

Эрдэм шинжилгээний өгүүлэл

Бурхан Дэл алтны ордын геологийн тогтоц, бодисын бүрэлдэхүүний судалгаа

М.Төмөрхуяг^{1,2}, Л.Оюунжаргал^{1*}, Б.Батзориг², Л.Жаргал¹, Q.-M. Pei³

¹ Монгол Улсын Их Сургууль

² Мандал Ресурс ХХК

³ Баруун Өмнөд Жяотонг Их Сургууль

* **Холбоо барих зохиогч:**

Л. Оюунжаргал

И-мэйл: oyunjargal@num.edu.mn

Keywords: Mongolia, Orogen,
Burkhan Del, Pyrite

Abstract

The Burkhan Del deposit locates at an elevation of about 1250 m in the north part of the Gobi, south Mongolia. The deposit is 500 km south of Ulaanbaatar and about 120 km northwest of Dalanzadgad. Tectonically, the Burkhan Del deposit locates in center of Mandal Owoo Terrane.

We sampled rock and ore specimens from drilling cores of study area. Based on the field investigation, petrography results, intrusive rocks are mainly biotite diorite, leucocratic diorite, altered schistosed biotite diorite, subalkaline diorite and diorite-porphry. Fine-medium grained biotite diorite composed of plagioclase (andesine, 80-85%), altered biotite (10-15%), quartz (~5%), and minor amounts of magnetite, pyrite, chalcopyrite, sphene and apatite. Altered biotite pseudomorphs are mostly flaky in shape, completely metamorphosed to chlorite. Altered biotite grains form veins up to 200 μm wide. Carbonate veins with a width of 20 μm are observed in the rock. The ore types can be classified into three main categories: (1) fine- to medium-grained titanite, chalcopyrite, and pyrite with rectangular and hexagonal crystal habits hosted in biotite diorite; (2) bluish-gray quartz enriched with iron hydroxides and containing pyrite, arsenopyrite, \pm bornite, \pm chalcocite, \pm covellite, \pm electrum, and \pm altaite, typically forming vein-type mineralization; and (3) quartz-carbonate and carbonate-quartz vein types hosting gold, chalcopyrite, sphalerite, pyrite, \pm bornite, \pm chalcocite, \pm covellite, \pm electrum, and \pm altaite.

