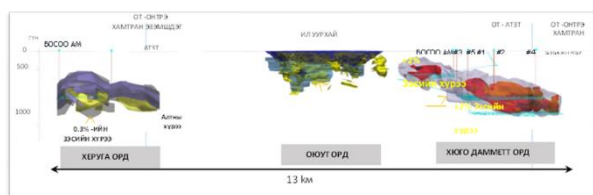
Эрдэнэтийн 2016-2020 онуудын хайгуулын ажилд нийт 55 310 204 000 төгрөгийн зардал гарсны 25 959 443 000 төгрөг буюу 46.9% - ийг гүйцээх болон нөөцийн зэрэглэл ахиулах баганат өрөмдлөгт, 15 276 222 000 төгрөг буюу 27.6%-ийг геологийн нөөцийн JORC (Жорк) ангилалд шилжүүлэн баталгаажуулах өрөмдлөгт, 1 765 846 000 төгрөг буюу 3.2%-ийг хөндлөнгийн хяналтын өрөмдлөгт тус тус зарцуулж, бүхэлдээ хайгуулын нийт зардлын 78% орчмыг өрөмдлөгт зарцуулсан байна.

II. ОЮУТОЛГОЙН ӨРӨМДЛӨГ

Оюу толгойн ашиглалтын тусгай зөвшөөрөлтэй талбайд БУ-аас 3Х чигт сунасан 13 км урт, 4 км өргөнтэй хүдэржилтийн бүсэд орших Оюу толгойн бүлэг ордод Херуга, Оюут болон Хюго Дамметт ордууд багтана. Оюу Толгой ХХК нь Оюу толгой,

Жавхлант, Шивээ толгой нэртэй ашиглалтын тусгай зөвшөөрөлт талбайнуудын хэмжээнд хийгдсэн хайгуулын ажлын үр дүн, түүнд тулгуурлан тооцоолсон геологийн нөөц, баялгийг тухайн үед мөрдөгдөж байсан Ашигт малтмалын тухай хууль болон холбогдох дүрэм, журмын дагуу 2009 болон 2014 онуудад тайлагнаж Ашигт малтмалын нөөцийн нэгдсэн бүртгэлд бүртгүүлсэн байдаг. Судалгааны энэ шатанд уг ордод олон улсын хэмжээнд хувьцаа гарган, хөрөнгө оруулалтыг олж, асар их хэмжээний хайгуулын баганат өрөмдлөгийг явуулж, дэлхийд хоёрхон байдаг, Австрали улсад үйлдвэрлэгдсэн, хатуу чулуулагтай ашигт малтмалын үндсэн ордод 5000м хүртэл өрөмдөх хүчин чадалтай ЮДР (UDR-Universal Drilling Rig)-5000 болон UDR-1500, UDR-1000 өрмийн төхөөрөмжүүдээр геологийн судалгаа, эрэл-хайгуулын зорилгоор 2000-2500м хүртэл гүн хүртэл өрөмдөж, 1000-1500м, түүнээс ч илүү гүнд, гүний магмын цацалтаар үүссэн порфирын гаралтай өндөр агуулгатай зэс-алтны хүдэржилтийг тогтоож, 2009 оны байдлаар 44 сая тонн цэвэр зэс (pure cooper), 1938 тонн алт (gold)-ны нөөцийг тогтоож, улсын эрдэс баялгийн санд бүртгүүлсэн болно.

Оюутолгойн бүлэг ордын ашиглалтын тусгай зөвшөөрөлтэй талбайд БУ-аас ЗХ чигт сунасан 13 км урт, 4 км өргөнтэй хүдэржилтийн бүсэд орших Оюу толгойн бүлэг ордод Херуга, Оюут болон Хюго Дамметт ордууд багтана (5-р зураг).



5-р зураг. Оюу толгойн бүлэг ордын зүсэлт (баруун урдаас зүүн хойшоо)

Оюу толгойн алт-зэсийн голлох нөөцтэй Хюго Дамметт ордод Өмнөд Хюго, Хойд Хюго болон Хойд Хюго үргэлжлэл хэсгүүд хамаардаг. Өмнөд Хюго болон Хойд Хюго хэсгийн хүдэржилт нь >2.5% зэсийн агуулгатай ба хүдэржилтийн бүсүүд Өмнөд Хюго хэсэгт газрын гадаргуугаас 300 м гүнд харин Хойд Хюго хэсэгт 900 м орчим гүнээс тус тус эхэлдэг. Хойд Хюго Үргэлжлэл хэсэг нь Онтрэ компанийн Шивээ Толгой ашиглалтын тусгай зөвшөөрөлт талбайд хамаарагдана. Тэдгээрийн хүдэржилт нь ХЗХ зүг рүү 3 км гаруй сунаж тогтсон байна.

Оюу толгойн алт-зэсийн голлох нөөцтэй Хюго Дамметт ордод Өмнөд Хюго, Хойд Хюго болон Хойд Хюго Үргэлжлэл хэсгүүд хамаардаг. Өмнөд Хюго болон Хойд Хюго хэсгийн хүдэржилт нь >2.5% зэсийн агуулгатай ба хүдэржилтийн бүсүүд Өмнөд Хюго хэсэгт газрын гадаргуугаас 300 м гүнд харин Хойд Хюго хэсэгт 900 м орчим гүнээс тус тус эхэлдэг. Хойд Хюго Үргэлжлэл хэсэг нь Онтрэ

компанийн Шивээ Толгой ашиглалтын тусгай зөвшөөрөлтэй талбайд хамаарагдана. Тэдгээрийн хүдэржилт нь ХЗХ зүг рүү 3 км гаруй сунаж тогтсон байна.

Энд 2015-2018 онуудад шинээр 51 цооногийн 15,567 т.м өрөмдлөгийг гулууз дээжлэлттэй баганат, үртсэн дээжлэлттэй урвуу үлээлгэт хийн цохилтот аргуудаар явуулж, тэдгээрийн өгөгдөл, мэдээлэл нэмэгдэж, хуучин цооногуудад дахин баримтжуулалт, баталгаажуулалт хийсэн байна.

ДҮГНЭЛТ

1. Энэхүү 2 том ордын жишээгээр авч үзэхэд геологийн судалгаа явуулж, эрэл-хайгуул хийж, ашигт малтмалын нөөцийг тооцох тогтооход өрөмдлөг маш чухал, зонхилох үүрэгтэй, иймээс ч хайгуулын шатны нийт зардлын $\frac{3}{4}$, түүнээс ч илүүг зарцуулан явагддаг байна.

2. Өрөмдлөгөөр бий болсон газрын хэвлийн гүний геологийн тогтоц, ашигт малтмалын тархалт, агуулга, нөөцийн мэдээллийг бий болгоход чухал үүрэг гүйцэтгэж, ихээхэн өртөг зардлаар бий болсон өрөмдлөгийн мэдээллийг хавсралт тайлан болгон архивлан хадгалах, энэ чиглэлээр өрөмдлөгийн мэргэжлийн байгууллага хүмүүсийн оролцоог хангаж, Мэргэшсэн, Зөвлөх үйлчилгээг бий болгох, Шүүмж, шинжээч хийлгэх шаардлагатай болохыг тэмдэглэж, санал болгож байна.

3. Бүхэлдээ их өрөмдөл илүү их олдог зарчмыг анхаарч цаашид геологийн судалгаа, орд, ашигт малтмалын эрэл-хайгуул хэдийгээр өртөг зардал өндөртэй ч өрөмдлөгийг аль болохоор их хэмжээтэй, түлхүү, оновчтой дараалал, байршилтайгаар шуурхай явуулах нь амжилтын гол үндэс болдгийг тэмдэглэж, санал болгож байна.

4. Бүхэлдээ энэ 2 томоохон ордын жишээгээр л авч үзэхэд ихээхэн хөрөнгө оруулалт гарган, өндөр өртөг зардал зарцуулан, хамгийн гол нь гүний бодит мэдээллийг бий болгосон их хэмжээний өрөмдлөгийн үр дүн, гүйцэтгэсэн үүрэг асар их ач холбогдолтой бөгөөд энэ талаар өмнө нь ч, одоо ч, тусгайлан авч үздэггүй, тайлан мэдээлэл гаргадаггүй нь учир дутагдалтай, цаашид АМО-ын хайгуул, нөөцийн тооцооны үйл ажиллагаанд өрөмдлөгийн байгууллага, мэргэжилтнүүдийг оролцуулж байх шаардлагатай болно.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Цэвээнжав.Ж, Тувшинбаяр.Д. Зэс-молибден, зэс алтны ордуудын өрөмдлөгийн нөхцлийн судалгаа, үнэлгээ, төрөлжүүлэлт. Хайгуулчин, УБ. 2011. №2/45. 19-24.
- [2] Д.Тувшинбаяр. Геологи-хайгуулын өрөмдлөгийн нөхцөл, технологийн түвшний үнэлгээ (Эрдэнэтийн ордын жишээ дээр. Техникийн ухааны доктор (PhD)-ын зэрэг горилсон нэг сэдэвт бүтээл (удирдагч проф. Ж.Цэвээнжав). УБ-Эрдэнэт, 2011, 105х.
- [3] Ганболд.С, Отгон-Эрдэнэ.Д. Мировая потребность меди и эксплуатация крупных месторождений меди Монголии. В сб. Технологии, экономика и экология горной

промышленности. (на монгольском языке). УБ. 2007. №35. стр265-271.

- [4] О.Батгэрэл, О.Цэдэндамба, Х.Амарзаяа, Д.Баттөмөр, Б.Лхагвасүрэн. Эрдэнэтийн зэс-молибдений ордод 2016-2020 онуудад гүйцэтгэсэн хайгуулын ажлын үр дүн, нөөцийн тодотгол тайлангийн танилцуулга. Эрдэнэт-Улаанбаатар, 2021,50х.
- [5] 7. А. Одончимэг, Т.Отгонбаяр, Д. Оюунжаргал, С.Мягмарсүрэн, Б.Мөнхбат. Оюутолгойн зэс-алтны бүлэг ордуудад 2015-2018 онуудад гүйцэтгэсэн хайгуулын ажлын үр дүн, нөөцийн тодотгол тайлангийн танилцуулга. Ханбогд-Улаанбаатар, 2021,33х.

II. ЕРӨНХИЙ АСУУДЛУУД

БАЯНГОЛЫН ТӨМРИЙН ОРДЫН ЧУЛУУЛГИЙН ӨРӨМДӨГДӨХ ЗЭРГИЙГ ТОДОРХОЙЛОХ СУДАЛГАА, ҮР ДҮН

Д.Ундармаа, Ж.Цэвээнжав, Л.Төвхөө, Ц.Удвалхорлоо, Д.Ууганбаяр Д.Сувд-Эрдэнэ, Б.Сувд-Эрдэнэ
Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Геологи уул уурхайн сургууль, Газрын тос өрөмдлөгийн салбар
undarmaad@must.edu.mn, btseven2003@must.edu.mn, tuvkhuu100@must.edu.mn, udvalkhorloo@must.edu.mn

Хураангуй— Өрмийн хушуу нэвтрэхэд чулуулгаас түүнд үзүүлэх эсэргүүцлээр тодорхойлогдох чулуулгийн цогцолбор үзүүлэлтийг тэдгээрийн өрөмдөгдөх чанар гэнэ. Өрөмдөгдөх чанар нь геологийн, технологийн, техникийн зэрэг олон хувьсах хүчин зүйлээс хамаарах функц бөгөөд түүнд чулуулгийн физик-механик шинж чанарууд, тэдгээрийн орших нөхцөл, үзүүрийн багажийн хийц, хэлбэр, хэрэглэж буй технологийн горим зэрэг нөлөөлнө.

Чулуулгийн өрөмдөгдөх зэргийг тодорхой нөхцөлд тогтоох нь материалын нормчлол гаргах, хурдас чулуулгийг өрөмдөгдөх зэргээр нь ангилах, энэ ангиллыг үндэслэж өрөмдлөгийн техник технологийн бүх асуудлуудыг оновчтойгоор шийдвэрлэхэд шинжлэх ухаан, үйлдвэрлэлийн чухал ач холбогдолтой, тодорхойлох зайлшгүй шаардлагатай юм.

Өрөмдлөгийн ажлын явцад чулуулгийн шинж чанарыг таних, тэдгээрийн үзүүлэлтүүдийг үнэн зөв тодорхойлох нь өрөмдлөгийн арга болон үзүүрийн багаж сонгох, технологийн боловсруулалт хийх, өрөмдлөгийн ажлын техникийн эдийн засгийн үзүүлэлтүүдийг тодорхойлох зэрэгт чухал ач холбогдолтой.

Өрөмдлөгт чулуулгийн өрөмдөгдөх зэргийг тодорхойлохдоо түүний динамик хатуулаг, элээх чанарыг үндэслэн тогтоодог арга зүйг өрөмдлөгийн практикт өргөн ашигладаг. Тус өгүүлэлд Баянголын төмрийн ордын жишээн дээр чулуулгийн өрөмдөгдөх зэргийг тодорхойлсон үр дүнг оруулсан болно.

Түлхүүр үг— өрөмдлөг, өрөмдөгдөх зэрэг, чулуулаг, хатуулаг, ангилал

I. ОРШИЛ

Төмрийн хүдрийн өрөмдлөгийн явцад диорит, гранит, төмөрлөг кварцит, роговит, кварцын судлууд зэрэг өрөмдөгдөх зэрэг өндөртэй чулуулгууд элбэг тохиолдох бөгөөд үзүүрийн багажийн элэгдэлт ихтэй, зарцуулалт өндөр байна. Үзүүрийн багажийн элэгдэлтэнд гол нөлөөлөх хүчин зүйл нь чулуулгийн өрөмдөгдөх зэрэг, чулуулгийн хатуулга байх ба эдгээр үзүүлэлтүүдийг зөв тодорхойлох, тохирсон үзүүрийн багажийг сонгох нь чухал юм.

Судалгаагаар Баянголын төмрийн ордын чулуулгийн дээжүүдэд өрөмдөгдөх зэргийг тодорхойлон үр дүнг тооцов.

II. ЧУЛУУЛГИЙН ӨРӨМДӨГДӨХ ЗЭРГИЙГ ТОДОРХОЙЛОХ АРГАЧЛАЛ

Өрмийн хушуу чулуулагт нэвтрэхэд түүнд чулуулгаас үзүүлэх эсэргүүцлээр тодорхойлогдох цогцолбор үзүүлэлтийг өрөмдөгдөх чанар гэнэ. Тоон утгаараа чулуулгийн өрөмдөгдөх зэрэг нь өрөмдлөгийн механик хурдаар тодорхойлогдоно.

Өрөмдөгдөх чанар нь геологийн, технологийн, техникийн зэрэг олон хувьсах хүчин зүйлээс

хамаарах функц бөгөөд түүнд чулуулгийн физик-механикийн шинж чанарууд, тэдгээрийн орших нөхцөл, үзүүрийн багажийн хийц, хэлбэр, хэрэглэж буй технологийн горим зэрэг нөлөөлнө.

Чулуулгийн өрөмдөгдөх зэргийг тодорхой нөхцөлд тогтоох нь материалын нормчлол гаргах, хурдас чулуулгийг өрөмдөгдөх зэргээр нь ангилах, энэ ангиллыг үндэслэж өрөмдлөгийн техник, технологийн бүх асуудлыг оновчтойгоор шийдвэрлэхэд шинжлэх ухаан, үйлдвэрлэлийн чухал ач холбогдолтой, тодорхойлох зайлшгүй шаардлагатай юм.

Орчин үед чулуулгийн өрөмдөгдөх зэргийг тодорхойлох олон аргууд байгааг дараах 3 группэд хуваан үзэж болно.

1. Өрөмдөгдөх зэргийг хурдас чулуулгийн петрографийн төрөл, эрдсийн бүрэлдэхүүнээс хамааруулан тогтоох геологийн аргууд.

2. Өрөмдөгдөх зэргийг туршилтын өрөмдлөгөөр хронометрийн ажиглалт хийж тогтоох үйлдвэрлэлийн аргууд.

3. Өрөмдөгдөх зэргийг тодорхой нөхцөлд багажийн тусламжтайгаар тогтоох лабораторийн аргууд.

Эдгээрээс эхний группэд багтах аргууд нь өрөмдлөг явагдах объектод геологичид хурдас чулуулгийн өрөмдөгдөх зэргийг тэдгээрийн петрографийн төрөл, эрдсийн бүрэлдэхүүнээс нь хамааруулан сонгомол дээжүүдтэй жиших замаар баримжаагаар тогтооход орших бөгөөд нарийвчлал муутай, хамгийн гол нь өрөмдлөгийн техник, технологийн асуудлуудыг шийдвэрлэхэд шаардлагатай гол үзүүлэлтүүдийг (хатуулаг, элээх чанар гэх мэт) тооцож тогтоодоггүйгээрээ учир дутагдалтай юм.

Орд объектуудад чулуулгийн физик-механик шинж чанарууд ихээхэн хувирамтгай байх тул туршилтын өрөмдлөгөөр чулуулгийн өрөмдөгдөх зэргийг тогтоох нь ихээхэн хэлбэлзэлтэй байж болох бөгөөд мөн л үзүүрийн багаж сонгох, өрөмдлөгийн технологийн горимуудыг боловсруулахад шаардлагатай гол үзүүлэлтүүдийг тооцож тогтоох нь дутагдалтай байдаг.

Чулуулгийн өрөмдөгдөх зэргийг тогтоох ихээхэн үнэмшилтэй арга нь лабораторийн арга бөгөөд эрэл, хайлуул, олборлолт явагдаж буй томоохон объектуудад чулуулгийн динамик бат бэх болон элээх чанарын зэргийг тодорхойлон үүнийг үндэслэн тодорхой хурдас чулуулгийн өрөмдөгдөх зэргийг лабораторийн нөхцөлд нарийвчлан тогтоогоод дараа нь үйлдвэрлэлд туршилтын өрөмдлөгөөр баталгаажуулдаг.

Дээрх үндэслэл дүгнэлтэд тулгуурлан чулуулгийн өрөмдөгдөх зэргийг тогтоох лабораторийн хэд хэдэн аргуудаас ОХУ-ын ЦНИГРИ (Центральный научно-исследовательский горно-разведочный институт цветных, редких и благородных металлов- Өнгөт, үнэт, ховор металлын хайгуул, уул уурхайн эрдэм шинжилгээний төв институт) институтэд боловсруулсан УСТ41-89-74 салбарын стандартаар батлагдсан аргыг сонгон авч судалгааны ажлыг хийх нь илүү оновчтой гэж үзэв.

Тус аргачлалаар чулуулгийг динамик бат бэхээр нь 1-р хүснэгтийн дагуу 6 ангилдаг.

1-р ХҮСНЭГТ. ЧУЛУУЛГИЙГ ДИНАМИК БАТ БЭХ

Динамик бат бэх		Чулуулгийн тодорхойлолт
Зэрэглэл	Үзүүлэлтийн утга	
I	8	Бага бат бэхтэй
II	8-16	Багавтар бат бэхтэй
III	16-24	Дунд зэргийн бат бэхтэй
IV	24-32	Бат бэх ихтэй
V	32-40	Маш их бат бэхтэй
VI	40	Дээд зэргийн бат бэхтэй

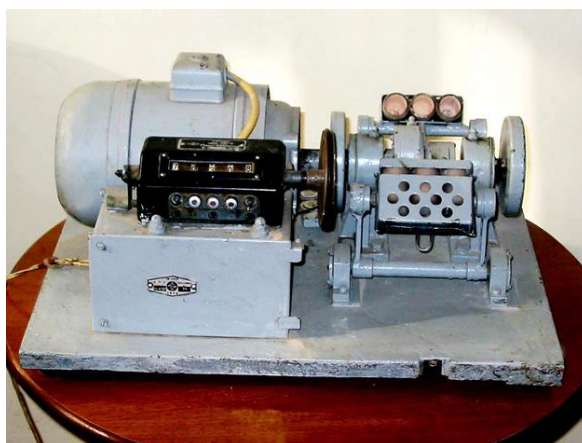


1-р зураг. Чулуулгийн динамик бат бэх тодорхойлох ПОК багаж
1 - чиглүүлэгч хоолой, 2 - корундын нунтаг, 3 - ачааллах цилиндр, 4 - хар тугалган үрэл, 5 - хуваарьтай бүлүүр, 6 - эзэлхүүн хэмжигчийн цилиндр, 7- туухай, 8 - аяга.

Чулуулгийг элээх чанараар нь 6 ангилсныг 2-р хүснэгтэд үзүүлэв.

2-р ХҮСНЭГТ. ЧУЛУУЛГИЙГ ЭЛЭЭХ ЧАНАР

Элээх чанар		Чулуулгийн тодорхойлолт
Зэрэглэл	К _{абр}	
I	0.5	Элээх чанар багатай
II	0.5-1.0	Элээх чанар багавтар
III	1.0-1.5	Элээх чанар дунд зэрэгтэй
IV	1.5-2.0	Элээх чанартай
V	2.0-2.5	Элээх чанар ихтэй
VI	2.5-3.0	Элээх чанар маш ихтэй



2-р зураг. Чулуулгийн элээх чанарыг тодорхойлох ПОАП-2М багаж

Эргэлтэт өрөмдлөгт чулуулгийн өрөмдөгдөх чанарын нэгдсэн үзүүлэлтийг тооцож 12 зэрэглэлд хуваадаг (3-р хүснэгт).