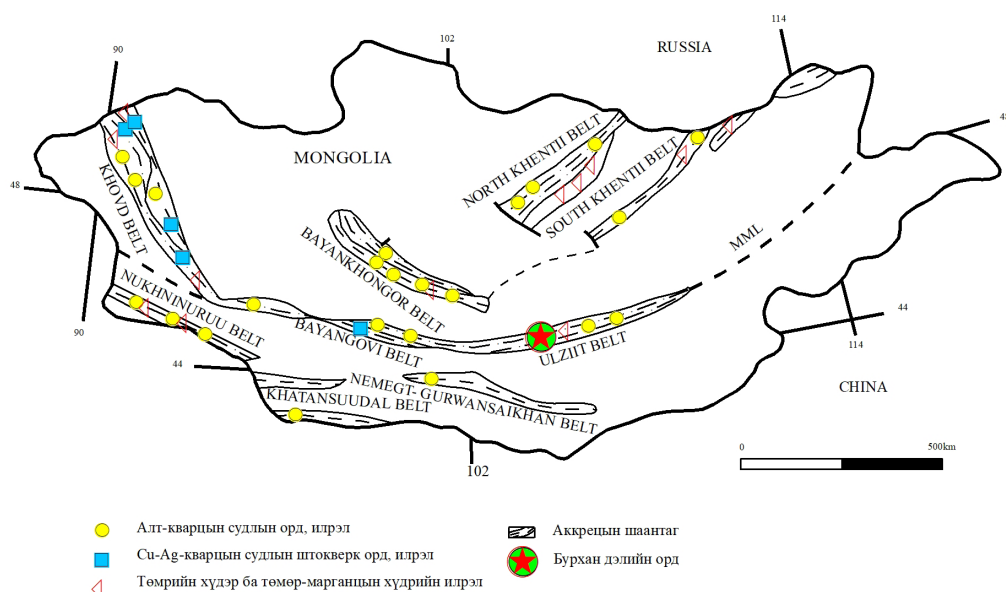
1. Оршил

Монгол орон нь алтны хүдэржилт харьцангуй ихтэй Төв Азийн Ороген бүсэд оршдог улс юм. Монгол орны алтны ордуудын тархалтын зүй тогтоц, ордуудын төрлүүдийг тогтоох эрдэм шинжилгээ судалгааны ажлууд нь 1960-аад оноос хуучнаар ЗХУ-ын эрдэмтэн геологичид В.А.Благонравов, А.Е.Шабаловский нар анхны бүтээлүүдээ нийтлүүлж, 1973-1975 онуудад тэр үеийн ЭЗХТЗ-ийн орнуудын геологичид, эрдэмтэдтэй Монголын геологичид хамтран ажиллаж, Монгол улсын алтны хүдэржилтийн 1:1 500 000 масштабын зураг, тайлбар бичгийн хамт зохиосон (Ganbaatar & Bataa, 2021; Оюунгэрэл нар, 2022). Монгол орны алтны металлогенийн Монгол-Алтай, Нуур,

Хойд Монгол, Төв Монгол, Хангай-Хэнтий, Дорнод Монгол, Өмнөд Монгол зэрэг 7 мужийн 25 бүс, 70 дүүрэг тогтоогдсон байна (Dejidmaa et al., 2023). Бидний судалгааны талбай нь Улаанбаатар хотоос баруун урагш 630 км-т Өмнөговь аймгийн төв Даланзадгад хотоос баруун хойш 120км Өмнөговь аймгийн Мандал-Овоо сумын нутаг дэвсгэрт оршино. Бурхан Дэл алтны ордын орчимд 1980-1984 онуудад Л.Заботкин нар 1:200 000-ны масштабын геологийн бүлэгчилсэн зураглалын ажил, 1989-1991 онуудад И.Дорлигжав нар Ханын хэдийн талбайд 1:50 000-ны масштабын ерөнхий эрэл, зураглалын ажлуудыг тус тус хийж гүйцэтгэсэн байдаг (Баярсайхан нар, 2010). Бурхан Дэл алтны орд нь Дэжидмаа нарын (2020) зохиосон

Монгол орны алтны металлогений ангилалаар Өмнөд Монголын металлогений муж дах Өлзийтийн бүсийн Мандал Овоо дүүрэгт Олон Овоотын бүлэг ордуудтай бүрэлдэн тогтжээ (Зураг 1). Олон Овоотын алтны бүлэг ордуудад Бурхан Дэл ордоос гадна Олон Овоот, Гоёот-Улаан, Мөргөцөг, Бороодон зэрэг ордуудыг хамруулан үзэж болно. Бурхан Дэл ордын хэмжээнд хайгуулын ажил сайн хийгдсэн боловч

алтны хүдэржилтийн онцлог, гарал үүслийн талаар нарийвчилсан судалгааны ажил хийгдээгүй байна. Хээрийн судалгаагаар цуглуулсан газрын гадарга болон өрөмдлөгийн цооногоос ордын агуулагч чулуулаг, хүдэр, кварцын судлуудаас дээжилсэн дээжинд алтны хүдэржилтийн онцлог, хүдрийн эрдсүүдийн хам гарал үүслийн судалгааны үр дүнгийн талаар энэхүү судалгааны ажилдаа хэлэлцүүлж байна.



Зураг 1. Судалгааны талбай Г.Дэжидмаа нарын (2020) Монгол орны алтны металлогений зураг дээр байршуулав.

2. Дүүргийн геологийн тогтоц

Бурхан Дэл алтны орд нь Олон-Овоотын бүлэг ордуудын нэг бөгөөд Төв Азийн ороген бүсэд Монголын голч хагарлын дагуу байрших аккрецийн Говь-Алтай болон холимог төрлийн арлан нумын Мандал-Овоо террейнүүдийн заагт Өлзийт алт агуулагч металлогений бүсэд үүсжээ (Şengür et al., 1993; Badarch et al., 2002; Safonova & Santosh, 2014; Оюунгэрэл нар, 2017; 2018). Мандал-Овоо террейн нь Зүүн Хойд Хятадын зүүн хэсэгрүү сунасан Өмнөд Монголын хойд хэсэгт байрладаг нарийн урт бүс бөгөөд ордовик болон силурын элсэнчулуу, аргиллит, амьтан ургамалын үлдэгдэл агуулсан шохойнчулуу,

доод-дунд девоны конгломерат, элсэн чулуу, бага гүний далай тэнгисийн фоссил ихтэй брахиопойд агуулсан шохойнчулуу, хүчиллэг туф, дээд девоны дэрэн базальт, андезит, туф, элсэн чулуу, миссисипийн тэнгисийн тунамал чулуулгууд болон девоны диорит, гранодиоритоос бүрддэг байна (Badarch et al., 2002).

Тунамал, вулканоген-терриген хурдас зохилсон урт сунасан грабен нь тектоник-магмын идэвхжлийн хөгжлийн явцад хүчтэй атираажин деформацилагдахдаа гүний хагарал-шилжилтийн бүсийн дагуу гидротермаль кварцын судал, түүний эргэн тойрны агуулагч чулуулгууд нь метасоматит хувиралд өртөхөд сарнимал хүдэржилт агуулдаг

хэмээн Дорлигжав нар (1993), Оюунгэрэл нар (2017; 2018)-ын судлаачид тэмдэглэжээ.

3. Ордын геологийн тогтоц

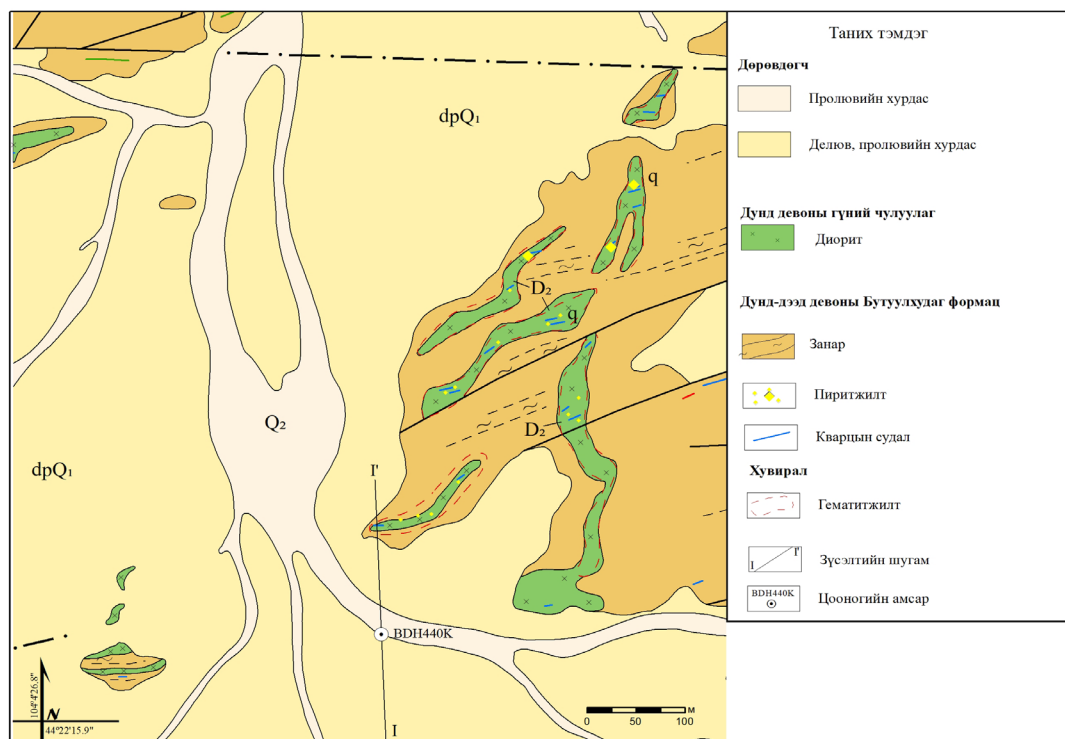
Бурхан Дэлийн алтны үндсэн орд нь дунд-дээд девоны Бутуулхудаг (Ботуулхудаг) формацын шохойлог конгломерат, элсэнчулуу, алевролит, туф алевролит, цахиурлаг алевролит, ягаавтар саарал өнгийн шохойн чулууны мэшил, үеллэг шохойн чулуу, ногоон чулууны хувиралтай базальт, андезибазальт, тэдгээрийн туфлаав, туффит бүхий тунамал хурдсыг зүсэж тогтсон дунд девоны гранитоидын силл хэлбэртэй биетүүдийг зүссэн БУ-ЭХ чиглэлтэй байршсан кварцын судал, судланцар бүхий хувирлын бүсэд үүсжээ (Зураг 2; 3; 4а-ж).