3-р хүснэгт. Чулуулгийн өрөмдөгдөх чанарын нэгдсэн үзүүлэлт, өрөмдөгдөх зэргийн хамаарал

ρ _м	Өрөмдөгдөх зэрэг	ρ _м	Өрөмдөгдөх зэрэг
-	I	10.2-15.1	YII
-	II	15.2-22.7	YIII
2.0-3.0	III	22.8-34.1	IX
3.14-4.5	IV	34.2-51.2	X
4.6-6.7	V	51.3-76.8	XI
6.8-10.1	VI	76.9-115.2	XII

Судалгаанд төмрийн ордыг төлөөлүүлсэн 54 чулуулгийн дээжид өрөмдөгдөх зэргийг тодорхойлох лабораторийн аргачлалын дагуу туршилт, хэмжилтийг хийж гүйцэтгэв.

Судалгааны дээжүүд нь төмрийн хүдэр, элсэн чулуу, габбро, хувирмал чулуу, конгломерат, алевролит, пирротин зэрэг чулуулгийн төрлүүд байна (Хүснэгт-4).

4-р хүснэгт. Чулуулгийн дээжийн нэр, тоо

№	Чулуулгийн нэр	Дээжийн тоо
1	Төмрийн хүдэр	15
2	Элсэн чулуу	15
3	Габбро	2
4	Хувирмал чулуу	1
5	Конгломерат	2
6	Алевролит	17
7	Пирротин	2
Нийт		54



Судалгааны үр дүнг нэгтгэн Хүснэгт-5-д үзүүлэв.

Дүгнэлт

Нийт 54 чулуулгийн дээжийн туршилтын үр дүнгээс үзэхэд хамгийн өрөмдөгдөх зэрэг өндөртэй нь XIX категорын (төмрийн хүдэр, элсэн чулуу, алевролит), хамгийн бага өрөмдөгдөх зэрэгтэй нь XV-XVII категорын (габбро, элсэн чулуу, алевролит) үзүүлэлттэй байна.

Туршилтаас үзэхэд чулуулгуудын өрөмдөгдөх зэрэг нь харьцангуй өндөр гарч байна. Зарим ижил төрлийн чулуулгууд харилцан адилгүй өөр өөр категорт байгаа нь чулуулгуудад хатуулаг өндөртэй эрдсүүдийн агуулгын хэмжээнээс хамаарсан байх талтай гэж үзэж байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Өрөмдлөг-19 Эрдэм шинжилгээний хурлын эмхэтгэл. УБ. 2019 он.
- [2] Л.Г.Грабчак, С.А.Брылов, В.И.Комащенко “Проведение горно-разведочного выработок и основы разработки месторождений полезных ископаемых” М., Недра., 1988
- [3] Ш.Б.Багдасаров, А.О.Верчеба, И.И.Пальмов “Справочник горного инженера геолога разведочных партий” М., Недра., 1986
- [4] Ж.Цэвээнжав, М.Банди, Л.Төвхөө, Л.Дүгэржав. Чулуулгийн өрөмдлөгт нөлөөлөх шинж чанаруудын судалгааны иж бүрэн аргачлал. Улаанбаатар. 1992.

4-Р ХҮСНЭГТ. ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН

Туршилтын дугаар		Чулуулгийн дээжийн дугаар	Чулуулгийн нэр	Динамик хатуулаг				Элээх чанар				Өрөмдөгдөх зэргийн тооцоо	
№	Тухайн дээжийн туршилтын дугаар			n	h, мм	Fg	Дундаж Fg	Q ₁ , мг	Q ₂ , мг	K _{абр}	Дундаж K _{абр}	ρ, нэгдсэн үзүүлэлт	Өрөмдөгдөх зэрэг
1	1	E2101	Төмрийн хүдэр	20	3	133	116.6	1075	975	1	0.875	118.2	XIX
	2			20	4	100		1090	1015	0.75			
2	1	E2102	Элсэн чулуу	20	4	100	100	965	885	0.8	0.875	104.5	XIX
	2			20	4	100		1040	945	0.95			
3	1	E2103	Габбро	20	8	50	50	1090	1035	0.55	0.75	51.4	XVII
	2			20	8	50		980	885	0.95			
4	1	E2104	Хувирмал чулуу	20	2.4	166.6	166.6	970	930	0.4	0.575	103.3	XIX
	2			20	2.4	166.6		1120	1045	0.75			
5	1	E2105	Элсэн чулуу	20	8	50	50	925	880	0.45	0.575	39.4	XVII
	2			20	8	50		955	885	0.7			
6	1	E2106	Элсэн чулуу	20	4	100	90	950	905	0.45	0.625	68.6	XVIII
	2			20	5	80		1145	1065	0.8			
7	1	E2107	Конгломерат	20	8	50	75	1125	1095	0.3	0.7	66.4	XVIII
	2			20	4	100		1065	955	1.1			
8	1	E2108	Алевролит	20	4	100	90	985	900	0.85	0.925	101.5	XIX
	2			20	5	80		1005	905	1			
9	1	E2109	Төмрийн хүдэр	20	3.4	117.6	125.4	1125	1010	1.15	0.9	128.8	XIX
	2			20	3	133.3		985	920	0.65			
10	1	E2111	Элсэн чулуу	20	6	66.6	55.5	1070	1025	0.45	0.525	39.1	XVII
	2			20	9	44.4		1000	940	0.6			

11	1	E2112	Габбро	20	8	50	45	1005	925	0.8	0.85	53.5	XVII
	2			20	10	40		1065	975	0.9			
12	1	E2113	Элсэн чулуу	20	5	80	73.3	1100	1005	0.95	0.825	76.8	XVIII
	2			20	6	66.6		1035	965	0.7			
13	1	E2114	Элсэн чулуу	20	8	50	47.2	1010	890	1.2	0.925	60.6	XVIII
	2			20	9	44.4		1105	1040	0.65			
14	1	E2115	Элсэн чулуу	20	10	40	45	1100	1035	0.65	0.65	40.9	XVII
	2			20	8	50		1045	980	0.65			
15	1	E2116	Алевролит	20	8	50	50	940	910	0.3	0.475	32.5	XV
	2			20	8	50		910	845	0.65			
16	1	E2117	Төмрийн хүдэр	20	4	100	88.4	890	855	0.35	0.425	46	XVII
	2			20	5.2	76.9		1060	1010	0.5			
17	1	E2118	Элсэн чулуу	20	12	33.3	33.3	990	940	0.5	0.8	39.6	XVII
	2			20	12	33.3		1085	975	1.1			
18	1	E2119	Элсэн чулуу	20	18	22.2	22.2	960	875	0.85	0.9	32.2	XV
	2			20	18	22.2		1050	955	0.95			
19	1	E2120	Төмрийн хүдэр	20	4	100	100	995	910	0.85	0.625	74.6	XVIII
	2			20	4	100		1005	965	0.4			
20	1	E2121	Алевролит	20	5	80	90	1010	915	0.95	0.875	96	XIX
	2			20	4	100		1105	1025	0.8			
21	1	E2122	Алевролит	20	8	50	50	1045	990	0.55	0.525	36	XVI
	2			20	8	50		1090	1040	0.5			
22	1	E2123	Элсэн чулуу	20	5	80	65	1105	1055	0.5	0.675	57.1	XVII
	2			20	8	50		1020	935	0.85			
23	1	E2124	Төмрийн хүдэр	20	9	44.4	38.8	905	870	0.35	0.425	23.8	XV
	2			20	12	33.3		980	930	0.5			

24	1	E2125	Элсэн чулуу	20	8	50	45	980	915	0.65	0.55	34.6	XVI
	2			20	10	40		1005	960	0.45			
25	1	E2126	Алевролит	20	4	100	75	1065	985	0.8	0.7	66.4	XVIII
	2			20	8	50		985	925	0.6			
26	1	E2128	Алевролит	20	12	33.3	36.6	1050	1010	0.4	0.425	22.7	XV
	2			20	10	40		900	855	0.45			
27	1	E2129	Төмрийн хүдэр	20	7.2	55.5	62.2	1085	1050	0.35	0.375	30.6	XV
	2			20	5.8	68.9		990	950	0.4			
28	1	E2130	Төмрийн хүдэр	20	6	66.6	61.9	960	910	0.5	0.7	56.9	XVII
	2			20	7	57.1		980	890	0.9			
29	1	E2131	Алевролит	20	6	66.6	58.3	900	820	0.8	0.925	71.7	XVIII
	2			20	8	50		1015	910	1.05			
30	1	E2132	Алевролит	20	5	80	80	910	825	0.85	0.725	72.4	XVIII
	2			20	5	80		1095	1035	0.6			
31	1	E2133	Алевролит	20	4	100	116.6	980	870	1.1	0.95	128.3	XIX
	2			20	3	133.3		1030	950	0.8			
32	1	E2134	Алевролит	20	4	100	100	1060	960	1	0.8	95.5	XIX
	2			20	4	100		1145	1085	0.6			
33	1	E2135	Конгломерат	20	14	28.5	26.7	1025	970	0.55	0.55	22.8	XV
	2			20	16	25		1145	1090	0.55			
34	1	PR-1	Пирротин	20	2.8	142.8	148.3	1055	975	0.8	0.7	114.6	XIX
	2			20	2.6	153.8		1020	960	0.6			
35	1	W2101	Алевролит	20	6	66.6	83.3	985	880	1.05	1.175	121.2	XIX
	2			20	4	100		1055	925	1.3			
36	1	W2102	Алевролит	20	8	50	53.7	990	920	0.7	0.725	52.5	XVII
	2			20	7	57.1		975	900	0.75			

37	1	W2103	Төмрийн хүдэр	20	16	25	25	1110	1020	0.9	0.9	35.4	XVI
	2			20	16	25		1120	1030	0.9			
38	1	W2104	Элсэн чулуу	20	4	100	90	1000	930	0.7	0.8	87.8	XIX
	2			20	5	80		1005	915	0.9			
39	1	W2105	Пирротин	20	5	80	90	990	940	0.5	0.625	68.6	XVIII
	2			20	4	100		1080	1005	0.75			
40	1	W2106	Алевролит	20	4	100	83.3	955	910	0.45	0.45	46.4	XVII
	2			20	6	66.6		930	885	0.45			
41	1	W2107	Төмрийн хүдэр	20	14	28.5	32.4	960	895	0.65	0.675	32.7	XVI
	2			20	11	36.3		1090	1020	0.7			
42	1	W2108	Элсэн чулуу	20	8	50	50	985	970	0.15	0.375	25.7	XV
	2			20	8	50		960	900	0.6			
43	1	W2109	Алевролит	20	5	80	65	980	880	1	0.9	76.1	XVIII
	2			20	8	50		1080	1000	0.8			
44	1	W2110	Алевролит	20	6	66.6	66.6	1045	990	0.55	0.575	49.6	XVII
	2			20	6	66.6		1025	965	0.6			
45	1	W2111	Төмрийн хүдэр	20	10	40	35.3	960	900	0.6	0.725	37.7	XVI
	2			20	13	30.7		1050	965	0.85			
46	1	W2112	Төмрийн хүдэр	20	4.6	86.9	72	925	840	0.85	0.875	80.3	XVIII
	2			20	7	57.1		1035	945	0.9			
47	1	W2113	Төмрийн хүдэр	20	3.6	111.1	69.8	965	905	0.6	0.675	60.4	XVIII
	2			20	14	28.5		1020	945	0.75			
48	1	W2114	Төмрийн хүдэр	20	4.4	90.9	93	1015	995	0.2	0.55	62	XVIII
	2			20	4.2	95.2		1070	980	0.9			
49	1	W2115	Алевролит	20	8	50	58.3	1040	935	1.05	0.545	42.2	XVII
	2			20	6	66.6		909	905	0.04			

50	1	W2116	Алевролит	20	12	33.3	50	1055	960	0.95	0.975	66.8	XVIII
	2			20	6	66.6		990	890	1			
51	1	W2117	Төмрийн хүдэр	20	5	80	92.6	1035	930	1.05	0.75	84.2	XIX
	2			20	3.8	105.2		1090	1045	0.45			
52	1	W2118	Төмрийн хүдэр	20	6	66.6	58.3	950	880	0.7	0.625	48.4	XVII
	2			20	8	50		1025	970	0.55			
53	1	W2119	Элсэн чулуу	20	4	100	100	905	855	0.5	0.625	74.6	XVIII
	2			20	4	100		1065	990	0.75			
54	1	W2120	Элсэн чулуу	20	8	50	50	1085	995	0.9	0.875	60	XVIII
	2			20	8	50		1070	985	0.85			

ЭРДЭНЭТИЙН-ОВОО ОРДЫН ӨРӨМДЛӨГИЙН УГААЛГЫН ШИНГЭНИЙ ШИНЖ ЧАНАРЫН СУДАЛГАА

Д.Ундармаа¹, Ж.Цэвээнжав¹, Т.Майнбаяр², Б.Эрдэнэбаяр²

Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Геологи, уул уурхайн сургууль, Газрын тос өрөмдлөгийн салбар

¹ Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Геологи, уул уурхайн сургууль

² Монгол улс, Эрдэнэт, Эрдэнэт үйлдвэр ТӨҮГ, ГХА

undarmaad1976@yahoo.com, btseveen2003@yahoo.com,

Хураангуй— Эрдэнэтийн зэс молибдений ордын геологийн хагарал ан цавшилт болон ил уурхайн тэсэлгээний үйлчлэлээр чулуулгийн ан цавшилт ихсэж, хэт их ан цавархаг болж бутралд орсноос өрөмдлөгийн үед механик хурд, дээжийн гарц, цооногийн ханын тогтворжилт зэрэг үзүүлэлтүүд буурч угаалгын шингэний алдагдал болон алмазан хушууны элэгдэл ихэссэн байна. Иймээс энэ асуудлыг шийдэх нэг арга нь цооногийн угаалга, угаалгын шингэний технологийн шинж чанар бөгөөд тухайн геологийн нөхцөлд тохирсон технологийн судалгааг хийх нь чухал байна.

Түлхүүр үг— Цооногийн угаалга, угаалгын шингэн, угаалгын шингэний технологийн шинж чанар

I. УДИРТГАЛ

Эрдэнэтийн овооны зэс-молибдений ордыг эрж хайх, нөөцийг тогтоох, олборлоход өрөмдлөгийн ажил чухал үүрэгтэй бөгөөд цаашдаа ч ач холбогдолтой хэвээр байна. Уг ордыг олж илрүүлсэн 1960-аад оноос хойш 50 гаруй жилийн хугацаанд бидний тооцоолсноор энэ ордод болон түүний ойролцоо дүүргүүдэд нийт 60 мянга орчим тууш метр хайгуулын, 4.8 сая гаруй тууш метр ашиглалтын (тэсэлгээний), 8 мянга гаруй тууш метр усны эрэл хайгуулын өрөмдлөгийг явуулжээ.

Өнөөдөр Эрдэнэтийн ордод геологи хайгуулын, уурхайн ашиглалтын, геотехнологийн, гидрогеологийн, инженер-геологийн зэрэг өрөмдлөгийн олон арга, технологийг хэрэглэсэн цогцолбор судалгаа, олборлолтын ажил явагдаж байна.

1990-ээд оноос хойш буюу зах зээлийн эдийн засагт шилжсэний дараа Эрдэнэтийн уул уурхайн цогцолборын шугамаар дээрхи чиглэлүүдээр гол төлөв уурхайн болон технологийн цооногуудын өрөмдлөг хийгдсэн байна.

Эрдэнэтийн зэс молибдений ордын Төвийн хэсгийн гүйцээх хайгуул, Баруун хойд хэсгийн хүдрийн ил уурхай болон уурхайн талбайд ашиглалтын хайгуулын цооногуудыг өрөмдөх үед чулуулгийн ан цавшилтаас шалтгаалан үүсэх хүндрэлүүд нь судлах шаардлагатай чухал асуудлуудын нэг юм.

II. СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

Өрөмдлөгийн угаалгын шингэн гэсэн ойлголтонд бутлагдсан чулуулгийн үртсийг цооногоос гаргах, цэвэрлэх зориулалттай ашиглагдаж байгаа бүх төрлийн ажлын шингэнийг ойлгох бөгөөд өрөмдлөгийн угаалгын шингэн нь анхандаа бутлагдсан үртсийг тээвэрлэх, үзүүрийн

багажийг хөргөх зорилгоор ашиглагдаж байсан ба цаг хугацааны явцад өрөмдлөг нь геологийн янз бүрийн хүндрэлтэй нөхцөлд илүү гүнд, тогтворгүй хурдас чулуулгийг өрөмдөж нэвтрэх болсноос олон төрлийн үүргүүдийг давхар гүйцэтгэх шаардлага гарч ирсэн.

Геологийн янз бүрийн хүндрэлтэй нөхцөлд хэрэглэхийн тулд угаалгын шингэний шинж чанарыг сайжруулах, боловсруулах зорилгоор нэмэлт химийн урвалж, бодисуудыг хэрэглэх, тэдгээрийн шинж чанарыг хянах шаардлагууд гарч ирсэн байна.

Эрдэнэтийн зэс молибдений ордын геологийн хагарал ан цавшилт болон ил уурхайн тэсэлгээний үйлчлэлээр хүдэр чулуулгийн ан цавшилт ихсэж, хэт их ан цавархаг болж бутралд орсноос өрөмдлөгийн үед механик хурд, дээжийн гарц, цооногийн ханын тогтворжилт зэрэг үзүүлэлтүүд буурч угаалгын шингэний алдагдал болон алмазан хушууны элэгдэл ихэссэн.

Эрдэнэтийн-Овоо ордын төвийн хэсэгт хийсэн чулуулгийн өрөмдөгдөх зэргийг тогтоох судалгаанаас үзэхэд чулуулаг нь кварцжиж нягтаршсан бат бөх трахиандизет бүхий эффузив чулуулаг, кварцын агуулга өндөр метасоматит, жижиг ширхэгтэй, 10-30% порфир шигтгээтэй гранодиорит, аплит маягийн боржин тэдгээрийн кварцжилтад орсон хүдэржсэн хэсэг маш хатуу, буюу өрөмдөгдөх зэрэг өндөр байна. Динамик бат бэхийн хувьд туршилтанд хамрагдсан нийт чулуулгийн 4% нь дунд зэргийн бат бэх, 27% нь бат бэх ихтэй, 69% нь маш бат бэх гэсэн ангилалд орж байна.

Эрдэнэтийн-Овоо ордын баруун хойд (ил уурхай) төвийн хэсэгт гүйцэтгэсэн өрөмдлөгийн ажилд зарцуулагдсан алмазан хушуунуудын элэгдлийг төрлөөр нь ангилж үзэхэд хэвийн жигд

элэгдсэн өрмийн хушуу 34%-ийг эзэлж байгаа бол 66% нь зүй бусаар элэгдсэн байсан. Алмазан хушуунуудын матриц бүрэн элэгдэж дуусаагүй байхад хушуу аль нэг хэсгээрээ түрүүлж элэгдсэнээр хушууны хувийн үзүүлэлт муудаж хайгуулын ажлын зардлыг өсгөж байна. Үүний гол шалтгаан нь өрөмдлөгийн угаалгын шингэний буруу сонголт, цооногийн хананы тогтворжилт муу, өрөмдлөгөөс үүссэн чулуулгийн үртэс бүрэн цэвэрлэгдэж, зөөгдөхгүйн улмаас дахин өрөмдөгдөж байгаа явдал юм.

Иймээс судалгааг Эрдэнэтийн овоо ордын төвийн хэсэгт 2021 онд өрөмдсөн геотехникийн GT21004, GT21003 цооногуудын өрөмдлөгийн ажлын жишээн дээр гүйцэтгэж, өрөмдлөгийн үеийн хүндрэлийг үнэлэх, угаалгын шингэний технологийн шинж чанарыг судлах зорилго тавилаа. Судалгааны явцад угаалгын шингэний технологийн үзүүлэлтүүдийг шингэний лабораторийн багаж төхөөрөмжөөр тодорхойлон үр дүнг Хүснэгт-1 -д үзүүлэв.