Дунд-дээд девоны Бутуулхудаг формац нь геологийн зургийн зүүн хэсэгт нэлээд, баруун хойд хэсэгт бага тархалттай (Зураг 2; 3), анх уг формацыг О.Д.Суетенко нар (1977) Бутуул (Ботуул) худгийн нэрээр дунд девонд ялгаснаас

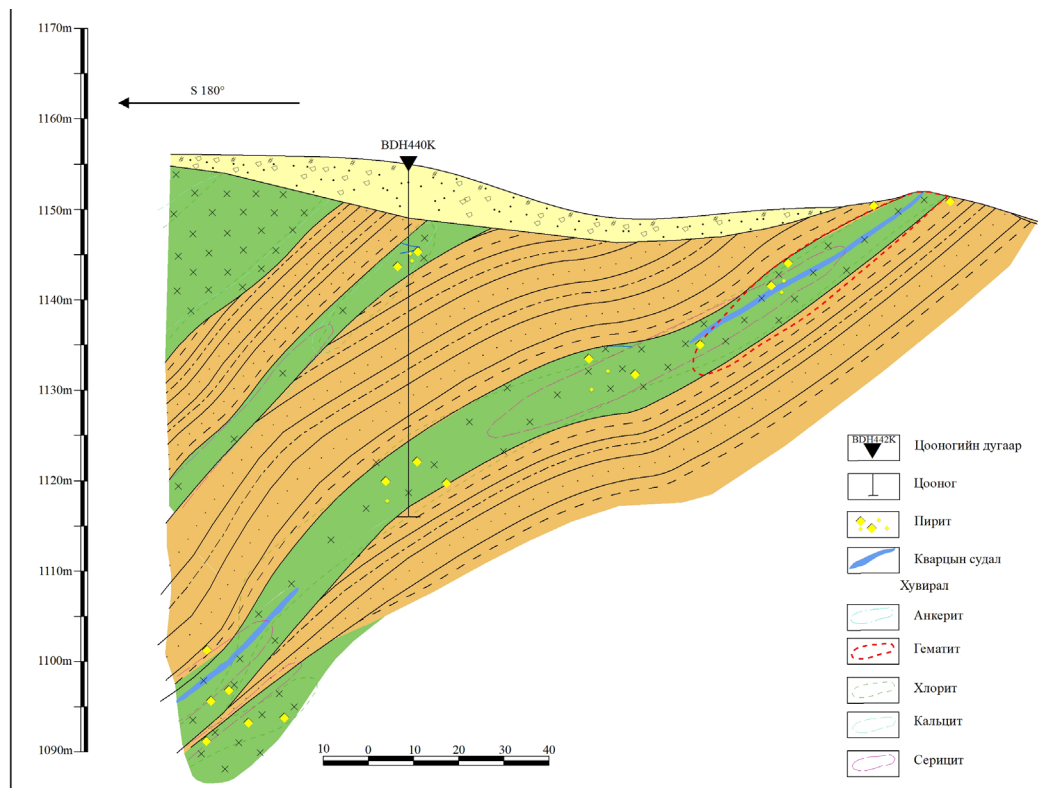
хойш Lamb, Бадарч (1997), Ч.Минжин (2001), М.Ариунтогос нар (2021)-ын олон эрдэмтэд геологи, палеонтологи, седиментологийн судалгаануудыг хийж уг формацыг терриген шохойлог доод Тах-Уул, вулканоген-тунамал дээд Минжин гэсэн 2 мэмбэрт ангилсаар иржээ (Энхбаяр нар, 2022).