1-Р ХҮСНЭГТ. УГААЛГЫН ШИНГЭНИЙ
ШИНЖ ЧАНАРЫН СУДАЛГААНЫ ДҮН

Өрөмдөгч			Цооногийн		Ээлж		Өрмийн бригад		Огноо				
Н.Энхболд			Q, л/ми	Зумфны	өдөр		ҮЛ-900		2021.11.01				
Өрөмдөхөөс өмнөх үеийн		нягт	45	6м3	Угаалгын шингэн		Орц, кг	Чулуулгийн нэр	Чулуулгийн хатуулаг	Интервал, м			
					Элсний агууламж								
1.02	0		45	6м³		CHP		3	GDR	IX	250	230	1
1.02	0		45	6м³		CHP		3	GDR	IX	596	261	2
1.03	1		45	6м³		CHP		3	GDR	IX	268	271	3
1.02	1		45	6м³		CHP		3	GDR	IX	271	273	4
1.01	0		51	6м³		CHP		4	GDR	IX	450	453	5
1.00	2		51	6м³		CHP		5	GDR	IX	470	472	6
1.02	2		51	6м³		CHP		5	GDR	IX	500	503	7

	Судалгаа хийсэн				Ил уурхай			
	Б.Эрдэнэбаяр							
pH	Эргэлтэд орох үеийн үзүүлэлт			Цооногос гарч байгаа үеийн үзүүлэлт				
	зууралдлага	нягт	Элсний агууламж	зууралдлага	нягт	Элсний агууламж	зууралдлага	
5	21.73	1.02	0	22.3	1.04	1	25.5	
5	21.73	1.02	0	22.3	1.04	0	25.5	
5	18.5	1.01	1	19.1	1.02	0	20.2	
5	16.3	1.01	1	16.9	1.04	1	18.5	
5	15.0	1.00	1	15.6	1.00	1	27.0	
5	15.2	1.00	1	15.9	1.00	0	27.0	
5	14.5	1.00	1	14.7	1.01	0	28.0	

Хүснэгт-1-д үзүүлсэн судалгааны дүнгээс үзэхэд:

Усны рН үзүүлэлт: Эрдэнэтийн овоо ордын өрөмдлөгт ашиглаж байгаа технологийн ус нь хүчиллэг (рН=5) байгаа ба үүнээс хамааран бентонитийн уусмал зуурахад задрах боловч хөдөлгөөнгүй тодорхой хугацааны дараа доош тунаж, суулт өгч байгаа нь ажиглагдсан юм.

Өмнө хийгдсэн судалгаануудаас үзэхэд угаалгын шингэний шинж чанарт угаалгын шингэнийг бэлтгэх материалын болон усны шинж чанар нь ихээхэн нөлөөлөх ба угаалгын шингэн бэлтгэх усны шинж чанарыг рН, давсны агуулга, усны хатуулаг гэсэн үндсэн 3 хүчин зүйлсээр тодорхойлж болно.

Усны pH үзүүлэлт нь усны хүчиллэг эсвэл шүлтлэг шинжийг илэрхийлдэг үзүүлэлт бөгөөд дээжийн гарцыг сайжруулах, цооногийг тогтворжуулах, цооногт ус алдалтыг зогсоох, угаалгын шингэний зууралдлага, угаалгын шингэн бэлтгэхэд чухал нөлөөтэй. юм. Устөрөгчийн илтгэгч үзүүлэлт болох pH нь цэвэр усанд pH=7, pH нь 7-оос доош бол хүчиллэг, дээш бол шүлтлэг гэж үздэг. Өөрмдлөгт усны pH=8-9 байх нөхцөлд бентонит нь хамгийн сайн холигдох бөгөөд мөн ижил шүлтлэгтэй үед бентонитийн хөөлт хамгийн өндөр байдаг. Мөн

усан дахь pH=8-9 байх үед полимер нь хамгийн сайн шинж чанарыг үзүүлдэг.

Дээрхээс үзэхэд усны pH үзүүлэлтээс хамааран бэлтгэсэн уусмал нь өрөмдлөгийн үед бүрэн задарч найрагдаагүйгээс цооногийн ханыг тогтворжуулах, үртсийн зөөгдөлтөнд сөрөг нөлөө үзүүлж байна гэж үзэв.

Уусмалын нягт, зууралдлага: Судалгаанаас үзэхэд цооногоос гарч байгаа болон цооног руу орж байгаа уусмалын нягт ± 0.01 –ээр өөрчлөгдөж байгаа нь өрөмдлөгийн үед чулуулгийн үртэс бага үүсэж байгааг, зарим тохиолдолд нягт нь буурч байгаа нь цооногт уст үе таарсан байж болзошгүйг харуулж байна. Нягттай уялдаж зууралдлагыг үзүүлэлт нь 5-7 хүртэл секундээр өөрчлөгдөж байгаа юм.

Уусмалын элсний хэмжээ: Угаалгын шингэний элсний хэмжээ нь өрөмдөгдсөн чулуулгийн үртсийн хэмжээтэй холбоотой бөгөөд элсний хэмжээ 2-4%-ийн агуулгатай байгаа нь цооногуудад өрөмдлөгийн үед чулуулгийн үртэс зөөгдөлт муу явагдаж байгааг харуулж байна.

Түүнчлэн, судалгааны объект болох геотехникийн GT21004, GT21003 дугаар цооногуудын өрөмдлөгийн үед ан цавархаг үеүүдэд угаалгын шингэний алдагдал ихээр тохиолдож байв. Тухайлбал, GT21004 цооног өрөмдлөгийн явцад (100-280м) угаалгын шингэний алдагдал үүсэн, угаалгын шингэний алдагдлыг бууруулах зорилгоор бентонитийн уусмал болон бусад уусмалын алдагдлыг багасгах зориулалттай химийн урвалжуудыг ашигласан боловч (320м) угаалгын шингэн бүрэн алдагдалд орж өрөмдлөгт хүндрэл учруулж байсан юм. Тухайн цооног нь 70⁰ налуу өрөмдлөг хийж шавар уусмалаар цооногийн хананд бүрхүүл үүсгэж угаалгын шингэний алдагдлыг багасгаж байсан боловч өрөмдлөгийн сумыг хэт хурдан өргөж буулгах явцад хананд үүссэн бүрхүүлийг арилгаж угаалгын шингэн алдах гол шалтгаан болсон гэж үзэж байна.

GT21003 цооногийн хувьд мөн л 70⁰ налуу өрөмдлөг хийж байсан боловч угаалгын шингэний алдагдал харьцангуй бага, 0-40м цооногийн хана нурултай шаврын уусмал хэрэглэж өрөмдлөг хийгдэж байсан. 50-300м өрөмдлөг харьцангуй тогтвортой явагдаж байсан. 300-560м цооног шламжих шинжтэй байсан. Энэ үед цооногийн хана харьцангуй тогтвортой дээж гулууз, гарц 100% байсан учир угаалгын шингэний зууралдлагыг

нэмэгдүүлж тухайн цооногийг төслийн гүнд хүргэсэн.

Цооног өрөмдлөгийн үеийн угаалгын шингэний алдагдал нь хамгийн өргөн тархсан геологийн хүндрэлүүдийн нэг юм. Алмазан өрөмдлөгт шингэн алдагдлыг зогсооход богино хугацаанд усанд хурдан хатуурах бодисын нэмэгдэлтэй цементээр бэлтгэдэг.

ДҮГНЭЛТ

Судалгаанаас дүгнэж үзэхэд өрөмдлөгийн үед угаалгын шингэний шинж чанар харьцангуй тогтвортой, өрөмдлөгийн үед угаалгын шингэн бэлтгэхдээ оновчтой найрлага, бэлтгэх технологийн горимыг баримтлаагүй тал ажиглагдаж байгаа бөгөөд үүнээс үүдэн цооногийн хана хөөх, нурах, угаалгын шингэний сан үртэсжих, дээжийн уусалт, угаалт зэрэг хүндрэлүүд үүсэж байна. Ялангуяа, угаалгын шингэн бэлтгэх усны шинж чанарт анхаарах, усны pH үзүүлэлтийг хянах шаардлагатай гэж үзлээ.

Өрмийн уусмал бэлтгэх үндсэн технологи нь шаардлагатай шаврын нунтаг, химийн урвалж материалын орцыг тооцон хольж хутгаж бэлтгэхэд оршино. Уусмал бэлтгэх технологи нь түүхий эд материалын шинж чанар, бэлтгэх технологийн горимоос хамаарах үндэслэлтэй бөгөөд уусмалын шинж чанарт ихээхэн нөлөөлөл үзүүлдэг. Энэ нь уг бүтээгдэхүүнийг дагалдан ирсэн техникийн баримт бичигт заагдсан найрлагаар бэлтгээгүй, мөн уусмалын хутгалт, холилтыг дутуу хийснээс ихээхэн шалтгаална.

Технологийн горимоор бэлтгэсэн уусмалыг өрөмдлөгийн явцад шинж чанарыг, ялангуяа нягт, зууралдлага, элсний агуулга гэсэн үзүүлэлтүүдийг 7-8 цаг тутамд байнга хэмжиж, хянаж, өрөмдлөгийн ажлын журнал дээр тэмдэглэж занших нь бас чухал байна.

НОМЗҮЙ

- [1] Ж.Цэвээнжав, Д.Ундармаа, Ц.Удвалхорлоо “Өрөмдлөгийн үзүүлэлтүүд угаалгын шингэний төрөл, шинж чанараас хамаарах байдал” Монгол орны өрөмдлөгийн албаны тулгамдсан асуудлууд. УБ. 2001. 1/3. 44-56х.
- [2] Ж.Цэвээнжав, Л.Дүгэржав, Т.Чингис “Өрөмдлөгийн уусмалын шинж чанарыг тодорхойлох лабораторийн ажлын гарын авлага” УБ.2020 он
- [3] П.Ганбаатар, Д.Ундармаа, Х.Насанжаргал “Цооногийн ханын тогтвортой байдалд өрмийн угаах шингэний нөлөөлөл”, Монгол орны өрөмдлөгийн албаны тулгамдсан асуудлууд 2010, 1/12, 54-60х.

ДАЛД УУРХАЙН ӨРӨМДЛӨГИЙН УГААЛГЫН ШИНГЭНИЙ СУДАЛГАА

Д.Ундармаа¹, З.Болд-Эрдэнэ², Ж.Бат²

¹Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Геологи уул уурхайн сургууль, Газрын тос өрөмдлөгийн салбар

² Монгол улс, Улаанбаатар, "Мэйжор дриллинг" ХХК

undarmaad1976@yahoo.com

Хураангуй— Аливаа ордыг далд аргаар ашиглах нь ихээхэн хүн хүч, хөрөнгө мөнгө, нарийн технологи шаарддаг. Далд уурхайн процесс нь өөр хоорондоо нягт уялдаа холбоотой нийлмэл ажиллагаа юм. Далд уурхайн өрөмдлөг нь цооногийн зориулалтаасаа хамааран газрын гүнд, тодорхой чиглэлийн дагуу өрөмдөгддөг. Өрөмдлөгийн техник, технологийн хувьд газрын гадаргуугийн өрөмдлөгтэй ижил эргэлтэт өрөмдлөгийн аргаар ижил технологиор өрөмдөх боловч, цооногийн зориулалт, чиглэлээс хамааран өрөмдлөгийн нөхцөл, цооног цэвэрлэгээний технологийн горимыг нарийн тооцох шаардлагатай юм..

Түлхүүр үг— Далд уурхайн өрөмдлөг, угаалгын шингэн, цооногийн хазайлт, үртэс зөөгдөл

I. УДИРТГАЛ

Дэлхийд томоохонд тооцогддог “Оюу толгой” зэс-порфирийн ордыг ашиглах үйл ажиллагааны шинэ шатны гараа болох далд уурхайн бүтээн байгуулалтын гол хэсэг нь далд уурхайд хийх тэсэлгээ, бэхэлгээний зориулалттай хийгдэх өрөмдлөгийн ажил юм.

Аливаа хайгуулын, ашиглалтын, бэхэлгээний зэрэг зориулалттай цооног өрөмдлөгийн үед өрөмдлөгийн нөхцөл, чулуулгийн шинж чанарыг судлах, түүнд тохирсон өрөмдлөгийн арга, тоног төхөөрөмж, багаж хэрэгсэл, технологийг судлах зайлшгүй шаардлагатай байдаг.

Монгол улсын төдийгүй дэлхийн томоохон төслүүдийн нэгд зүй ёсоор багтах Оюутолгойн далд уурхайн бүтээн байгуулалтын голлох үйл ажиллагааны нэг нь далд уурхайн тэсэлгээ болон бэхэлгээний өрөмдлөгийн ажил билээ. Далд уурхайд хийгдэж буй хэдэн мянган тууш метр өрөмдлөгийн ажлыг аюулгүй, хурдан шуурхай, дэвшилтэт технологид суурилан хийх нь эрхэм зорилго билээ.

Судалгааны ажлаар Оюутолгойн далд уурхайд хийгдэж буй тэсэлгээ болон бэхэлгээний цооног өрөмдлөгийн үеийн хурдас чулуулаг, түүний шинж чанарт тохирсон цооног цэвэрлэх угаалгын шингэний технологийн үзүүлэлтүүдийг судлах ажлын хүрээнд чулуулгийн шинж чанар, түүний өрөмдлөгийн механик хурд болон цооногийн хазайлтын өнцөгт нөлөөлөх нөлөөллийг судлах, тэдгээрийн хоорондын хамаарлыг тогтоох зорилт тавьсан.

II. СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

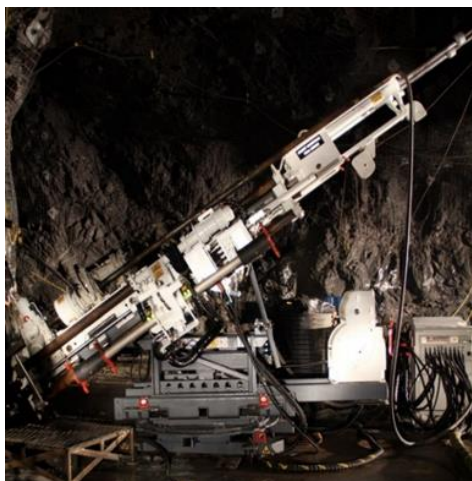
“Оюу толгой” зэс-порфирийн ордын өрөмдлөгт ордын өрөмдлөгт RC буюу хийн үлээлэгтэй эргэлтэт-цохилтот өрөмдлөг, гулууз дээж сугалагчтай алмазан өрөмдлөгийн аргыг ашиглаж байна.

- Газрын гадаргуугийн өрөмдлөгт RD1500, UDR1500, UDR650, JKS300, CS1000, Boartlongyear зэрэг өрөмдлөгийн тоног төхөөрөмжүүдийг ашиглаж байна. Эдгээр төхөөрөмжүүд нь өрөмдлөгийн явцад яндангийн цувааг сугалахгүйгээр дээжээ авдаг, өрөмдлөгийн нэвтрэлтийн хурд, хүч өндөртэй төхөөрөмжүүд юм. Өрөмдлөгийн дээжийн голч PQ (103.2mm), HQ (77.8 mm), NQ (60.3mm), BQ (46mm) байдаг. Түүнчлэн их гүний хүдрийн биетийг өрөмдөхөд цаг зардлыг хэмнэх ач холбогдолтой, тодорхой гүнээс цооногийн чиглэлийг өөрчлөх, налуугаар болон салаалуулж өрөмдөх Navidrill технологийг ашиглаж байна.

- Далд уурхайн геотехникийн тандалт судалгааны өрөмдлөгт UDR төрлийн хайгуулын болон Boartlongyear компанийн LM90, MDR700 болон Epiroc Diamec Smart өрмийн төхөөрөмжүүдийг ашиглаж байна.



Эргэлтэт өрөмдлөгийн UDR1500 өрмийн төхөөрөмж



Далд уурхайн LM90 өрмийн төхөөрөмж



Эргэлтэт өрөмдлөгийн JKS300 өрмийн төхөөрөмж



Далд уурхайн Epiroc Diamec smart-8 өрмийн төхөөрөмж

1-р зураг. Оюу толгойн ордын өрөмдлөгт ашиглагдаж байгаа өрөмдлөгийн төхөөрөмжийн төрлүүд

Далд уурхайн өрөмдлөгийн үед дараах хүндрэлүүд тохиолдож байна. Үүнд:

Угаалгын шингэний алдагдал: Далд уурхайн өрөмдлөг нь гадаргуугийн босоо цооногийн өрөмдлөгтэй харьцуулахад үе давхаргыг босоо тэнхлэгээр биш хэвтээ тэнхлэгийн дагуу дайрч өнгөрөх тул угаалгын шингэний алдалт үүсгэх хурдас чулуулгийн үе таарах үед ус алдах бүсийн хэмжээ их байна.

Өрмийн сум гацах: Далд уурхайн өрөмдлөг нь гадаргуугийн босоо цооногийн өрөмдлөгтэй харьцуулахад үе давхаргыг босоо тэнхлэгээр биш хэвтээ тэнхлэгийн дагуу дайрч өнгөрөх тул давхаргын даралтын хэмжээ, хүчний шууд үйлчлэх гадаргуугийн хэмжээ их байна.

Цооног хангалттай цэвэрлэгдэхгүй байх: Далд уурхайн өрөмдлөг нь хэвтээ тэнхлэгийн дагуу явагдах ба цооногийн хазайлтын өнцгийг үл ялиг өөрчлөхөд угаалгын шингэний үртэс тээвэрлэх, өргөх хүчинд нөлөөлнө. Өөрөөр хэлбэл өрөмдлөгийг босоогоос хэвтээ чиглэлд шилжүүлэхэд өрөмдлөгийн шингэний үртэс зөөвөрлөх хүчин чадал буурах болно. Энэ нь үртэс дээшээ өргөгдөх гэхээсээ илүү цагирган хэлбэртэй биетийн хажуугийн ханыг дагаж доошоо унах хандлагаас болж үүсдэг.

Нэвтрэлтийн хурд удаашрах: Далд уурхайн өрөмдлөг нь босоогоос хэвтээ чиглэлд шилжүүлэхэд өрөмдлөгийн шингэний үртэс зөөвөрлөх хүчин чадал буурах болно. Энэ нь үртэс дээшээ өргөгдөх гэхээсээ илүү цагирган хэлбэртэй биетийн хажуугийн ханыг дагаж доошоо унах хандлагаас болж үүсдэг. Үртэс гаргалтыг сайжруулахад илүү зууралдлага ихтэй өрмийн уусмал ашиглах шаардлагатай бөгөөд энэ нь нэвтрэлтийн хурданд сөргөөр нөлөөлөх талтай.

Дээжийн гарц буурах: Далд уурхайн хайгуулын өрөмдлөг нь босоо цооногтой ижил технологиор явагдах тул дээжний гарцад нөлөөлөх зүйлгүй, дээж авалт 95%-аас багагүй байх гэсэн шаардлагыг хангана.

Угаалгын систем: Далд уурхайн хайгуулын өрөмдлөг нь газрын гүнд буюу Оюу толгойн ордын хувьд одоогоор 1300м-ийн гүнд өрөмдлөгийн тоног төхөөрөмжүүд бусад багаж хэрэгслийг ажиллуулж байна. Үүнтэй холбоотойгоор угаалгын шингэний сан ашиглах боломжгүй бөгөөд угаалгын циркуляци системгүй, давхаргын усыг ашиглан цооногийг угааж, цооногоос гарсан шингэнийг дахин ашиглахгүй байгаа нь угаалгын шингэнийг бэлтгэх материалын хэмжээ болон өрөмдлөгт зарцуулж байгаа зарцуулалтын хэмжээ босоо цооногтой харьцуулахад маш өндөр байна.

Эдгээр өрөмдлөгийн хүндрэлүүдээс угаалгын шингэний сонголт, төрөл, шинж чанар, урсгалын горимыг нарийн тооцож ашиглах нь урьдчилан сэргийлж болох бөгөөд эсрэгээр нарийн тооцоогүйгээс угаалгын шингэн нь эдгээр

хүндрэлийг үүсгэх нөхцөл болох тал бий. Үүнээс үзэхэд өрөмдлөгийн технологи, цооног нэвтрэлт нь угаалгын шингэний шинж чанар, төрөл, сонголтоос ихээхэн хамаарах нь харагдаж байна.

Иймд далд уурхайн өрөмдлөгийн нөхцлийг үнэлэх, угаалгын шингэний технологийн үзүүлэлтийг нарийн тооцох шаардлагатай байна.

Далд уурхайн өрөмдлөгт алмазан эргэлтэд өрөмдлөгийн аргаар цооногуудыг өрөмдөж байгаа бөгөөд эргэлтийн хурдыг дунджаар 1500эрг/мин, чулуулгийн төрөл, шинж чанар болон цооногийн гүн, үзүүрийн багажийн хатуулгаас хамаарч даралтыг 1000-2500psi хязгаарт тус тус өрөмдөгдөж байна. Далд уурхайн өрөмдлөгт дараах зориулалтын цооногуудыг өрөмдөж байна. Үүнд:

- Чичирхийллийн цооног бол 200-70 метрийн гүнтэй, -75 аас 90 градусын хооронд
- Геотехникийн тандалтын цооногууд ихэвчлэн 200-1000м гүнтэй +20 оос -70 градусын хооронд
- Ашиглалтын цооног буюу уурхайн түвшин хооронд нэвтэлж цахилгааны утас болон ус тунгаагч сампны хуванцар хоолой 2 түвшний хооронд гаргах цооногууд ихэвчлэн 30-80метрийн гүнтэй -65 аас -75 градусын хооронд
- Уурхайн хүдэр буулгах болон түвшин хооронд агааржуулалтын том нүх гаргах зорилгоор өрөмддөг рейзборийн өрөмдлөг
- Чулуулгийн бэхэлгээ хийх зориулалтаар 30-50 метрийн гүнтэй -89 градустай өрөмдлөг

Өрөмдлөгийн технологийн горимууд болох эргэлтийн давтамж, угаалгын шингэний зарцуулалт, тэнхлэгийн ачаалал, механик хурд зэрэг нь эргэлтэд өрөмдлөгийн үед цооног цэвэрлэх угаалгын шингэний төрөл, шинж чанараас ихээхэн хамаарна.

Судалгааны объект болох далд уурхайн өрөмдлөгт угаалгын шингэний технологийн үзүүлэлтүүдийг дараах хязгаарын утганд хэрэглэж байна (Хүснэгт-1).