Ордын хэмжээнд тархсан ангилагдаагүй дунд девоны гранитоидууд нь диоритын найрлагатай гүний чулуулгууд юм. Уг ангилагдаагүй диоритыг девонд (Badarch et al., 2002), дунд девонд (Заботкин нар, 1983; Бат-Үйлс, 2014), пенсильван-түрүү пермьд (Дорлигжав нар, 1993) тус тус хамааруулан зурагласан байдгаас харахад ангилагдаагүй бүрдэл нь насны хувьд маргаантай байж болох хэдий ч энэхүү судалгааны ажилдаа дунд девоноор авч хэрэглэлээ.

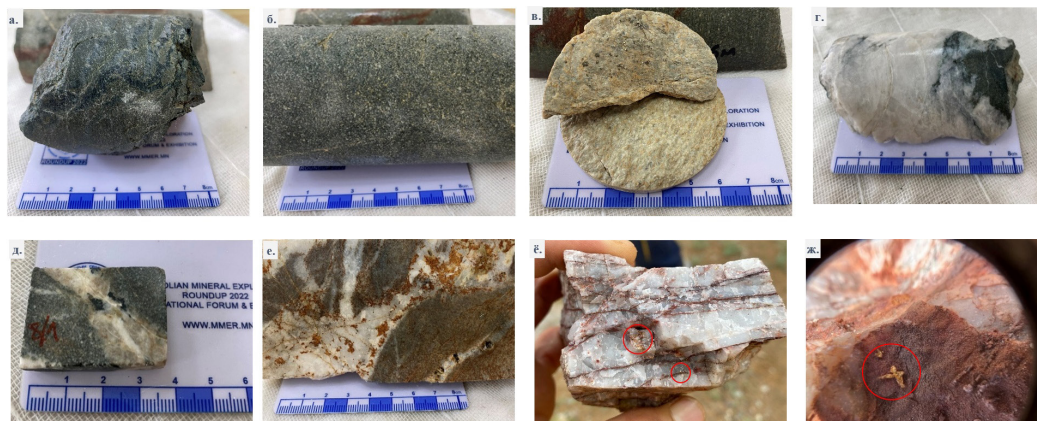
Бутуулхудаг формацын тунамал хурдас болон ангилагдаагүй гүний чулуулгууд нь талбайн хэмжээнд дөрөвдөгчийн сэвсгэр хурдсаар сайн хучигдсан байна (Зураг 2; 3).



Зураг 2. Бурхан Дэл алтны ордын геологийн зурагт ВДН440К өрмийн цооног дайруулан зүсэлт байршуулав.



Зураг 3. Бурхан Дэл алтны ордын BDH440K өрмийн цоонгийн дагуу хийсэн зүсэлт.



Зураг 4. Кварц болон диоритууд Бурхан Дэл ордын BDH440K өрмийн чөмгөн болон гадаргуугийн дээж дэх хаарагдах байдал. а) Ногоон сааралдуу өнгөтэй диорит порфир (BD1); б) Жижиг-дунд мөхлөгт биотитот диорит (BD11); в) Хүчтэй хувирсан жижиг-дунд мөхлөгт биотитот диорит (BD15); г) Цагаан өнгийн кварцын судал (BD4); д) Саарал өнгийн кварцын судал нь хожуу карбонатын судланцараар зүсэгдсэн (BD8/1); е) Төмрийн усан ислээр баяжсан цагаан өнгийн кварцын судал (BD21); ё-ж) Гадаргуугаас дээжилсэн төмрийн усан ислээр баяжсан алттай цагаан өнгийн кварцууд.