1-р ХҮСНЭГТ. УГААЛГЫН ШИНГЭНИЙ ТЕХНОЛОГИЙН ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮД

№	Угаалгын шингэний үзүүлэлтүүд	Нягт, гр/см ³	Зууралдлага, сек	Хатуу хэсгийн агуулга, %	Ус өгөлтийн хэмжээ, см ³	Бүрхүүлийн зузаан, мм	pH
1	Хэвийн нөхцөлд ашиглах	1.02-1.10	28-40	<4	12-15	2-3	8-10
2	Хүндрэлтэй нөхцөлд ашиглах	1.05-1.20	32-50	<4	14-18	2-3	8-10

Хүснэгтээс үзэхэд ус алдах, дээжийн гарц, үртэс зөөгдөлт муудах зэрэг хүндрэлтэй нөхцөлд угаалгын шингэний технологийн үзүүлэлтүүдийг тухайн чулуулгийн шинж чанарт тохируулан боловсруулалт хийх шаардлагатай болдог.

Далд уурхайн өрөмдлөгийн үед цооногийн зориулалтаас хамааран цооногууд чиглэлтэй буюу хазайлттай, хэвтээ чиглэлээр өрөмдөгдөж байгаа билээ. Үүнтэй уялдан цооногийн ханын тогтворжилт алдагдах, үртэс зөөгдөлт буурах, эргэлт тогтворгүй болох зэрэг хүндрэлүүд үүсэж байгаа нь угаалгын шингэний технологийн шинж чанарт анхаарах шаардлагатайг харуулж байна.

Энэхүү судалгаанд дээрхи өрөмдлөгийн хүндрэлүүдээс үртсийн зөөгдөх чанарыг голлон сонгож, цооног цэвэрлэгээний технологи, угаалгын шингэний төрөл, шинж чанараас хэрхэн хамааралтай байгааг судлахыг зорилоо.

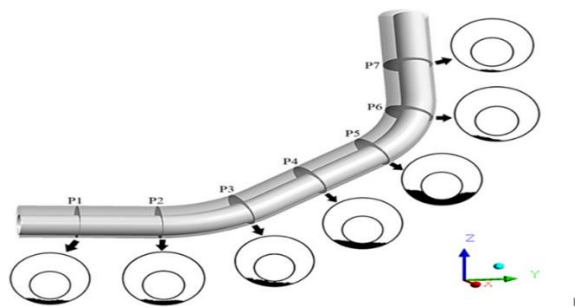
Өрөмдлөгийн нэвтрэлт, хурданд угаалгын шингэний технологийн шинж чанар хэрхэн нөлөөлөл үзүүлэх талаар судалгааны ажлууд байдаг боловч үртэс зөөвөрлөх чанарын талаар судалсан судалгаа байдаг ч өрөмдлөгийн шингэний зууралдах чанар үртэс зөөвөрлөх гүйцэтгэлд ямар нөлөө үзүүлдэгт анхаарч судалсан нь цөөхөн. Түүнчлэн урсгалын нөхцөл байдал ямар байхад өрөмдлөгийн шингэний зууралдлагаас хамаарсан үртэс зөөвөрлөх чанарыг судалсан судалгаа байхгүй байна. Үүнээс үүдэн шингэний зууралдах чанар нь үртэс зөөвөрлөх гүйцэтгэлд яаж нөлөөлдөг тал дээр хэвтээ чиглэлийн, шилжилтийн болон тогтворгүй ширүүн урсгал дээр хийгдсэн судалгаанууд хоорондоо зөрүүтэй байдаг. Ялангуяа цооног өрөмдлөгийн үед хэвтээ болон их хазайлттай/чиглэлтэй цооноогоор үртэс зөөгдөхөд реологийн шинж чанар, өрөмдлөгийн угаалгын шингэний зууралдлага, эргэлтийн хурд болон цооногийн өнцөг ямар нөлөө үзүүлж байгааг судлах нь чухал байна.

Өрөмдлөгийн цооногийн тэнхлэг босоо чиглэлээс өөрчлөгдөж хэвтээ, хазайлттай өрөмдөх үед чулуулгийн үртсийн зөөгдөлт муудаж, цооногийн доод хэсэгт хуримтлагдах нөхцлийг бүрдүүлдэг. Үүнтэй холбоотойгоор цооногт ажиллаж байгаа яндан хэт чангарах, чирэгдэх болон эргэлт тогтвортой байдлаа алдах, үртэс зөөгдөхгүй тунах зэрэг хүндрэлүүд үүсдэг байна.

Өрөмдлөгийн шингэний үртэс зөөвөрлөх чадвар нь цооног цэвэрлэгээний чанарын гүйцэтгэлийг тодорхойлох бөгөөд цооног цэвэрлэх ажиллагаа хангалттай хийгдэж байж л дээр дурьдсан хүндрэлүүд үүсэхээс сэргийлж чадна. Улмаар өрөмдлөгийн цаг бага шаардагдах ба энэ нь өрөмдлөгийн зардлыг үлэмж хэмжээгээр бууруулах болно.

Зураг-2 -оос үзэхэд цооногийн хазайлтын өнцгийг үл ялиг өөрчлөхөд угаалгын шингэний

өргөх хүчинд нөлөөлнө. Өрөмдлөгийг босоогоос хэвтээ чиглэлд шилжүүлэхэд өрөмдлөгийн шингэний үртэс зөөвөрлөх хүчин чадал буурах болно. Энэ нь үртэс дээшээ өргөгдөх гэхээсээ илүү цагирган хэлбэртэй биетийн хажуугийн ханыг дагаж доошоо унах хандлагаас болж үүсдэг байна.



2-р зураг. Цооногийн өнцгөөс үртэс зөөгдөлт хамаарах байдал

Оюу толгойн далд уурхайн өрөмдлөгийн үед Зураг-2 дахь P4, P5 өнцгийн хазайлттай өрөмдөгдөж байгаа геотехникийн цооногуудын өрөмдлөгийн үеийн үртэс гаргалтын хэмжээ, P1, P2 өнцгийн хазайлттай өрөмдөгдөж байгаа тандалтын цооногуудын өрөмдлөгийн үртэс гаргалттай харьцуулахад муу байна. Энэ нь цооногийн өнцгийг 60-аас 90 градус болгож системтэйгээр нэмэгдүүлэхэд үртэс зөөвөрлөх гүйцэтгэлд эергээр нөлөөлдөг буюу 40 хүртэл хувиар нэмэгддэг нь тогтоогдсон байна. Түүнчлэн өрөмдлөгийн шингэний эргэлтийн хурд нь үртэс зөөвөрлөх гүйцэтгэлд маш чухал нөлөө үзүүлдэг нь харагдсан байна.

Далд уурхайн өрөмдлөгийн үед үүсэх технологийн хүндрэлүүдээс урьдчилан сэргийлэх, үүссэн хүндрэлийг арилгахад угаалгын шингэний технологийн үзүүлэлтүүдээс угаалгын шингэний урсгалын хурд, уусмалын зууралдлага, урсгалын горимыг голчлон үзэх шаардлагатай гэж үзэж байна.

Далд уурхайн өрөмдлөгийн үед чулуулаг тогтвортой өрөмдлөг хэвийн явагдаж байгаа үед CR-650, PAC-R, Superlube зэрэг уусмалын төрлүүдийг хэрэглэдэг ба тогтворгүй шаварлаг зөөлөн чулуулгийн үе болон хагарал ихтэй, хайрга чулуулгийн үе давхаргад ханыг тогтворжуулах, ан цавыг хаах зорилгоор их хэмжээгээр Aus-Gel болон Ezee-Trol хэрэглэдэг. Угаалгын шингэний зарцуулалтыг хэвийн нөхцөлд чулуулаг болон үзүүрийн багажийн хатуулгаас хамаараад 50-70л/мин, хэт хатуу чулуулагт 30-40л/мин, тогтворгүй нурулт ихтэй чулуулгийн үед нурах магадлалтай байдаг тул зарцуулалтыг 30-40л/мин болгон багасгадаг.

Туршилтыг 200-1000м гүнтэй +20 оос -70 градусын хооронд явагдах геотехникийн цооногийн өрөмдлөг дээр явуулсан бөгөөд CR-650, PAC-R, Superlube төрлийн угаалгын шингэний төрлүүдийг ашиглаж, угаалгын шингэнээр зөөгдөн гарсан үртсийн хэмжээг хатаан жигнэж харьцуулан, үртэс гаргалтын хэмжээг тодорхойлсон болно. Тухайн үеийн угаалгын шингэний технологийн үзүүлэлтүүдийг дараах хүснэгтэд үзүүлэв.

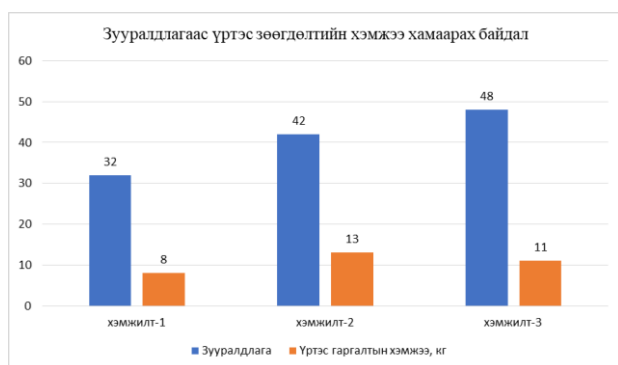
2-Р ХҮСНЭГТ. УГААЛГЫН ШИНГЭНИЙ ТЕХНОЛОГИЙН ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮД

Нөхцөл	Нягт, гр/см ³	Зууралдлага, сек	Хатуу хэсгийн агуулга, %	Ус өгөлтийн хэмжээ, см ³	Бүрхүүлийн зузаан, мм	pH	Үртсийн хэмжээ, кг
Хэмжилт-1	1.02	32	<4	14	2	8	8
Хэмжилт-2	1.15	42	<4	14	2	8	13
Хэмжилт-3	1.20	48	<4	14	2	8	11

Өрөмдлөгийн үед цооног өрөмдлөгийн үртэс гаргалт муудсан тул угаалгын шингэний зууралдлагыг 1.02 гр/см³ -аас 1.15 гр/см³ болон 48 сек, зууралдлагыг 32 сек-ээс 42, 48 сек-ийн зууралдлагатай болгож өөрчлөн 3 удаагийн хэмжилтийг явуулав. Хэмжилтийг явуулахдаа нэг төрлийн чулуулгийн үед явуулсан бөгөөд 1 рейсийн хугацаанд буюу 3м өрөмдөх хугацаанд зөөгдөн гарч ирсэн чулуулгийн үртсийг хатаан, хэмжин тодорхойлон гаргасан болно. Үртэс гаргалтын хэмжээний өөрчлөлтийг дараах зургаар харуулав.

3-Р ХҮСНЭГТ. ЗУУРАЛДЛАГААС ХАМААРСАН ҮРТЭС ГАРГАЛТЫН ХЭМЖЭЭНИЙ ХАРЬЦУУЛАЛТ

Угаалгын шингэний зууралдлага, сек		
32 сек	42сек	48сек
Үртэс гаргалтын хэмжээ, кг		
8кг	13кг	11



3-р зураг. Зууралдлагаас үртэс зөөгдөлтийн хэмжээ хамаарах байдал

Судалгаанаас харахад угаалгын шингэний зууралдлагыг нэмэгдүүлэхэд үртэс гаргалтын хэмжээ мэдэгдэхүйц хэмжээгээр нэмэгдэж байна. Энэ нь хэмжилт-1, хэмжилт-2-ын үр дүнд харагдаж байна. Харин зууралдлагыг дахин нэмэгдүүлэхэд эсрэг нөлөө үзүүлж байгаа нь хэмжилт-3-ын үр дүнгээс харагдаж байна.

Үртсийг өндөр хазайлттай цооногоор тээвэрлэж байгаа үед зууралдлага яаж нөлөөлдөг талаар олон янзын санааг судлаачид дэвшүүлсэн. Zeidler (1972), Okrajni болон Azar (1986), Pilehvari et al. (1999), Jawad (2002), Kelessidis et al. (2007), Mohammadsalehi болон Malekzadeh (2011) зэрэг зарим судлаачид өрөмдлөгийн угаалгын шингэний зууралдлагыг нэмэгдүүлэх нь цооногийн цэвэрлэгээг дордуулдаг гэж үзсэн бөгөөд үүнийг угаалгын шингэний урсгалын горим нь турбулент горимоос ламинар горимд шилжсэнээр тайлбарласан байна.

Шингэний гидравликийн хувьд шингэний урсгалын 2 горим байдаг гэж үздэг байна.

- Ламинар горим-шингэний тогтвортой урсгал. Энэ нь тодорхой голчтой хоолойгоор урсах шингэний хэсгүүд хоолойн тэнхлэгтэй параллель буюу шулуун чиглэлээр ямар ч хөндлөн шилжилт хийхгүй, нэг төвтэй цагираг үе дээр урсах шингэнийг хэлнэ.

- Турбулент горим-шингэний тогтворгүй урсгал. Энэ нь шингэний хэсгүүд хурд ба даралтын лугшилтын нөлөөгөөр эрчимтэй холилдож эмх замбараагүй урсах шингэнийг хэлнэ.

Урсгалын хурд ба хөндлөн огтлолын хэмжээ ихсэх, уусмалын зууралдлага ихсэх багасах нөхцөлд шингэний нэг горимоос нөгөө горимд шилжих боломжтой байдаг байна.

Английн эрдэмтэн Рейнольдс урсгалын шинж чанар нь Re гэх нэгжгүй хэмжигдэхүүнээс хамаарна гэж үзсэн бөгөөд Рейнольдсын тоо нь дараахаар тодорхойлогдоно.

Гидравликийн радиусаар илэрхийлбэл:

$$Re = \frac{U \cdot R \cdot \rho}{\mu} = \frac{U \cdot R}{\mu} \quad (1)$$

Дугуй огтлолтой хоолойн голчоор илэрхийлбэл:

$$Re = \frac{U \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{U \cdot d}{\mu} \quad (2)$$

Үүнд: Re – Рейнольдсын тоо, ρ – шингэний нягт, U – шингэний дундаж хурд, μ – шингэний зууралдлага

Практик тооцоонд шингэний хөдөлгөөний горимыг тогтооход гидродинамикийн төсөөтэй онолыг ашиглан хэмжих нэгжид анализ хийх арга дээр үндэслэн Рейнольдсын тоог гарган тодорхойлж болно.

Тодорхой чиглэл, өнцгийн хазайлттай цооног өрөмдлөгийн үед чулуулгийн үртэс нь ламинар горимоос илүү турбулент горимын үед илүү сайн зөөгдөх магадлалтай гэж үздэг байна.

Хүснэгт 3-аас үзэхэд цооногийн өнцгөөс үл хамааран үндсэн зууралдлагыг 32сек-оос 42 сек болгож нэмэгдүүлэхэд үртэс зөөвөрлөх гүйцэтгэл нэмэгддэг гэдэг нь тодорхой харагдаж байна. Гэсэн хэдий ч зууралдлагыг 48 сек болгож эрчимжүүлэхэд үртэс зөөгдөлд сөргөөр нөлөөлж байна гэж үзэв.

Зууралдах чанарыг нөлөөлөх нөгөө 2 параметр болох шингэний эргэлтийн хурд, цооногийн өнцгийн хамт янз бүрийн урсгалын нөхцөлд шалгаж үзсэн.

- Урсгалын горим тогтворгүй ширүүн байлгаад эргэлтийн хурдыг тогтмол байлгахад бүх өнцөг дээр өрөмдлөгийн шингэний зууралдлагыг нэмэгдүүлэхэд үртэс зөөвөрлөх гүйцэтгэл ойролцоогоор 8%-иар сайжирсан.
- Гэхдээ урсгалыг горимыг завсрын юмуу хавтгай гадаргуу дээр урсах горимонд шилжүүлэн зууралдах чанарыг үргэлжлүүлэн нэмэгдүүлэхэд үртэс зөөвөрлөх гүйцэтгэлийн дунджаар 12%-иар буурсан гэж туршилтаар тогтоогдсон байна.

Туршилтын өгөгдлөөр урсгалын хурд болон шингэний урсгалын горимыг тооцож үзвэл:

Цооногт 50л/мин зарцуулалттай шахагдаж байгаа шингэний урсгалын хурдыг тооцвол:

$$NQ = \frac{1270 \cdot 50}{(96 \cdot 96) - (89 \cdot 89)} = 49.03 \text{ м/мин} = 0.81 \text{ м/сек}$$

$$NQ = \frac{1270 \cdot 50}{(75.7 \cdot 75.7) - (69.9 \cdot 69.9)} = 75.19 \text{ м/мин} = 1.25 \text{ м/сек}$$

Рейнольдсын тоог тодорхойлбол:

$$Re = \frac{U \cdot D \cdot \rho}{\mu} \quad (3)$$

Туршилтанд ашигласан уусмалын нягтын өөр утганд HQ голчоор өрөмдөх үед:

$$1.02 \text{ кг/м}^3 \text{ буюу } 1020 \text{ гр/см}^3 \text{ нягттай үед:}$$

$$Re = \frac{0.81 \cdot 0.096 \cdot 1020}{20 \cdot 10^{-3}} = 3965$$

1.15 кг/м^3 буюу 1150 гр/см^3 нягттай үед:

$$Re = \frac{0.81 \cdot 0.096 \cdot 1150}{22 \cdot 10^{-3}} = 4064$$

1.20 кг/м^3 буюу 1200 гр/см^3 нягттай үед:

$$Re = \frac{0.81 \cdot 0.096 \cdot 1200}{23 \cdot 10^{-3}} = 4057$$

Туршилтанд ашигласан уусмалын нягтын өөр утганд NQ голчоор өрөмдөх үед:

$$1.02 \text{ кг/м}^3 \text{ буюу } 1020 \text{ гр/см}^3 \text{ нягттай үед:}$$

$$Re = \frac{1.25 \cdot 0.075 \cdot 1020}{20 \cdot 10^{-3}} = 4781$$

1.15 кг/м^3 буюу 1150 гр/см^3 нягттай үед:

$$Re = \frac{1.25 \cdot 0.075 \cdot 1150}{22 \cdot 10^{-3}} = 4900$$

1.20 кг/м^3 буюу 1200 гр/см^3 нягттай үед:

$$Re = \frac{1.25 \cdot 0.075 \cdot 1200}{23 \cdot 10^{-3}} = 4891$$

Шингэний урсгалын Рейнольдсын тоо < 2300 хязгаарт шингэний урсгал ламинар горимоор, харин Рейнольдсын тоо $4000 <$ хязгаарт турбулент горимоор урсана. Үүний дагуу шингэний урсгалын хурд, цооногийн голч, шингэний нягтаас хамаарсан хамаарлаар уусмалын нягт байх нөхцөлд цооног дахь шингэний урсгал ламинар горимоор, харин уусмалын нягтыг ихэсгэхэд турбулент горимд шилжсэнээр үртсийн зөөгдөх чанар илүү сайжирсан гэж дүгнэж байна. Харин уусмалын нягт болон зууралдлага илүү өсөхөд урвуу хамааралтай, өөрөөр хэлбэл үртэс зөөгдөл муудах талтай байна. Туршилтын үр дүнгээс үзэхэд мөн тодорхой цооногийн хазайлттай нөхцөлд цооногийн ханын тогтворжилт болон үртсийн тунах хурдын нарийн тооцох шаардлагатай нь харагдаж байна.

Ижил урсгалын түвшинд угаалгын шингэний зууралдлагыг нэмэгдүүлснээр одоогийн урсгалын горим нь турбулент урсгалаас хэвтээ чиглэлийн урсгал руу хөрвөх хандлагатай байдаг.

ДҮГНЭЛТ

Далд уурхайн өрөмдлөгт угаалгын шингэний технологийн шинж чанар ямар нөлөөлөл үзүүлж байгааг уг судалгаагаар хийж гүйцэтгэлээ. Үүнд:

Босоо цооног өрөмдлөгийн технологи үйл ажиллагааг далд уурхайн өрөмдлөгийн технологитой харьцуулан онцлогийг гаргав.

Далд уурхайн өрөмдлөгийн үед технологи ижил боловч зарим өрөмдлөгийн нөхцлөөс хамааран тодорхой технологийн хүндрэлүүд үүсдэг байна.

Угаалгын шингэний зууралдах чанар үртэс зөөвөрлөлтөнд нөлөөлдөг талаар өмнөх хийгдсэн судалгаанууд дээр олон няцаалт, маргаан байдаг тул энэхүү судалгааны ажлын зорилго зууралдлагын нөлөөн дээр илүү төвлөрч хийсэн. Судалгааны зорилготой нийцүүлэн нөлөөлдөг бүх хүчин зүйлүүдээс цооногийн хазайлт, угаалгын шингэний зууралдлага, эргэлтийн хурд гэсэн гурван зүйлийг сонгон авсан. Энэхүү судалгааны ажлын гол үр дүнг доорх байдлаар дүгнэв:

1. Тодорхой хазайлттай цооног өрөмдлөгийн үед цооногийн хазайлтаас шалтгаалан үртсийн зөөгдөх чанар муудаж байна
2. Судалгаанаас үзэхэд угаалгын шингэний зууралдлагыг нэмэгдүүлэхэд үртсийн зөөгдөх чанар мэдэгдэхүйц хэмжээгээр нэмэгддэг, зууралдлагын хэмжээ нэмэгдэх нь үр дүнд урвуугаар нөлөөлж байна. Эргэлтийн хурд болон цооногийн өнцөг тогтмол байхад зууралдлагыг нэмэгдүүлэх замаар үртэс зөөвөрлөх үзүүлэлт ойролцоогоор бүх өнцөгт 8%-иар нэмэгддэг нь ажиглагдаж байна. Энэ нь зууралдлагаас хамаарсан шингэний урсгалын горимоор тайлбарлаж байна.
3. Тодорхой хазайлттай цооног өрөмдлөгийн үед шингэний урсгалын ламинар горимоос турбулент горимоор угаах нь үртэс зөөгдөлтөнд тохиромжтой гэдгийг тогтоолоо.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Ali Piroozian, Issham Ismail, Zulkefli Yaacob, Parham Babakhani, Ahmad Shamsul Izwan Ismail "Impact of drilling fluid viscosity, velocity and hole inclination on cuttings transport in horizontal and highly deviated wells" Journal of Petroleum Exploration and Production Technology volume 2, pages149–156 (2012).
- [2] Л.Төвхөө, Өрөмдлөгийн процессын мэдээлэл боловсруулалт, загварчлал, оновчлол. Улаанбаатар, 2009 он
- [3] Ж.Цэвээнжав, Өрөмдлөгийн онол. УБ.: 2004. 109х

III. ӨРӨМДЛӨГИЙН ТЕХНИК

MEASUREMENT, PREDICTION, AND MODELING OF BIT WEAR DURING DRILLING OPERATIONS

Mehmet Capik, Batnyam Batmunkh

Department of Mining Engineering, Karadeniz Technical University, Trabzon, Turkey
capik7@gmail.com

Abstract: Modelling wear of drill bits can increase the efficiency in the drilling operations. Related to the subject, it is aimed to investigate the wear mechanism of drill bits. Wear in drill bits is influenced by many factors related to the drilling and rock properties. The type and intensity of wear are dependent on several complicated factors that are required to be considered in anticipating the rate of wear in the field and laboratory conditions. The laboratory tests have been performed in order to specify the relationships between the bit wear rate and the physico-mechanical properties, drillability, abrasive properties, and brittleness of rocks. Statistical analysis has been used to obtain equations for estimating the bit wear rate based on the rock properties. In this work, an ensemble technique is used to estimate the confidence interval and the prediction intervals for the regression models. This paper summaries the rock properties and bit wear mechanism, and argues the options to determine the bit wear rate. The test models indicate that the rock properties can give an idea of bit wear. They also show a good correlation between the bit wear rates. Also some models are developed to represent the wear quantification, and an approach is suggested in order to estimate the bit wear rate. The results obtained from studying the developed models provide a good agreement with the performance evaluation of an efficient drilling, which provide an indirect evaluation of drill bit wear rate during a drilling process, which can help to reduce the specific energy consumption and lower costs for the exchange of drill bits.

Keyword: *Bit wear rate, Drilling machine, Button bit, Efficient drilling, Developed models*

I. INTRODUCTION

Drilling of rocks is one of the most demanding operations in surface mining and underground engineering. In the recent years, underground mine, open-pit mining, and quarries and tunnel drilling process have increased for the excavation purposes, which cannot be carried out without the use of drill tools. Therefore, drill tools are considered to be an important issue in a drilling process because the cost of drilling tools is quite high in the total project cost. Thus bit wear prediction is considered as an important issue in planning and designing a drilling process. Drill bit wear is one of the most important input parameters for the tunnel project designs. This is done using the development models.

In the civil and mining engineering industrial applications, the bit wear rate is usually observed depending on the drilling time or the performance time of drilling rig, and it shows a typical behavior, which is similar to the dependence of drill bit wear on the drilled length [1].

The bit wear defines the rate of material removal from the bit. The bit wear is an important parameter used to calculate the bit consumption and wear costs [2, 3]. The bit wear in rock drilling is a major factor involved in determining the drilling cost, and may determine the drilling method for a given rock [4].

Many researchers have reported many studies related to the bit-rock interactions. One of the main factors affecting the drilling process is bit wear. A serious wear on the bit leads to the delay in a drilling process, which certainly brings about increased project costs. Fay [5],

Willis and Johnson [6] have reported that the bit wear is one of the main factors affecting the drilling costs and penetration rate. Therefore, the key aspect to decrease the drilling costs is to determine the interactions between the rock properties and the rock bit according to a particular drilling process.

Singh and Alam [7] have revealed that one of the important points about rock excavation is that the drilling tools are in interaction with different types of geological structures. Some of the dominant rock properties such as uniaxial compressive strength (UCS), tensile rock strength, elasticity modulus, abrasivity, and rock structure affect the drill performance during a rock excavation.

The high production rate and efficiency of drilling machines is essential for the profitability and productivity in modern mining sites. However, bit wear severely affects the advance rate of the machines in the drilling conditions, resulting in the increasing cost and project delay. Some research works have been performed to get a proper drilling bit with an optimum shape and optimum abrasive material in order to extend its life under different drilling conditions [8].

The form of bit wear widely depends on the bit temperature. The bit velocity is the main parameter involved in influencing the bit temperature. Therefore, a practical approach is to keep the bit temperature below the critical value at a higher velocity [9]. Thuro [10] has shown that some specific rock properties and geological factors significantly influence the bit wear and drilling

rate. Ersoy and Waller [11] have demonstrated that bit wear depends on the size of drill cuttings. A larger size of the drill cuttings causes a rapid wear in impregnated diamond core drilling bits, thereby reducing the penetration rate.

Howarth and Rowlands [12] have stated that the rock hardness cannot be determined and described by a single physical property. They also pointed out that the petrographic properties can be used in order to determine the wear tool. Warren [13], Burgess [14], Falconer and Normore [15], Kuru and Wojtanowicz [16] have carried out research works on a torque model in order to demonstrate the effect of tooth wear on drilling. This model is based on a mechanical efficiency log that uses the penetration rate data, and rotation speed and measurement while drilling the torque and weight on bit.

Rabinowicz [17] has stated that the previous methods for determining the wear are based on the empirical equations. Ning and Ghadiri [18] have developed a wear model for materials under a shear loading. The surface damage in consideration here is the elastic-plastic damage by the propagation of the lateral cracks as the particles are loaded and slid against each other by shearing. Hutchings [19] has investigated abrasive wear involving the removal of material by plastic deformation. This model is based on assuming that the abrasive particles are represented as a cone of semi-angle being dragged across the surface of the material under an indentation pressure. Rabinowicz [20] has developed an abrasive wear model in order to improve the quantification of the two-body abrasive wear. This model figures the process of an abrasive grain sliding over a distance, while the grain is pressed upon a given surface with a force.

Abrasive wear is the dominant type of wear occurring in drilling due to the drilling mechanism of the bit cutters against rock formation. The wear type causes a serious damage to the drill bit, and therefore, many engineers have assessed means of wear quantification to understand the material resistance against it and how it can be minimized. Various wear models have been assumed; however, most of them are only relevant to specific cases [21].

Mori et al. [22] have studied the development of the materials that are highly resistant to wear and chipping to prolong the life of the roller cone insert bits during drilling hard abrasive rocks. The test results showed that these manufactured insert samples achieved more than eight times the wear resistance of traditional inserts.

Dupriest and Koederitz [23] have stated that the specific energy displays a gradual slow rise, which is an indication of a continuous bit wear. This mean that bit wear is an effective specific energy. In other words, dramatic increases of the specific energy values correspond to a severe bit wear.

A drilling process is widely influenced by the bit rock interactions. A theoretical model has been advanced in order to calculate the forces applied to the drill bits [24].

The drilling performance depends upon the drill bit life. The drill bit consumption is wear due to the rock/bit interaction. A worn bit decreases the penetration rate because the drill bit cost is expensive [25]. According to Cunha [26], the drilling costs may constitute up to 40% of all the costs.

There are many methods available for the bit quantification. Each model depends on the field values and the bit wear types [27]. Alemdag et al. [28] have emphasized that the theoretical and empirical analysis models are reliable. Saai et al. [29] have measured the wear resistance of drill bits for underground drilling. Their study expressed that an increase in the impact speed accelerates the weight loss. Adebayo [30] has concluded that the high strength and abrasive rock parameters decline the drilling performance. These parameters lead to a low penetration and a high wear rate. Piri et al. [31] have investigated the wear resistance of drill bits with tungsten carbide coating. Saeidi et al. [32] have used an image processing technique in order to monitor bit wear in rotary drilling in mining. Drilling is still very demanding in many areas around the world. The hydraulic rotary percussive drilling hammers is the most common technique for drilling, and the button bits are used. Drilling occurs due to the compression and rotation of the drill string. The button bits are used, in general, to drill a wide variety of rocks, from soft to extremely hard, since the wear of drill bits is considered as a project cost and project delay.

Various methods have been efficiently implemented in the drill wells using various drill bits in order to gain a paramount increase in the drilling performance and to lower the drilling costs associated with the drilling operation. Numerous attempts have been made to improve the manufacture of drill bits using optimum materials and design methods. Since the common bits are used in drilling, the majority of the research works are related to these particular bit types.

For many years, several abrasivity measurement techniques have been introduced in order to permit the engineers to forecast the bit life since the wear life of the rock cutting tools often has a linear trend with the measured rock abrasion [33].

In a literature review, it was seen that the previous studies generally focused on investigating the effects of the abrasivity rocks on the cutter wear, tool geometry, angle change of the cone, cutting efficiency, specific energy, and theoretical model using different laboratory test methods without carrying out any further investigations on the drill button bit wear rate. The bit wear rate is measured in accordance with the weight loss.

The amount of drill bit wear is affected by many factors related to the properties of rocks. In this research work, efforts were made in order to develop the possible correlations of the drilling bit wear rate with the dominant globally recognized rock tests including the physical-mechanical property, drillability, abrasivity, and brittleness index measurement methods since the work was carried out in the field and the laboratory in order to see how rock properties affect the bit wear. The field data are more reliable than the laboratory test results. The field and laboratory experiments present the most direct method to predict the bit wear rate for drilling machines using the real field data. The main rock properties and bit wear mechanisms are argued for the options available to determine the bit wear rate. Thus we developed new regression models for prediction of the bit wear based on the rock properties. The developed models were confirmed using the statistical approaches. These models are thought to be helpful for the prediction of drill bit wear during the drilling operations. Additionally, the types of button tip wear is mentioned. The conclusions are discussed with respect to the literature.

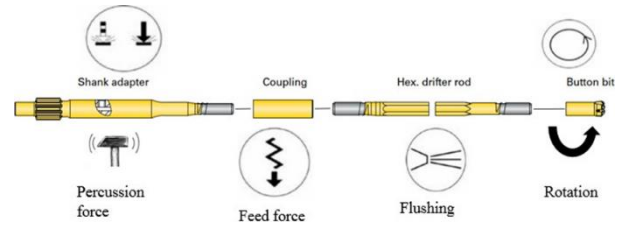
II. MATERIALS AND METHODS

2.1. Field studies

This work involved the investigations made on two highway tunnels, namely Macka and Caykara) in the Eastern Black Sea Region in Turkey. The bit wear rates were calculated on the Sandvik DT820 (Macka tunnel) and Atlas Copco Rocket Bommer 282 (Caykara tunnel) drilling machines using the semi-ballistic-button bits, which offer a very good penetration, and it is sufficient for most rock formations including the soft and hard rocks. Two button bits were used for all the tests. The button bit diameter was 45 mm. The number of buttons on the bit body was 9 (6 gauge buttons and 3 front buttons). The flushing hole numbers were 4 (side 1 and front 3). The drill properties are given in Table 1 [34].

TABLE 1. DRILL BIT ROPERTIES [34].

Diameter (mm)	Number of button	Buttons x button diameter (mm)		Gauge button angle	Flushing hole		Weight approx. kg	Type
		Gauge	Centre		Side	Centre		
45	9	6x9	3x8	40°	1	3	0.8	R32 Threaded



Each semi-ballistic-button bit was drilled by 10 bores in an excavation surface, which had 3-m lengths (totally, $10 \times 3 = 30$ m in an excavation face). The tests were performed on 11 different excavation surfaces (totally, $10 \times 3 \times 11 = 330$ m for a bit) by weighing the drill bit in each tunnel excavation. After the tests, the surface of the drill bits was cleaned and weighed. The weight loss abrasion was measured as the drill bit wear. The percent weight loss was defined as the difference between the weight after and before the test divided by the initial weight drill bit. Some parameters were kept constant for all drillings during bore hole such as the rotational pressure (55 bar), water pressure (10 bar), and machine operator. The feed force (bar) and percussion force (bar) differed between the machines (Table 2). In this work, the amount of water was kept constant in the field tests during the drilling process because water lowered both the temperature of the drill bits and the rock cuttings from the bore surface.

TABLE 2. CHARACTERISTICS OF MACHINES AND DRILL BORE

Parameters	Atlas Copco Rocket Bommer 282	Sandvik DT820
Feed force (bar)	100	80
Percussion force (bar)	200	100
Rotational pressure (bar)	55	55
Water pressure (bar)	10	10
Bit diameter (mm)	45	45
Button number	9	9
Water flushing number	3	3
Bit type	Ballistic button	Ballistic button
Bore length (m)	3	3
Bore number	20	20

2.2. Laboratory studies

In the present work, the rock blocks were taken from 11 different points of the tunnel excavation surface for the experimental studies (6 point Maçka Tunnel, 5 point Caykara Tunnel), five of which were dasitic, three were basalt, and three were of basaltic crystal lithic tuff rock type. Each rock block was controlled for the standard testing of the samples free from fractures and cracks. The NX- size core specimens for the experimental testing were prepared in the laboratory using the core drill machines and sawing machines. The rock cores were prepared in accordance with the procedure suggested by ASTM [35].

The UCS tests were carried out on the trimmed core samples with a length to diameter ratio of 2:2.5. The stress rate was applied within the limit of 0.5-1 MPa/s, and at least five core samples from each rock type were subjected to the UCS tests [36, 37].

The Brazilian test is a simple indirect testing method used to obtain the tensile strength of rocks. The test was performed on the core samples (NX:54.7 mm) having a length to diameter ratio of 1:2. A loading rate of 200 N/s was applied. The test was conducted on at least ten samples from each rock type, and the results obtained were averaged [36].

The point load strength test was performed on the cores having a length to diameter ratio of 1:2. The load rose steadily, and the failure of test occurred within 10-60 s. The test was repeated at least ten times for each rock type, and the average value was recorded as the point load strength. The results obtained were normalized according to the standard equivalent diameter of 50 mm [36].

P-wave velocities were performed on the trimmed core samples by direct transmission using the Pundit-plus model equipment. After testing the P-wave velocities of each sample, the UCS tests were carried out for that sample.

Several Schmidt rebound hammer types are used worldwide. Nowadays, the most widely used method for measuring the surface hardness of the test is the Schmidt rebound hammer. The Proceq Silver Schmidt instrument offers a wide measuring range, and the latest model PROCEQ Silver Schmidt provides unprecedented benefits for the users [38]. The tests were performed in accordance with the ISRM [39] methods.

The Cerchar abrasivity index (CAI) was performed using an original Cerchar apparatus. The Cerchar test was applied to the sawn specimens. Rockwell hardness of HRC 54/56 and the HRC 40/42 steel stylus were used for the tests. The tests were recorded as CAI [40].

The Drilling rate index (DRI) was determined by the Sievers'J-miniature drill (SJ) test and the brittleness value (S20) test. The NTNU/SINTEF drillability testing methods of rocks were carried out in compliance with the standard test procedure Dahl et al., [41] method.

In the literature, there are many different ways to determine the brittleness of rocks; however, description of the brittleness concept differs from author to author [42, 43]. In this work, the brittleness of rocks was determined from three different models (B1, B2, and B3), which were calculated for the test results. The brittleness concepts used from the compressive strength and tensile strength are given as follow. In this case, the brittleness may be represented by the following equations (Equations 1-3):

$$B_1 = \frac{\sigma_c}{\sigma_t} \quad (1)$$

$$B_2 = \frac{\sigma_c - \sigma_t}{\sigma_c + \sigma_t} \quad (2)$$

$$B_3 = \frac{\sigma_c \times \sigma_t}{2} \quad (3)$$

where B₁, B₂, and B₃ are the brittleness determined from the compressive and tensile strengths, σ_c is the uniaxial compressive strength, and σ_t is the tensile strength.

III. RESULTS AND DISCUSSION

In this work, the analysis of the recently drilled tunnels from NE of Turkey was carried out in order to investigate the bit abrasion loss. In all the experiments, the amount of weight loss on drill bits was calculated by measuring the weight of the button bit before and after the tests. Two button bits were used in the tunnel face. The bits had the same total travel distance during penetration but different weight losses of button bits were measured. Due to the different rock properties, the weights of the button bits were different. The bit wear rate varied from 90 to 177 mg/m for the basalt and basaltic crystal lithic tuff, respectively.

The results of the drill bit wear and rock properties were analyzed using the methods of least squares regression, confidence interval, and prediction interval.

An interval forecast always comprises the upper and lower limits between which a future unknown value (e.g. a point forecast) is expected to lie with a prescribed probability. In the real world applications, the prediction interval is of more practical use than the confidence interval because the prediction interval is concerned with the accuracy with which we can predict the targets or the observed values, not just the accuracy of our prediction of the true regression. The confidence intervals are enclosed in the prediction intervals, and are concerned with the accuracy of our estimate of the true regression [44, 45].

The linear curve fitting predictions were used in order to define the relations among the variables; the best fitting predictions are shown in Figures 1- 4. As shown in these figures, a very high correlation was obtained between the bit wear rate and the rock properties for the testing methods within 95% confidence interval and 95% prediction interval. According to these figures, the prediction interval is always bigger than the confidence interval.

Keeping in view the dataset results, the best fit correlation functions were obtained in the positive linear regression analysis in the cases of UCS, Brazilian tensile strength, point load index, Schmidt rebound hardness, and P-wave velocity. However, in the case of the bit wear rate against the apparent porosity, the best fit correlation was found by applying the liner regression analysis.

The physical-mechanical properties of rocks show a high relationship with the bit wear rate. As displayed in Figure 1, there is an increase in the bit wear utilized at the selected tunnel face with the corresponding increase in the uniaxial compressive strength, Brazilian tensile strength, point load index, Schmidt rebound hardness (original Schmidt and Proceq Silver Schmidt), and P-wave velocity. However, there is a decrease in bit wear with the corresponding increase in the apparent porosity.

By calculating the 95% confidence interval and 95% prediction interval for the mean bit wear rate for all values of the mean physical-mechanical properties of the rocks within the range of observations, we get a 95% confidence interval and a 95% prediction interval for the regression line; this can be seen in Figure 1. This figure was plotted to compare the bit wear rate with the mechanical properties of rocks. As it can be seen in this figure, the bit wear rate has a much higher wear rate in drilling highly strong rocks. The best fit correlations of the bit wear rate with UCS was established when the regression analysis was applied. A very good correlation between the bit wear rate and the UCS of rocks can also be seen in Figure 1. The relation follows a linear model. The equation of the line is:

$$\begin{aligned} \text{BWR} &= 1.457\text{UCS} + 17.367 \\ r &= 0.92 \end{aligned} \quad (4)$$

where BWR is the bit wear rate (mg/m) and UCS is the uniaxial compressive strength (MPa).

The highest bit wear rate was measured on the basaltic crystal lithic tuff having a uniaxial compressive

strength of 106 MPa. This reveals that the wear of drill bit is influenced by the rock properties. UCS varied from 51 MPa to 106 MPa. The strength characteristics of these rocks varied from medium to high strength. It was also found that the Brazilian tensile strength model had a high correlation among the produced models.

Accordingly, two different Schmidt rebound hammers, classic and silver, were introduced, and the experimental results obtained by these two methods were compared with the results of each other. The Silver Schmidt (Q) values were found to be higher than the classic Schmidt values.

The results obtained from this work were in complete accordance with the research work of Adebayo and Akande [46], where the wear rate of button drill bit increased with the corresponding rise in the uniaxial compressive strength of rock. Piri et al. [31] have found a strong correlation between the drill bit wear and the rock strength. Piri et al. [47] have concluded that the higher the hardness, compressive strength, and abrasiveness of the rock are, the faster will be the bit wear.

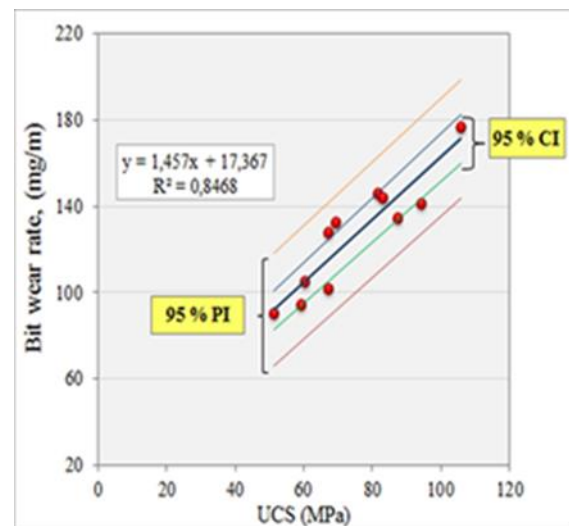
Moreover, according to Majeed et al. [48], the bit life increases with decrease in the Brazilian tensile strength of rocks, and vice versa. The results of the current work (Figure 1) generally match up with the findings of the earlier research works [2, 49-52] in the analogy that the tool consumption has a relationship with the rock strength. On the other hand, Ramazan [53] has found a negative relationship between the cutter wear and UCS, and point load strength and Schmidt hammer values of rocks. He reported that the wear in the cutters decreased with increase in the rock strength. On the other hand, he obtained that the relationships were only for very low-strength and easily-cut tuffs.