4. Судалгааны арга, аргачлал

Хээрийн судалгааны ажлыг ордын орчимд геологийн маршрутаар баримтжуулж BDH440K дугаарын өрөмдлөгийн цооног болон гадаргуугаас дээжлэлт хийлээ. Дээжний байршлыг зураг 2, 3-т, дээжнүүдийн макрофотог зураг 4а-ж-т үзүүлэв.

МУИС-ШУС-БУС Геологи, Геофизикийн тэнхимийн Геологийн Суурь Судалгааны Лабораторид “Motic BA310P01” маркийн туйлширсан болон ойсон гэрлийн микроскопоор өнгөлсөн тунгалаг шлиф дээр петрографи, минераграфийн судалгааг, ШУТИС-ийн Геологийн төвд аншлифэнд ховор тохиолдох хүдрийн эрдсүүдийг SEM-EDX-ээр тодорхойлов.

5. Судалгааны ажлын үр дүн

Петрографи болон минераграфийн судалгааг BDH440K өрмийн чөмгөн дээж (n=22)-нд хийж тэдгээрийн эрдэслэг бүрэлдэхүүн, структур, текстур, хувирлын эрдсүүдийг тодорхойлохыг зорилоо.

5.1 Агуулагч чулуулгийн петрографи

Петрографийн судалгаагаар ордын хэмжээнд дундлаг найрлагатай гүний чулуулгууд тодорхойлогдсоноос судалгааны талбайг төлөөлөхүйц үр дүнг нэгтгэн дараах байдлаар нэгтгэн танилцуулж байна.

Жижиг-дунд мөхлөгт биотитот диорит (BD11; BD12; BD18; BD20) нь хүчтэй метаморф болон катаклазын процессуудад өртсөн, плагиоклаз (андезин, 80-85%), хувирсан биотит (10-15%), бага зэргийн кварц (~5%)-аас бүрдэнэ (Зураг 5а-б). Плагиоклаз нь призмлэг хааяа хавтгайдуу хэлбэртэй, 0.2 мм-ээс 1.7 мм ийн хэмжээтэй, бага зэрэг пелит, серицит, карбонатаар идэгдсэн, кварцтай микропегматит маягийн ургалтыг бий болгожээ (Зураг 5а-в). Катаклазын нөлөөгөөр плагиоклазын ихэрэлтийн шугам нь тахийсан байна. Кварц нь зөв бус хэлбэртэй, 0.06 мм-ээс 0.2 мм-ийн хэмжээтэй байна. Биотит нь гол төлөв судал маягийн ялгарлуудыг үүсгэн плагиоклаз, кварцын мөхлөгүүдийг хүрээлсэн байдалтайгаар

0.3 мм хүртэл хэмжээтэйгээр тэмдэглэгдэнэ. Биотит нь бүрэн хэмжээгээр хлоритод, хэсэгчлэн карбонатад хувирчээ. Заримдаа хлоритын судал маягийн ялгаралтай карбонатын судлууд нь ассоциаци үүсгэсэн байхаас гадна изометрлэг, зөв бус, тэгш өнцөгт хэлбэртэй пирит хамт тохиолдоно. Чулуулагт аксессуар эрдсээр апатит (±лейкоксенжсэн сфен) зэрэг нь 0.01 мм-ээс 0.09 мм-ийн хэмжээтэйгээр тогтоогдлоо.

Ордын гүний хэсэгт жижиг-дунд мөхлөгт биотитот диорит (BD13; BD17) нь хүчтэй карбонатжих процесст өртөгдсөнөөс бүхэлдээ карбонатаар бүрхэгдэж чулуулгийн эрдэслэг бүрэлдэхүүнийг тодорхойлоход төвөгтэй болсон (Зураг 5д) байхад ордын дээд хэсэгт уг чулуулаг (BD7; BD8/1) нь метаморф болон катаклазын процесст өртөж чулуулаг бүрдүүлэгч эрдсүүд нь ямар нэг хэмжээгээр нэг зүгт зэрэгцэн оршиж хувирч занаржсан ажиглагдана (Зураг 4д).