Figure 1 shows a plot of the bit wear rate versus the apparent porosity values. The physical property values obtained for the apparent porosity varied from 0.68 to 2.85 for the basalt and basaltic crystal lithic tuff, respectively. The bit wear rate exhibits an inverse relationship with the apparent porosity value. As shown in this figure, there is an inverse relationship between the bit wear rates and the apparent porosity values. The equation of the line is:

$$\begin{aligned} \text{BWR} &= -31.02n + 182.11 \\ r &= 0.8 \end{aligned} \quad (5)$$

where BWR is the bit wear rate (mg/m) and n is the apparent porosity (%).

As shown above, the correlation coefficients of the bit wear rate for the apparent porosity are very good.



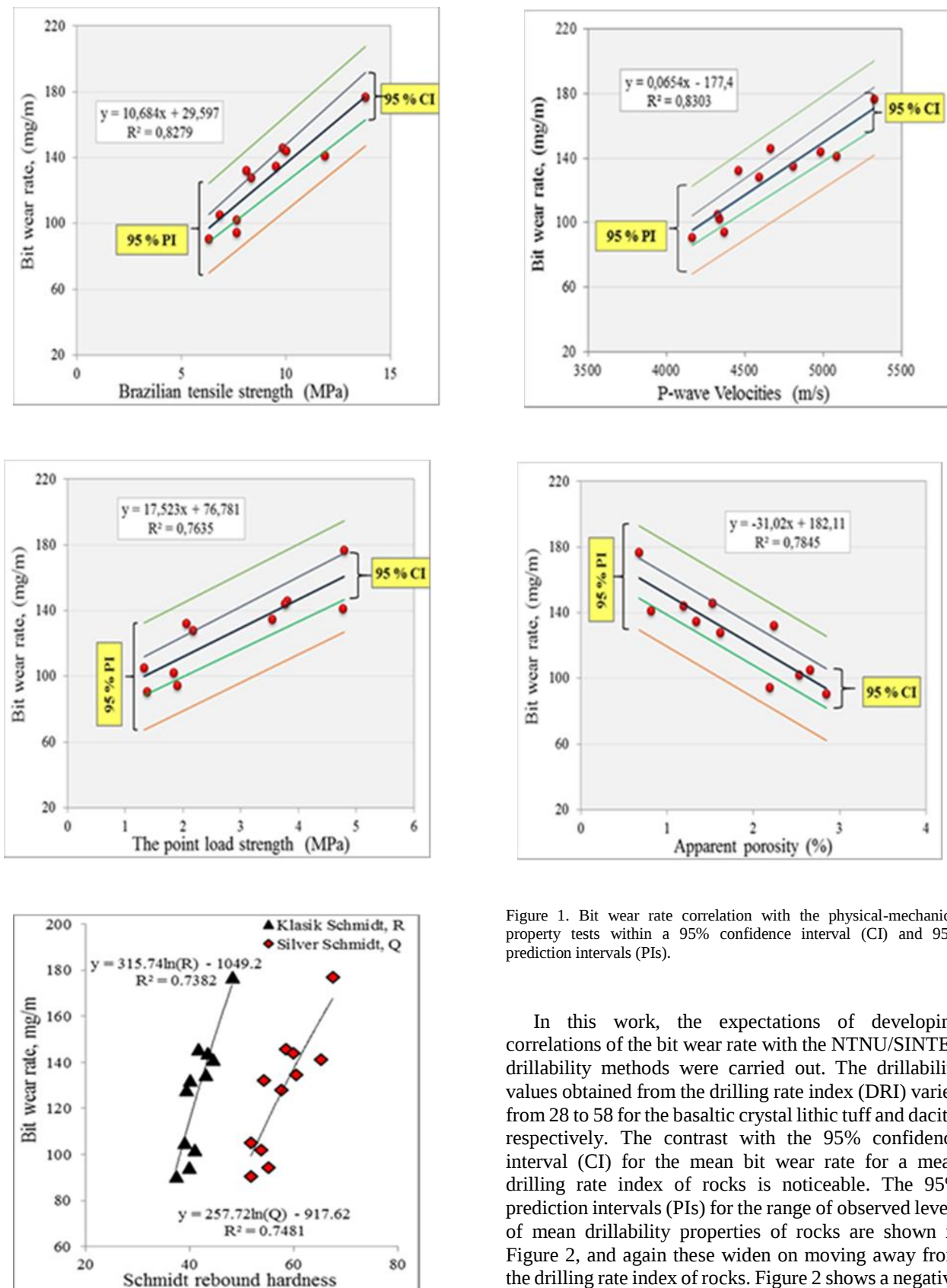


Figure 1. Bit wear rate correlation with the physical-mechanical property tests within a 95% confidence interval (CI) and 95% prediction intervals (PIs).

In this work, the expectations of developing correlations of the bit wear rate with the NTNU/SINTEF drillability methods were carried out. The drillability values obtained from the drilling rate index (DRI) varied from 28 to 58 for the basaltic crystal lithic tuff and dacite, respectively. The contrast with the 95% confidence interval (CI) for the mean bit wear rate for a mean drilling rate index of rocks is noticeable. The 95% prediction intervals (PIs) for the range of observed levels of mean drillability properties of rocks are shown in Figure 2, and again these widen on moving away from the drilling rate index of rocks. Figure 2 shows a negative linear relationship of a reasonable strength between the bit wear rate and the DRI values of the included rock units. The equation of the line is:

$$\begin{aligned} \text{BWR} &= -2.430\text{DRI} + 235.48 \\ r &= 0.89 \end{aligned} \quad (6)$$

The Cerchar abrasivity index is universally accepted for wear prediction and estimation of the cutter consumption [4, 33]. Figure 3 illustrates a relationship between the bit wear rate and the Cerchar test values for the HRC 54/56 and HRC 40/42 pins with a sawn surface condition for 11 rock units taken from the tunnel surface during the drilling operations. As expected, there is an increasing linear positive relationship of a reasonable strength between the bit wear rate (mg/m) and the CAI values, which indicates that as the rock abrasiveness increases, the bit wear rate is increased in a direct proportion. As expected, the CAI values with HRC 40/42 pins are higher than the CAI values with HRC 54/56 pins for the sawn specimens. The bit wear rate exhibits a high quality correlation with CAI for the HRC 40/42 and HRC 54/56 pins. It was found that, in practice, the generated models were reliable and accurate enough in order to predict the drill bit wear of intact rocks. The abrasion property values for the Cerchar abrasion index (HRC 40-42) ranged from 2.41 to 3.44 for the basalt and basaltic crystal lithic tuff, respectively. The abrasion property values for the Cerchar abrasion index (HRC 54/56) ranged from 1.36 to 2.3 for the basalt and basaltic crystal lithic tuff, respectively.

Figure 3 was plotted in order to compare the bit wear rate and the Cerchar test values for HRC 54/56 and CAI HRC 40/42. A very strong correlation can be seen between the bit wear rate and the CAI HRC 54/56 and HRC 40/42 pins. This relation follows a linear model. The bit wear rate increases with increasing CAI. The equation of the line is:

$$\begin{aligned} \text{BWR} &= 82.523\text{CAI}_{54/56} - 118.05 \\ r &= 0.8 \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \text{BWR} &= 77.878\text{CAI}_{40/42} - 18.049 \\ r &= 0.95 \end{aligned} \quad (8)$$

where BWR is the bit wear rate (mg/m) and CAI 54/56 and CAI 40/42 are the Cerchar abrasivity indices. As shown above, the correlation coefficients of the bit wear rate for CAI are very good.

Up to the present time, in the literature, there are very limited research works correlating the bit wear rate with CAI, which, in general, corresponds to the correlation suggested in this work. Plinninger [2, 54] proved a model for estimation of the button bit lifetime variation on the CAI values. Majeed et al. [48] have proposed a logarithmic function for the assessment of drill bit consumption based on the CAI values. Bilgin et al. [4] have performed a study on the influence of wear coefficient and the CAI test results based on different field experiences. Their study indicated that the relationship between CAI and the wear coefficient may

be used for estimation of the cutter consumption. Ramazan [53] has found a positive relationship between the cutter wear and CAI values of rocks. He also reported that the abrasion rate increased with increasing effective bit wear rate.

The brittleness indices calculated using three different models were correlated with the bit wear rate in order to investigate the effect of the brittleness of the drilled rocks on the bit wear rate. A moderate relationship was obtained between the bit wear rate and only one brittleness index value (B3) (Figure 4). The equation of the line is as in Equation (9).

$$\begin{aligned} \text{BWR} &= 0.140\text{B3} + 76.648 \\ r &= 0.91 \end{aligned} \quad (9)$$

where BWR is the bit wear rate and B3 is the brittleness index.

The calculated brittleness index value was obtained from a suggested model based on the uniaxial compressive strength and the Brazilian tensile strength of rocks. As it can be seen in Figure 4, increasing the brittleness values leads to an increase in the bit wear rate. The correlations were very high, all the samples were within a 95% PI. Similar correlations were found between the mechanical properties and Cerchar abrasivity index and bit wear rate results.

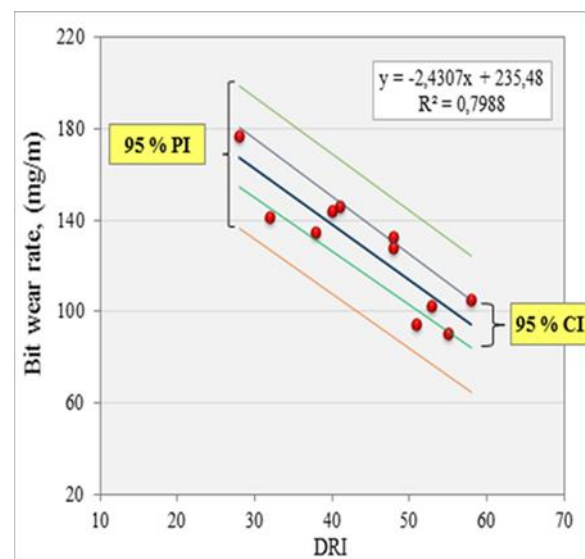


Figure 2. Correlation between the bit wear rate and the drillability tests within a 95% CI and 95% PIs.

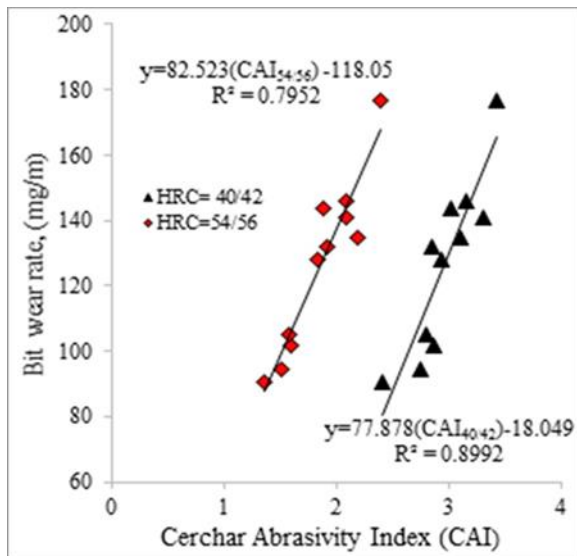


Figure 3. Correlation between the bit wear rate and the Cerchar abrasivity index.

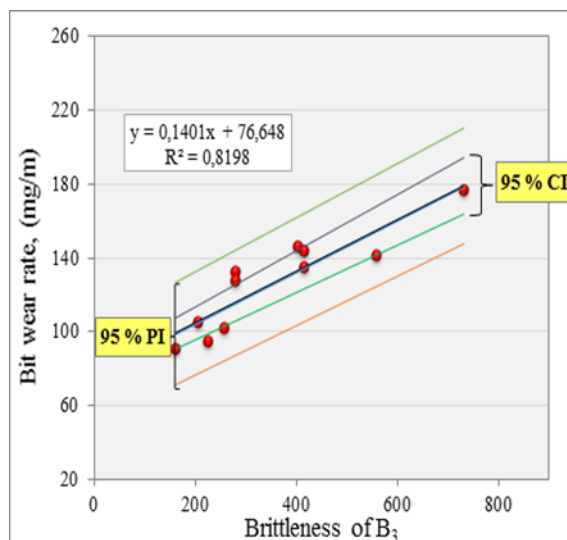


Figure 4. Correlation between the bit wear rate and the brittleness of the B3 tests within a 95% CI and 95% PIs.

In the earlier studies, Yasar et al. [55] have found a positive strong relationship between the brittleness of the B3 concepts and the cutter force and normal force of rocks. In this study, a positive strong linear correlation was found between the bit wear rate and the brittleness of B3, which was similar to the results of the previous resource models. However, Ramazan [53] has found a moderate relationship between the cutter wear and brittleness (B3) of rocks, opposed to the results of this work. He found a negative correlation between the cutter wear and brittleness of the B3 value, studied pyroclastic rocks on cutter wear in roadheaders with a low UCS strength. Al-Ameen and Waller [56] indicated that the broken rock potential causing abrasive wear is dependent on a combination the surface roughness of rock, mineral hardness, and rock strength.

On the other hand, the other brittleness (B1 and B2) concepts of rocks were correlated with the bit wear rate (Figure 5). As it could be seen in this figure, strong relationships (with a high R2 value) were not found in the correlation results because the range of variation of B1 and B2 was small, and the rocks with different strengths may have the same stress ratio of B1 and B2 [57]. Kahraman [58] has reported that there is a variation between the formulations of brittleness. Thus the formulations have been used separately in the rock properties depending on its practical use. In the earlier studies, Goktan [59] has found no relation between the rock brittleness of B2 and the cutting efficiency of chisel picks. Altındag [60] has found no meaningful correlations between the brittleness of B1 and B2. Kahraman [58] has investigated that there is no relationship between the brittleness of B1 and B2 and the penetration rate of the percussive drills.

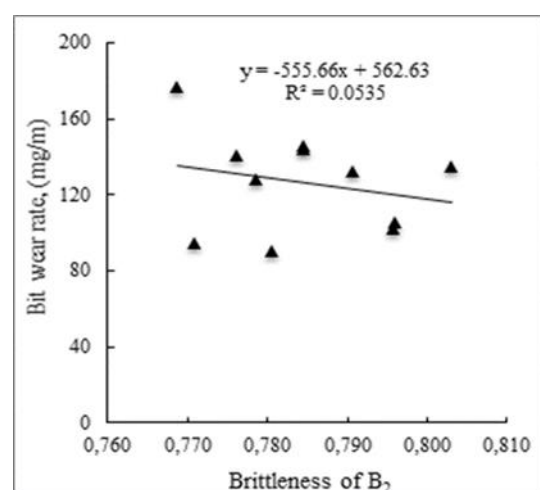
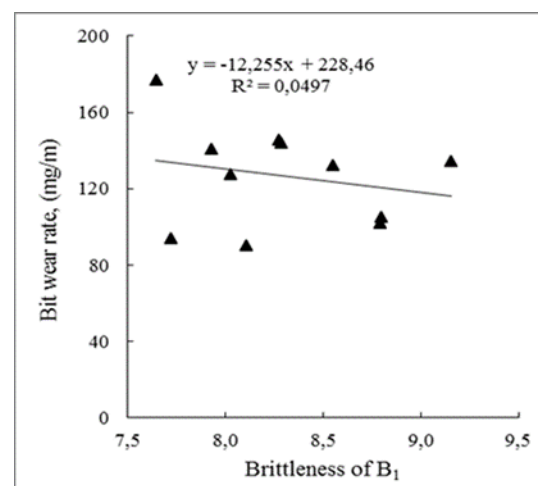


Figure 5. Correlation between the bit wear rate and the brittleness of B1 and B2.

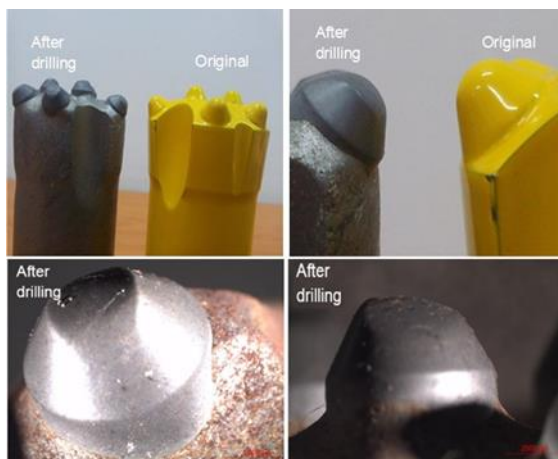
The gauge buttons of drill bit are exposed to axial forces (Figure 6). In these wear types, the bit penetrates deeper into the rock mass and creates a lot of rock detritus, and thus both gauge buttons and bit body are exposed to the abrasive material. The tool body wears faster than the gauge buttons. Thus the gauge buttons may come loose due to missing the embedding or gauge button breakage.

In the previous studies, the researchers have investigated the classification system of the bit wear type, and according to these studies, classification of the bit wear type can be used as a fingerprint of the wear process. The wear of the bit body is a typical event for drilling the weak and abrasive rock types. When embedding is not sufficient, they may displace or easily undergo button breakage [2, 54].

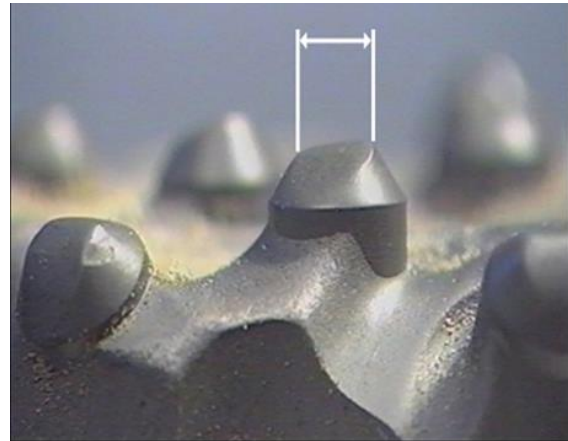


Figure 6. Gauge buttons of drill bits.

The wear flat generated on the center of the button bits in the mode of abrasive wear is shown in Figure 7. The button bits were thoroughly observed at various stages of the button movement after each excavation tunnel surface in order to analyze the progress of the wear flat diameter on the button.



(a)



(b)

Figure 7. Button tip wear in button bits.

A good cemented button has always been able to handle that type of load with a minimal risk of breakage because it has a significantly higher resistance to that type failure. The good cemented carbide bits reached proved to exceed the average bit life (Figure 8a).

Cemented carbide is one of the most successful composite engineering material. Its unique combination of strength, hardness, and toughness satisfies the most demanding applications [61]. When drilling in non-abrasive materials, where carbide wear is minimal, the extended drilling intervals are possible [62].

The gauge buttons of a drill bit are usually exposed to the axial forces. When the bit wears, the load angle changes and the risk for button breakage increases (Figure 8b). Wear to the cemented carbide button on the periphery of the bit is very high, causing a reduced taper to develop, which diminishes the clearance of the bit [61]. In some materials such as hard sand stone and quartzite, the wear tends to be greater on the bit circumference. Thus when the buttons are sharpened, the diameter across the gauge buttons will be less than the diameter of the bit shoulders and the bit will tend to bind to the hole [62].



(a)



(b)

Figure 8. Failure of gauge button.

Tool wear is an important parameter in the project cost and production efficiency, and thus the shape and geometry of the tool bits are important parameters for determining the efficiency of the rock tool for the penetration rate. Cemented carbide and hardened steel made the tool bit and body material, respectively. The cemented carbide is for the tip and hardens steel for the tool body since carbide tips are suitable for a combination of hardness, thermal resistance properties, high compressive strength, and high impact resistance. The cemented carbide structure has very hard tungsten carbide grains glued together with cobalt [63, 64]. Bellin et al. [65] have shown that using sintered grains of fine diamond provide a more resistance against abrasion and gives a lower wear rate, while coarse grains of the material have better toughness against impact and a higher wear rate.

The drill bit wear depends on the rock drilled through, and it is affected by the rock minerals and the amount of crushed rock in the bore hole. A decreased rotational speed would also have the effect of wear bits because a too high speed will result in an excessive wear on the drill string.

The wear rates of the drill bits differ between the rock properties. When the hardness of a rock is increased, the wear of the bits is increased. During a strong rock drilling, the bit is rapidly worn off, exposing the diamonds, which leads to a large material loss of the sample during that run and a large wear rate.

The design of the drill bit and the shape of the buttons has an important effect on the drill bit wear. A too fast wear of the bits show a wrong selection, resulting in an increase in the project time and thus the processing cost.

IV. CONCLUSIONS

In this work, the effects of the physico- mechanical properties, drillability, abrasivity, and indirect brittleness test on the bit wear rate during drilling operations were investigated. For this purpose, some specimens were obtained from two drilled tunnels in Turkey and tested in the laboratory. The physico-mechanical properties, drillability, abrasivity, and brittleness of rocks were

obtained from the laboratory tests. The bit wear rate and the laboratory test results were statistically analyzed using a simple regression analysis method. The following conclusions were made:

- The test results show a harmony with a 95% confidence interval and 95% prediction intervals and the significance level of $P < 0.05$.
- A strong positive linear correlation was obtained between the bit wear rate and the mechanical properties of rocks including the UCS, Brazilian tensile strength, point load index, Schmidt hammer (classic and silver), and P-wave velocity. These relationships showed that the bit wear rate increased with increase in the rock strength. Similarly, an increasing linear positive relationship was found between the bit wear rate and the CAI values and indirect brittleness of B3, which indicated that as the rock abrasiveness and brittleness increase, the bit wear rate is increased in a direct proportion. The rock abrasiveness and rock strength have a significant influence on the bit wear. However, a strong negative relationship was found between the bit wear rate and the drilling rate index and the apparent porosity values of rocks. These relationships show that the bit wear rate in the drillings decrease with increase in the apparent porosity and DRI of rocks. This work provided a good agreement between the trends of the bit wear and the rock properties. A reliable correlation was not found between the bit wear rate and the brittleness (B1 and B2) values.
- The bit wear rate of the drilling machines is one of the important parameters involved in the mechanical drilling projects. All the drilling tools are affected by various types of rocks and the geological surroundings including the rock strength, tensile strength, abrasiveness, and rock structure.
- The results obtained from this research work showed that the bit wear rate was not related to the abrasive mineral content alone, and the test was largely influenced by the type and degree of the cementation materials (rock strength).
- The amount of bit wear rate depends on the properties of rocks, abrasive mineral content, tool material composition, and operational conditions. The button type and design also considerably affect the tool wear.
- The wear of drilling bits was examined in different rock types. These results obtained showed that the increased strength of rocks and abrasiveness increased the bit wear rate.
- In this work, several drill bit wear models including the linear and non-linear ones were developed, and then the best possible variants

were selected among them. Additionally, the developed models were compared with each other and other models in the literature. It can be stated that the models developed using the accessible equations are precise enough in order to estimate the drill bit wears.

- The models developed in this work are suitable for estimating the drill bit wear; however, the Cerchar abrasion index and the uniaxial compressive strength of the rock models are the most accurate ones among them. Further, these models can be used for similar rock types in order to estimate the rock brittleness; however, the results obtained are open to be improved and generalized. Moreover, the failure of the gauge buttons and center button bits was investigated, while the gauge buttons and bit body were exposed to the abrasive material and rock detritus. The bit body wears faster than the gauge buttons. Thus the gauge buttons may be displaced due to the lack of embedding of the buttons. A good cemented button decreases the bit wear and increases the average bit life.
- The success of a project management has links with the cost, time, and quality. The tool wear is an important parameter involved in a project efficiency and the shape and geometry of the tool bits are important parameters involved in determining the efficiency of the rock tool for penetration rate.
- This work provided some beneficial models in order to help the engineers and contractor on their future plans and the cost estimation of the drilling project. The effects of rock properties on the bit wear rate contribute to the success of selecting the drill bit.

ACKNOWLEDGMENTS

We would like to thank the Cengiz Construction (Macka tunnel) and Ornek Construction (Caykara tunnel) Companies for providing the facilities for the site investigations.

REFERENCES

- [1]. Krupa V., Krulakova M., Lazarova E., Labas M., Feriencikova K., and Ivanicova L., 2018. Measurement, Modelling and Prediction of Penetration Depth in Rotary Drilling of Rocks. Measurement, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2017.12.007>, Vol. 117, Pages 165-175.
- [2]. Plinninger R.J., Spaun G., and Thuro K., 2002. Prediction and Classification of tool wear in Drill and blast tunneling. In J.L. Van.Roy & C.A. Jermy (editors), Proceedings 9th Int. IAEG Congress, Durban, South Africa, 2226-2236.
- [3]. Capik M., and Yilmaz A.O., 2017. Correlation between Cerchar abrasivity index, rock properties, and drill bit lifetime. Arab J Geosci 10: 15.
- [4]. Bilgin N., Çopur H., and Balci C., 2014. Mechanical Excavation in Mining and Civil Industries, CRC Press.Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- [5]. Fay H., 1993. Practical Evaluation of Rock-bit Wear during Drilling", SPE Drilling Eng., 8, 99-104.
- [6]. Willis J.B. and Johnson S.M., 1990. Risk and Economics Evaluation in Drilling Operations", SPE 19931, SPE-IADC Drilling Conf., Houston, Feb. 27- March 2. (1990). 65.
- [7]. Singh S.P., and Alam T. A., 2013. Review on the Excavator Tool Bits Wear. Proceedings of the 1st International and 16th National Conference on Machines and Mechanisms (iNaCoMM2013), IIT Roorkee, India, December, 18-20,(2013) 823-829.
- [8]. Yao Q., 2012. An Investigation of Rock Cutting: Towards A Novel Design of Cutting Bits. Doctoral dissertation. The University of New South Wales.
- [9]. Roepke W.W., and Hanson B.D., 1983. Effect of Asymmetric Wear of Point Attack Bits on Coal Cutting Parameters and Primary Dust Generation", USBM, RI 8761, 16.
- [10]. Thuro K., 1997. Drillability Prediction: Geological Influences in Hard Rock Drill and Blast Tunneling. Geol. Rundsch., Vol. 86, 426-438.
- [11]. Ersoy A., and Waller M.D., 1997. Drilling Detritus and the Operating Parameters of Thermally Stable PDC Core Bits, Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 1997, Vol. 34, No. 7, 1109-1123.
- [12]. Howarth D.F and Rowlands J.C., 1987. Quantitative assessment of rock texture and correlation with drillability and strength properties. Rock Mech Rock Eng 20, 57-85
- [13]. Warren T. M., 1984. Factors Affecting Torque for a Roller Cone Bit." SPE Journal of Petroleum Technology 36V(9), 1500-1508.
- [14]. Burgess T.M., 1985. Measuring the Wear of Milled Tooth Bits Using MWD Torque and Weight-on-Bit. Paper SPE/IADC 13475 presented at the SPE/IADC Drilling Conference. New Orleans, Louisiana, 6-8 March.
- [15]. Falconer I.G. and Normore. D., 1987. Well Site Applications of an MWD Bit Efficiency Model, Paper SPE 16644, Society of Petroleum Engineers.
- [16]. Kuru E. and Wojtanowicz A., 1992. Theoretical Method for Detecting in situ PDC Bit Dull and Lithology Change. Journal of Canadian Petroleum Technology. 31(7), 35-40.
- [17]. Rabinowicz E., 1997. Abrasive Wear Resistance as a Material Test", Lubrication Engineering. 33(7), 378-381.
- [18]. Ning Z. and Ghadiri M., 2006. Distinct element analysis of attrition of granular solids under shear deformation." Chemical Engineering Science-61(18), 5991-6001.
- [19]. Hutchings I.M., 1992. Tribology: Friction and Wear of Engineering Materials. London: Edward Arnold.
- [20]. Rabinowicz E., 1996. Friction and wear of materials. Second edition. Toronto, ON: John Wiley & Sons.
- [21]. Abbas R.K., 2015. Analysis of the wear of oil wells drill bits. Doctoral dissertation. The University of Leeds.
- [22]. Mori N., Moriguchi H., Ikegaya A., Shioya Y., and Ohbi K., 2003. Development of Highly Durable Materials for Drilling Hard and Abrasive Rocks. Paper SPE 80457 presented at the SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition. Jakarta, Indonesia, 15- 17 April 2003. DOI: 10.2118/80457-MS.
- [23]. Dupriest F.E., and Koederitz W. L., 2005. Maximizing Drill Rates with Real-Time Surveillance of Mechanical Specific Energy". Paper SPE/IADC 92194 presented at the SPE/IADC Drilling Conference. Amsterdam, the Netherlands, 23-25 February 2005.
- [24]. Xiao Y., Hurich C.A., and Butt S., 2018. Assessment of rock-bit interaction and drilling performance using elastic waves

- propagated by the drilling system. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* 105, 11–21.
- [25]. Ugurlu O.F., and Kumral M., 2019. Optimization of drill bit replacement time in open-cast coal mines, *Int J Coal Sci Technol*, 6(3):399–407.
- [26]. Cunha J.C., 2002. Effective prevention and mitigation of drilling problems, *World Oil & Gas Technologies*, 2, 28–34 (September, 2002).
- [27]. Abbas R.K., 2018. A review on the wear of oil drill bits (conventional and the state of the art approaches for wear reduction and quantification). *Engineering Failure Analysis* Vol. 90, August, 554–584.
- [28]. Alemdag S., Zeybek H.İ., and Kulekci G., 2019. Stability evaluation of the Gümüşhane-Akçakale cave by numerical analysis method, *J. Mt. Sci.* 16(9): pp, 2150–2158.
- [29]. Saai A., Bjørge R., Dahl F., Antonov M., Kane A., Diop J.B., and Ojala N., 2020. Adaptation of Laboratory tests for the assessment of wear resistance of drill-bit inserts for rotary-percussive drilling of hard rocks, *Wear*, 456–457: 203366.
- [30]. Adebayo B., 2019. Evaluation of the performance of Atlas Copco SDR4 Rotary drill in Sagamu limestone formation, Nigeria, *Journal of Engineering and Engineering Technology*, FUTAJEET 13:12–19.
- [31]. Piri M., Hashemolhosseini H., Mikaeil M., Ataei M., and Baghbanan A.R., 2020. Investigation of wear resistance of drill bits with WC, Diamond-DLC, and TiAlSi coatings with respect to mechanical properties of rock, *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, <https://doi.org/10.1016/j.jrmhm.2019.105113>, Vol. 87, 105113.
- [32]. Saeidi O., Rostami J., Ataei M., and Torabi S.R., 2014. Use of digital image processing techniques for evaluating wear of cemented carbide bits in rotary drilling, *Automation in Construction*, Vol. 44, August 2014, PP. 140–151.
- [33]. Rostami J., Ghasemi A., Gharahbagh E.A., Dogruoz C., and Dahl F., 2014. Study of dominant factors affecting Cerchar abrasivity index, *Rock Mech. Rock Eng.* <https://doi.org/10.1007/s00603-013-0487-3>.
- [34]. Atlas Copco., 2013. Top hammer equipment, Secoroc Rock Drilling Tools, Product catalogue.
- [35]. ASTM., 1995. Standard practice for preparing rock core specimens and determining dimension and shape tolerances. American Society for Testing and Materials, (1995) D4543, 1995.
- [36]. Ulusay R, and Hudson J.A., (eds.) 2007. The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 1974–2006. “Compilation Arranged by the ISRM Turkish National Group, Ankara, Turkey, 628
- [37]. ASTM., 2010. Standard Test Method for Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures, American Standards for Testing and Materials, D7012-10, United States
- [38]. Hannachi S., and Guetteche M.N., 2014. Review of the Rebound Hammer Method Estimating Concrete Compressive Strength on Site, *Proceedings of International Conference on Architecture And Civil Engineering (ICAACE'14) Dubai*, December 25–26, 2014, pp, 118–127.
- [39]. ISRM., 2007. The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 1974– 2006.
- [40]. Alber M., Yarali O., Dahl F., Bruland A., Kasling H., Michalakopoulos T.N., Cardu M., Hagan P.C., Aydin H., and Ozarslan A., 2014. ISRM suggested method for determining the abrasivity of rock by the Cerchar abrasivity test. *Rock Mech Rock Eng.* 47, 261–266.
- [41]. Dahl F., Grov E., and Breivik T., 2007. Development of a new direct test method for estimating cutter life, based on the Sievers’ J miniature drill test. *Tunn Undergr Space Technol* 22, 106–116.
- [42]. Hucka V., and Das B., 1974. Brittleness determination of rocks by different methods. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr.* 11, 389–392.
- [43]. Altindag R., 2002. The evaluation of rock brittleness concept on rotary blasthole drills. *J. S. Afr. Inst. Min. Metall.* 102, 61–66.
- [44]. Carney J.G., Cunningham, P., and Bhagwan U., 1999. Confidence and prediction intervals for neural network ensembles. *IJCNN’99. International Joint Conference on Neural Networks. Proceedings (Cat. No. 99CH36339)*. doi:10.1109/ijcnn. 1215–1218.
- [45]. Shrestha D.L., and Solomatine D.P., 2006. Machine learning approaches for estimation of prediction interval for the model output. *Neural Networks* 19:2, 225–235.
- [46]. Adebayo B., and Akande J.M., 2015. Analysis of Button Bit Wear and Performance of Down-The-Hole Hammer Drill, *Ghana Mining Journal*, Vol. 15, No. 2, 36–41.
- [47]. Piri M., Mikaeil M., Hashemolhosseini H., Baghbanan A.R., and Ataei M., 2021. Study of the effect of drill bits hardness, drilling machine operating parameters and rock mechanical parameters on the noise level in the hard rock drilling process, *Mesurment*, DOI: 10.1016/j.measurement.2020.108447, Vol. 167, 108447.
- [48]. Majeed Y., Abu Bakar M.Z., and Butt I.A., 2019. Abrasivity evaluation for wear prediction of button drill bits using geotechnical rock properties. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, <https://doi.org/10.1007/s10064-019-01587-y>.
- [49]. Fowell R.J., Gillani T., and Altunoluk S., 1992. *Wear Characterization of Rock*, EUROCK, Chester, England, 13–18.
- [50]. Gehring K.H., 1997. Classification of drillability, cuttability, boreability and abrasivity in tunnelling. *Felsbau* 15, 183–191.
- [51]. Ocak İ., Eyigün Y., Çınar M., and Nahya T., 2007. Kadıköy-Kartal Metro Tünellerinde Kullanılan Roadheader’in Kazı Performansı ve Keski Tüketiminin Araştırılması, *Ulaşımda Yeraltı Kazıları 2. Sempozyumu*, (In Turkey) İstanbul, 199–206.
- [52]. Madan M.M., 2008. Underground Excavation with Road header-Case Studies. *World Tunnel Congress*, India, 1073–1084.
- [53]. Ramazan C., 2019. Effects of the physico- mechanical properties of low-strength pyroclastic rocks on cutter wear of roadheaders, Vol. 428–429, 205–216.
- [54]. Plinninger R.J., 2008. Abrasiveness Assessment for Hard Rock Drilling, *Geomechanis & Tunnelling* 1, 39–46.
- [55]. Yasar S., Yılmaz A.O., and Capik M., 2014. Investigation on relationships between brittleness properties and cuttability parameters of rocks, *ROCKMEC’2014-XIth Regional Rock Mechanics Symposium*, (in Turkish) Afyon, 1–8.
- [56]. AL-Ameen S.I., and Waller M.D., 1994. The influence of rock strength and abrasive mineral content on the Cerchar Abrasive Index, *Engineering Geology* 36, 293–301.
- [57]. Meng F., Zhou H., Zhang C., Xu R., and Lu J., 2014. Evaluation Methodology of Brittleness of Rock Based on Post-Peak Stress–Strain Curves, *Rock Mech Rock Eng*, DOI 10.1007/s00603-014-0694-6.
- [58]. Kahraman S., 2002. Correlation of TBM and drilling machine performances with rock brittleness, *Engineering Geology* 65, pp. 269 – 283.
- [59]. Göktan R.M., 1991. Brittleness and micro-scale rock cutting efficiency. *Mining Science and Technology*, 13:3, pp. 237 – 241.
- [60]. Altindag R., 2010. Assessment of some brittleness indexes in rock-drilling efficiency, *Rock Mech Rock Eng*, 43:361–370.

- [61]. Sandvik Construction., 2013. Top hammer drilling tools, Product catalogue. THC10-6013ENG.
- [62]. Boart Longyear., 2015. Top hammer drilling tools. Percussive Products. Diateam. No 2017/3.
- [63]. Fowell R.J., Hekimoglu O.Z., and Altinoluk S., 1987. Drag tools employed on shearer drums and roadheaders. In: Proceedings of 10th Turkish Mining Congress of Ankara, 529–550.
- [64]. Dewangan S., and Chattopadhyaya S., 2016. Performance Analysis of Two Different Conical Picks Used in Linear Cutting Operation of Coal. Arab J Sci Eng, 41, 249–265.
- [65]. Bellin, F., Dourfaye A., King W., and Thigpen M., 2010. The current state of PDC bit technology. World oil , October, 53-58.

АНАЛИЗ И ВЫБОР КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СЪЕМНОГО ПОРОДОРАЗРУШАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ БУРЕНИЯ С ХОДОВОЙ КОЛОННОЙ

В.Г. Гореликов, Л.А.Басова¹, Баатархуу Гантулга², А.М. Усупхоев³

¹Санкт-Петербургский горный университет

²Монгольская буровая ассоциация

³Отдела Росавтодора

kaf_mech11@mail.ru; s205051@stud.spmi.ru¹; gantulgab6@gmail.com²; a.m.uspekhov@gmail.com³.

V.G. Gorelikov, Doctor. of Technical Sciences, Professor, kaf_mech11@mail.ru;

L.A. Basova, postgraduate student, s205051@stud.spmi.ru.

Baatarhуu Gantulga, Candidate of Sciences in Technology, gantulgab6@gmail.com;

A.M. Uspekhov, Head of Department Federal Road Agency; a.m.uspekhov@gmail.com.

Хураангуй: Бурение по толщам неустойчивых осадочных пород с применением ходовой колонны позволяет вести углубку скважины с одновременным креплением ее ствола обсадными трубами. Это способствует предупреждению таких осложнений как сужение или обрушение стенок ствола скважины. Вместе с тем основным недостатком бурения скважин по методу ходовой колонны является отсутствие съемного породоразрушающего инструмента. К настоящему времени разработан ряд съемных буровых коронок, предназначенных для бурения со снарядами ССК. На основе выполненного анализа таких коронок определены основные требования к конструктивным элементам съемного породоразрушающего инструмента для бурения с ходовой колонной.

Ключевые слова: буровая скважина, ходовая колонна, съемные коронки, пилот-коронка, колонковая труба, башмак, горная порода, осевая нагрузка

ANALYSIS AND SELECTION OF STRUCTURAL ELEMENTS OF SHOULDER ROCK TOOLS FOR DRILLING WITH LINER STRING

Drilling that uses a liner string makes it possible to deepen the borehole, through the strata of unstable sedimentary rock, while simultaneously to consolidate its hole by casing tube. This contributes to prevent complications such as narrowing or collapsing of borehole wall. At the same time, the main disadvantage of drilling wells using the liner string method is the absence of a shoulder rock tool. Now, a number of shoulder bits have been developed for drilling with wireline core barrel string. On the basis of the performed analysis of such bits, the main requirements for structural elements of a shoulder rock tool for drilling with liner string are determined.

Key words: borehole, liner string, shoulder bits, pilot bit, core barrel, shoe, rock, axial load.

Существует ряд способов и технических средств, когда при вращательном бурении с одновременным креплением ствола используется только осадная колонна, которая называется «ходовой колонной» [1,2,3,4]. Метод ходовой колонны заключается в креплении ствола скважины одновременно с его углубкой, при этом бурильная колонна составляется из обсадных труб. Применяют его при бурении мягких и неустойчивых пород. Такой способ бурения еще называют как бурение на обсадной колонне. Вращение передается на породоразрушающий инструмент через обсадную колонну. При таком способе бурения исключается время, которое тратится на спускоподъемные операции с бурильными колоннами и на спуск обсадных труб. Также сокращается время, которое затрачивается на расширение ствола скважины, повторное разбуривание в связи с обрушением его

стенок, не требуется применение специальных буровых растворов, обеспечивающих устойчивость ствола скважины и повышение эффективности бурения [5,6,7]. В среднем экономия времени бурения составляет от 18 до 50 % [2,3].

Как правило, при бурении по методу ходовой колонны геологоразведочных скважин используется несъемный породоразрушающий инструмент. Это могут быть специальные алмазные коронки разной конфигурации. Глубина бурения с применением ходовой колонны определяется износостойкостью несъемного инструмента, керн остается внутри обсадных труб. При достижении коренных пород бурение прекращают и приступают к разбурке керна внутри обсадной колонны. Для этого используется колонна бурильных труб и долото. Недостаток бурения ходовой колонной с несъемным породоразрушающим инструментом заключается в том, что:

– не всегда удается дойти до коренных пород одним диаметром, так как глубина бурения определяется износостойкостью несъемного инструмента;

– необходимо повторное разбуривания керна внутри ходовой колонны.

Также следует отметить, что данный способ применим в тех случаях, когда не требуется получение кернового материала. Это делает невозможным его применение при бурении инженерно-геологических скважин в сложных геолого-технических условиях, где необходимым условием является получение керна.

Вместе с тем следует отметить, что в последнее время имеется достаточно большой ряд съемного алмазного инструмента для бурения со снарядами ССК [4,8,9]. Этот инструмент с определенными доработками, может быть использован при бурении с ходовой колонной.

По принципу конструктивного исполнения можно выделить три основные группы съемного породоразрушающего инструмента: неразъемные (цельнокорпусные); секторные; секторно-пилотные (комбинированные).

Наиболее широкое применение при бурении со снарядами ССК нашли съемные секторные коронки, которые по способу крепления секторов и переводу из транспортного положения в рабочее делят на клиновые и цанговые.

Достоинством цельнокорпусных съемных коронок является отсутствие секторов, что исключает скалывание рабочих элементов породоразрушающего инструмента. Однако для разворота таких коронок в вертикальной плоскости, необходимо наличие свободного пространства под башмаком. При бурении в толщах неустойчивых пород такое условие маловероятно.

К секторным коронкам клинового типа относятся коронки, у которых торцевая часть образуется из расположенных по окружности клинообразных секторов. Однако применительно к снарядам ССК эти коронки практического применения не нашли.

В секторных коронках цангового типа съемные сектора крепятся на пластинчатых пружинах и раздвигаются в рабочее положение распорным элементом (рисунок 1). Коронки цангового типа по способу перевода секторов в рабочее положение (т.е. по расположению их относительно башмака и способу передачи на них крутящего момента) могут быть выполнены с расклиниванием секторов в пазах башмака или под башмаком.

Коронки, сектора которых устанавливаются в пазах, имеют достаточно широкое распространение. Их наиболее простое исполнение предложено в работах [11,12].

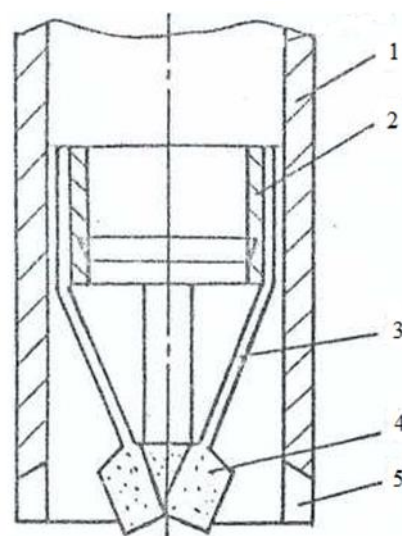


Рисунок 1. Секторная составная съемная коронка: 1 – башмак, 2 – керноприемник, 3 – цанги, 4 – съемные сектора, 5 – пазы в башмаке

Такие коронки работоспособны при бурении монолитных пород, но при бурении трещиноватых пород или наносов с неустойчивыми стенками скважины (типа моренных отложений) возможно попадание кусочков керна или гальки в пазы 5; в этом случае сектора 4 коронки не входят в пазы 5 и коронка в рабочее положение не приводится. Другим недостатком коронок этого типа является и расположение секторов 4 на цангах 3 с опережением керноприемника 2. При наличии обрушенной и выдавленной внутрь башмака горной породы сектора при спуске могут упираться в породу и не сориентироваться относительно пазов в башмаке.

Керноприемная труба, имея возможность дальнейшего движения вниз, будет опускаться и расклинит сектора внутри башмака. Применение утяжелителя не приводит к ликвидации осложнения, так как он устанавливается над съемной частью набора и не способствует перемещению секторов при их расклинивании. Также использование коронки такой конструкции в неустойчивых осадочных породах неэффективно из-за необходимости ориентации (установления) секторов точно напротив пазов в башмаке и расклинивания секторов именно в пазах башмака с целью передачи им крутящего момента.

В другой группе секторных коронок, устанавливаемых под башмаком, крутящий момент от наружной трубы передается секторам за счет поперечных насечек на съемных секторах [9]. На конусной части башмака имеются продольные насечки. В рабочем положении крутящий момент на съемные сектора передается за счет взаимодействия насечек на конусной части башмака с насечками на съемных секторах. Величина внедрения насечек на

конусной части башмака в насечки на секторах определяется осевой нагрузкой на забой скважины. При бурении в мягких породах эти нагрузки невысокие (300-500 даН). В результате возникает проскальзывание приводной втулки относительно съемных секторов и, как следствие, деформация насечек.

Указанные недостатки ограничивают возможность использования коронки такой конструкции при бурении с ходовой колонной.

Коронки секторно-пилотного типа конструкции аналогичны коронкам секторного типа, но в отличие от них имеют на керноприемнике пилотную коронку. Коронки со съемными секторами могут быть выполнены с пилотом и секторами, устанавливаемыми на шарнирах или цапгах, а также с пилотом и клиновыми секторами [4,11]. При расположении секторов-расширителей на шарнирах они ориентируются против пазов в башмаке и раскрываются под действием веса съемного устройства (керноприемника) и давления промывочной жидкости (рисунок 2).

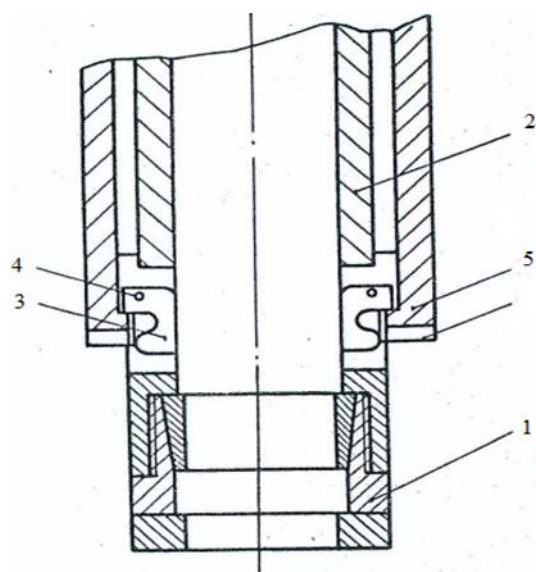


Рисунок 2. Коронка секторно-пилотного типа: 1 – пилот-коронка, 2 – керноприемник, 3 – расширители на шарнирах, 4 – ось расширителя, 5 – башмак, 6 – установочный паз

Колонковый набор сбрасывается внутрь бурильной колонны, под действием собственного веса (или промывочной жидкости) съемное устройство достигает посадочного гнезда, выполненного на башмаке, во внутренней части которого имеются шлицы. Расширители, попадая хвостовиками в шлицы, ориентируются напротив торцевых пазов башмака, затем расширители (под действием веса керноприемника и давления промывочной жидкости) разворачиваются вокруг осей и занимают рабочее положение в торцевых пазах.

Недостатком конструкции, как уже отмечалось, является наличие ориентатора и пазов в башмаке.

Известна конструкция [4,14] съемного породоразрушающего инструмента со съемными пилотом и секторами, которые крепятся на цапгах (рисунок 3).

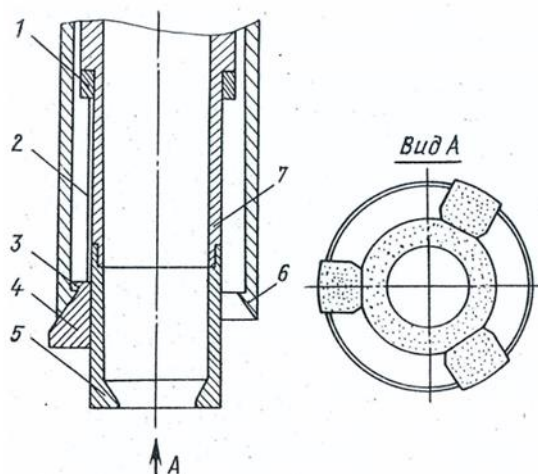


Рисунок 3. Коронка с пилотом и расширителями на цапгах

В состав инструмента входят кольцо 1, цапги 2, раздвижные сектора 4, пилот-коронка 5. На кольце 1 крепятся пластинчатые пружины 2, к нижним концам которых присоединены съемные сектора 4. Пилот-коронка 5 на боковой поверхности имеет продольные лыски, к которым прилегают сектора 4. Во время спуска сектора находятся в опережающем положении по отношению к пилот-коронке, что достигается за счет свободного перемещения кольца 1 по керноприемной трубе 7. После того как сектора 4 буртиком 3 упрутся в выточку на башмаке 6, пилот-коронка вместе с керноприемной трубой продолжает движение вниз до тех пор, пока верхняя часть керноприемника (на рисунке не показано) не займет рабочего положения, при котором пилот-коронка 5 запирает сектора 4. Передача крутящего момента от бурильной колонны к керноприемнику осуществляется с помощью плашек, которые установлены в верхней его части. От пилот-коронки, имеющей резьбовое соединение с керноприемником, крутящий момент передается секторам 4 за счет продольных лысок на пилот-коронке 5.

Преимущества описанного решения заключаются в том, что в башмаке отсутствуют пазы; крутящий момент на коронку передается в верхней и в нижней частях колонкового набора; это исключает необходимость в ориентировании коронки. Это существенные положительные стороны данной конструкции, их целесообразно использовать при разработке съемного породоразрушающего инструмента для бурения с ходовой колонной.

Слабым звеном конструкции при бурении в неустойчивых породах является опережающее положение съемных секторов при спуске снаряда по отношению к пилот-коронке и зависимость усилия для расклинивания плашек от осевой нагрузки. При бурении с небольшими осевыми нагрузками (что характерно для строительства скважин в неустойчивых горных породах) это усилие будет недостаточным для зацепления плашек с внутренней поверхностью наружной трубы.

В результате выполненного анализа следует отметить.

1. Достоинством цельнокорпусных съемных коронок является отсутствие секторов, что исключает скалывание рабочих элементов породоразрушающего инструмента. Однако для разворота таких коронок в вертикальной плоскости, необходимо наличие свободного пространства под башмаком. При бурении в толщах неустойчивых пород такое условие маловероятно.

2. В секторных коронках цангового типа съемные сектора крепятся на пластинчатых пружинах и раздвигаются в рабочее положение распорным элементом (например, керноприемником). Недостатком такого съемного инструмента является и расположение секторов на цангах с опережением керноприемной части, в связи с этим из-за обрушенной и выдавленной внутрь башмака породы сектора при спуске могут упираться в породу и не сориентироваться относительно пазов в башмаке. Также это не позволит керноприемнику расклинить и перевести съемные сектора в рабочее положение.

3. При бурении с одновременной обсадкой ствола скважин могут использоваться съемные сектора со съемными пилот-коронками. Основным недостаток таких конструкций – сложные узлы передачи крутящего момента на породоразрушающие элементы, применение специальных пилот-коронок.

4. Наиболее перспективным можно считать вариант исполнения съемного инструмента с пилот-коронкой и цанговыми секторами, который требует доработки по следующим направлениям.

- При спуске съемного инструмента пилот-коронка должна опережать съемные сектора. Это исключит расклинивание съемных секторов при перемещении по обсадной колонне к забою скважины.
- Расположение съемных секторов под башмаком не должно быть связано с наличием ориентатора и пазов в нижней части башмака.
- Конструкция должна обеспечивать надежную передачу крутящего момента с обсадной колонны на съемные пилот-коронку и сектора.

- В качестве пилот коронки целесообразно использовать серийные коронки, что существенно упростит конструкцию съемного породоразрушающего инструмента.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Гореликов В.Г. Классификация и выбор способа бурения скважин в неустойчивых осадочных породах / В.Г. Гореликов, Ю.В. Лыков, Л.А. Басова // Журнал «Экология и развитие общества». – СПб, 2019, №1(28). – С. 28 – 30.
- [2] Андреев Н.Л. Технология бурения обсадными трубами интервалов многолетнемерзлых горных пород//Наука и техника в газовой промышленности. – М: Газпром Экспо, 2010. – № 4. - С. 6 – 11.
- [3] Шороховский С. Е. Мировой опыт применения технологии бурения на обсадной колонне / Проблемы геологии и освоения недр: труды XX Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня основания Томского политехнического университета, Томск, 4-8 апреля 2016 г.: в 2 т. – Томск : Изд-во ТПУ, 2016. – Т. 2. – С. 804-806.
- [4] Блинов Г.А., Гореликов В.Г. Методы, технические средства и технология бурения скважин с одновременным креплением ствола обсадными трубами/ Техн. и технол. геол.-развед. работ; орг.пр-ва. Обзор. – М.: ВИЭМС, вып. №2, 1993. – С.33.
- [5] Николаев Н.И. Разработка составов промывочных жидкостей для повышения эффективности бурения твердых горных пород/Н.И. Николаев, Е.Л. Леушева // Записки Горного института – СПб, 2016, т. 219. –С. 412-420.
- [6] Яковлев А.А. Анализ условий надежного тампонирувания скважин газожидкостными тампонажными смесями. / Записки Горного института – СПб, 2012, т. 197. – С. 71-74.
- [7] Литвиненко В.С.Технологические жидкости для повышения эффективности строительства и эксплуатации нефтяных и газовых скважин/ Литвиненко В.С., Николаев Н.И.// Записки Горного института – СПб, 2011, т. 194. –С. 84-90.
- [8] Белов А.М. Результаты испытаний съемных алмазных коронок для КССК-76/ А.М. Белов, Ю.Е. Будюков. Научно-тех. сб. «Геоинформ-марк». – М.: вып. 12, 1993. - с.62-66.
- [9] Югов Е.В. Буровой снаряд Югова. А.с. СССР №1754874, МКИ E21 В 10/64. 1992, Бюл.№ 30.
- [10] Ненков Д.Н. Система за едновременно сондиране и обсаждане /Өрөмдлөг-2019 (Drilling-2019) Олон улсын эрдэм шинжилгээ, онол практикийн XXI хурлын илтгэлүүдийн эмхэтгэл// – УЛААНБААТАР ХОТ, 2019, № 4/234. – С. 137-140.
- [11] Михайлов Г.В. Вставная буровая коронка для колонкового снаряда со съемным керноприемником. А.с. СССР № 899829, МКИ E21 В 10/64. 1982, Б.И. №3.
- [12] Югов Е.В., Михайлов Г.В. Вставная коронка . А.с. СССР № 619623, МКИ E21 В 9/16. 1978, Б.И. №30.
- [13] Колесников В.В. Колонковые наборы со съемными раздвижными коронками КРС-59./В.В. Колесников, Е.В. Югов, Н.Н. Бухарев//Разведка и охрана недр. – М.: 1990, №6.
- [14] Жуков А.М., Власова Т.А. Буровой снаряд. А.с. СССР № 1046953, МКИ E21 В 25/04. 1989, Б.И. №3.

IV. БУСАД

АВДАЙ БАГШТАЙГАА АЖИЛЛАСАН ОН ЖИЛҮҮД (гэгээлэг сайхан дурсамж)

Ж.Цэвээнжав

Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Геологи, уул уурхайн сургууль, Газрын тос, өрөмдлөгийн салбар

btseveen2003@must.edu.mn, btseveen2003@yahoo.com

Хураангуй Монгол улсын Гавъяат, Ардын багш, эдүгээ Хөдөлмөрийн баатар, Академич Чилхаажавын АВДАЙ эгэл энгийн эвсэг найрсаг нэг л сайхан хүн...



Мөхөс миний бие мөнхөд гэрэлтэх энэ л эрдэмт хүмүүсийн дунд, эрдэм номын ариун дагшин өргөө болох МУИС-ийн ПДС,

ПДС, ТИС, ШУТИС-д хагас зуун шахам жил тасралтгүй ажиллаж ирснээ, одоо ч үргэлжлүүлэн ажиллаж байгаадаа ихээхэн бахархан баярлаж, энэ насны минь их хувь заяа гэж сүсэглэн биширч явдаг юм.

Эрхүүгийн ПДС, эдүүгээгийн ИрНИТУ төгссөн эгэл энгийн инженер миний биеийг 1975 онд МУИС-ийн харъяаны ПДС-д багш болоход удирдлага их цомхон, Захирал зэргэлдээ Увс аймгийн Зүүнхангай сумын уугуул **Ч.Авдай** багш маань, хичээлийн эрхлэгч манай Завхан аймгийн Цагаанхайрхан сумын уугуул С.Дашдаваа багш нар маань байсан юм.

Авдай багштайгаа ажилласан он жилүүдэд тохиосон мартагдашгүй сайхан дурсамжууд олон бий. 1979 онд унаган мэргэжил минь болох Өрмийн инженерийн анги нээгдэн хичээллэхэд Авдай багш маань их үүрэг гүйцэтгэсэн, хожмоо полигоны нээлтэнд нь хүртэл биечлэн оролцож байсан буянтай нэгэн.



Авдай багш маань алдартнуудтайгаа...

Аспирантурт шууд суралцах эрхтэй ирсэн боловч миний бие багшлах ажлаа хийж байгаад 1980 онд аспирантурын шалгалт өгөхөд орос хэлний шалгалтыг С.Галсан багштай, намын түүхийг Загд багшийн оролцоотой, харин мэргэжлийн шалгалтыг Авдай багш даргатай комисст тус тус амжилттай өгч, аспирантурт суралцах эрхтэй болж байсан юм. Зах хязгаарын Эрхүүгийн ПДС төгссөн намайг төрөлх сургууль маань манай Өрмийн мэргэжлээр Хамгаалуулах Зөвлөлгүй гээд, МГРИ, ЛГИ зэрэг төвийн томоохон сургуулиуд өөрсдийнх нь төгсөгч биш болохоор 2 жил гаруй хүлээлгэсний дараа 1982 оны эцсээр гэнэт надад ЗХУ-ын Москвагийн Геологи-хайгуулын дээд сургууль (*Московский Геологоразведочный институт-МГРИ*)-ийн аспирантурт суралцах урилга-дуудлага ирдэг юм. 1982 оны 10-р сараас МУИС-ээс туурга тусгаарлаж, бие даасан ПДС болж, бүрэлдэхүүнд нь Геологи-хайгуулын факультет (*ГРФ*) байгуулагдаж, түүний анхны декан үүрэг гүйцэтгэгчээр томилогдон 2 сар арай хүрэхгүй хугацаанд ажиллаж байсан намайг дуудахад Авдай багш маань “...арайхийж декан олж томилж, ажиллуулсан чинь явах болжээ, гэхдээ яахав, насны залууд явж эрдэм сур” гэж уриалгахнаар зөвшөөрч, бүр урам зориг өгч байсан нь өдий олон жил санаанаас гардаггүй юм.

Аспирантураа төгсөж, эрдэмтэн болоод ирэхэд минь Эрхэм Авдай багшийн маань захирлаар нь ажиллаж байсан төрөлх ПДС маань 3 өрөө орон сууц хуваарилж, тэр цагаас хойш бараг тэтгэвэрт гартлаа хашсан тэнхмийн эрхлэгчийн албанд томилж байсан юм. Тэгээд тухайн үедээ манайд дотооддоо Ч.Авдай багш даргатай техникийн ухаанаар эрдмийн зэрэг хамгаалуулах цорын ганц бөгөөд нэгдсэн Зөвлөлийн гишүүнээр миний бие олон жил ажилласан болно. Энэ л он жилүүдэд дотооддоо манай Өрмийн мэргэжлээр л гэхэд Л.Төвхөө, З.Намжил, П.Санж нар эрдмийн зэрэг хамгаалсан юм. Улмаар Авдай багш маань төр түмнийхээ итгэлийг хүлээн төрийн эрх барих УИХ-ын гишүүнээр сонгогдон ажиллаж байсан. Хожим юм даа, нэгэн өдөр хичээл завсарлаад өрөөндөө орж иртэл Авдай багш маань манай засаглалын тэргүүн, Ерөнхий сайд байсан Шаравын Гунгаадорж гуайтай манай өрөөнд сууцгааж байдаг

юм, учрыг асуувал Гунгаадорж гуай маань охиндоо газрын тосны салбарт ажиллах ажил алба асууж, ажлын байрны мэдээлэл авахаар Авдай багшаар маань “зуучлуулан” морилсон нь тэр юм байж, эгэл энгийн сайхан хүмүүс...

За тэгээд Авдай багш маань Гавъяат, Ардын багш гээд алдар цолны дээдэд хүрсэн боловч ааш зан, ахуй сэтгэлгээ урьдын адил эгэл энгийн, хүнлэг энэрэнгүй... Тэрээр саяхан юм даа, нэг удаа *“...та нар шиг машин жолоодоод сурчихсан, жолоочийн эрхтэй болоосой, агаар салхинд гээд алсхан Бэлхэд нутагласан чинь автобус унаа, амьтан хүний зав чөлөө харах, өөрийн эрхээр нааш цааш зорчих боломжгүй нь тиймхэн байна”* гэж байж билээ. Ийм л эгэл энгийн, эрдэм оюуны хүн дээ, манай Авдай багш...

Ардын багш, Академич Ч.Авдай багш маань өөрөө амьд түүх нь болохын хувьд төрөлх ПДС, ТИС, ШУТИС-ийн 60 жилийн ойн түүхэн замналын 6 боть номын Ерөнхий редактороор ажилласан хүн. Эрхэм багш, захирал, академич, Гавъяат, Ардын багшийн маань хөдөлмөр зүтгэл, байгуулсан гавъяаг төр түмнээс өндрөөр үнэлж Монгол улсын Хөдөлмөрийн баатар хэмээх цол олгож, Алтан соёмбоор энгэрийг нь мялаасанд эгэл жирийн нэгэн “цэрэг”, эрхэм багшийнхаа удирдлага замналаар өөртэй нь адилхан өтөлтлөө замнаж яваа багш миний зурвасхан дурсамж, сэтгэгдэл нэг иймэрхүү...

Эрхэм Танд - Баатартаа, Ардын болон Гавъяат багшдаа, Академичдаа, агуу эгэл энгийн Тандаа баяр хүргэж, Эрүүл энх, саруул сайхан байж, урт удаан наслаж, улам ихийг бүтээхийн өлзийтэй ерөөлийг өргөн дэвшүүлье.

Профессор **Ж.Цэвээнжав**, 2021 он.