Жижиг-дунд мөхлөгт кварцат шүлтлэгдүү диорит (BD4; BD5; BD9) нь метаморф процесст өртөгдсөн байхаас гадна катаклазын процесст оржээ (Зураг 5в-г, е). Чулуулаг нь плагиоклаз (андезин, 80%), хувирсан биотит (5-10%), калийн хээрийн жонш (5%), кварц (5-10%)-аас тогтоно. Плагиоклаз нь призмлэг хэлбэртэй, 0.3 мм-ээс 1.2 мм-ийн хэмжээтэй, хэсэгчлэн пелит, серицит, карбонатаар түрэгджээ. Хэдийгээр плагиоклазын мөхлөгүүд дээр ихэрлэлтийн шугам ажиглагдах боловч найрлагыг нь нарийвчлах боломжгүй байна. Плагиоклазаар үүссэн хоёрдогч эрдсүүдийн шинж чанараас харахад хүчиллэг найрлагатай бололтой. Плагиоклаз нь кварцаар түрэгджээ. Кварц нь зөв бус хэлбэртэй, 0.2 мм-ээс 0.4 мм-ийн хэмжээтэй, гол төлөв плагиоклазтай хааяа калийн хээрийн жонштой микропегматит маягийн ургалтыг бий болгожээ. Калийн хээрийн жонш нь сулавтар пелитжсэн, голчлон кварцтай микропегматит ургалтыг үүсгэн бага зэрэг тохиолдоно. Чулуулагт хувирсан биотитын псевдоморфоз нь гол төлөв ялтаслаг, хааяа хайрслал хэлбэртэйгээр плагиоклазын мөхлөгүүдийн хооронд нарийн судал маягийн ялгарлуудыг бий болгожээ.

Чулуулагт аксессуароор халькопирит, ковеллин, титанит, пирит, гематит, апатит нь 0.01 мм-ээс 0.8 мм-ийн хэмжээтэйгээр бичил шигтгээ маягийн ялгарлыг үүсгэн тааралдана (Зураг 5в-г, е). Чулуулагт карбонатжих процессын нөлөөгөөр үүссэн карбонатын тасалдсан хялгасан судлууд, түүний зөв бус хэлбэртэй жижиг бөөгнөрлүүд тэмдэглэгдэнэ.

Дунд-жижиг мөхлөгт лейкократ диорит (BD2) нь маш хүчтэй катаклазын процесст өртөгдсөний улмаас эрдсүүдийн хэлбэр дүрс нь тахийж муруйсан, нэг чиглэлийн даралтын нөлөөгөөр эрдсүүд нь ямар нэг хэмжээгээр нэг зүг зэрэгцэн оршиж зэргэд текстурыг үүсгэсэн байхаас гадна янз бүрийн хэлбэр хэмжээтэй хэсгүүдэд хуваагдан сулавтар илрэх брекчи маягийн текстурыг бий болгожээ. Чулуулаг нь плагиоклаз (андезин, ~95%), биотит (~5%), кварц (цөөн)-аас тогтоно. Плагиоклаз нь призмлэг хэлбэртэй, 0.3 мм-ээс 1.4 мм-ийн хэмжээтэй, катаклазын нөлөөгөөр хэлбэр болон ихэрлэлтийн шугам нь тахийсан, пелит, серицит, карбонат зэрэг хоёрдогч эрдсүүдээр түүний мөхлөгүүд нь түрэгджээ. Кварц нь зөв бус хэлбэртэй, 0.2 мм-ээс 0.5 мм-ийн хэмжээтэй, плагиоклазын мөхлөгүүдийн хооронд тохиолдохоос гадна плагиоклазтай микропегматит маягийн ургалтыг бий болгожээ. Биотит нь гол төлөв ялтаслаг, хааяа хайрлаг хэлбэртэй, 0.2 мм-ээс 0.4 мм-ийн хэмжээтэй, хлорит, серицитэд бүрэн хувирч, чулуулгийн бутарсан хэсгүүдэд тэмдэглэгдэнэ. Чулуулагт титанит, пирит, халькопирит, апатит нь 0.2 мм хүртэл хэмжээтэйгээр аксессуар эрдсээр тогтоогдлоо. Түүнчлэн чулуулаг нь карбонатжих процесст өртөгдсөний улмаас карбонатын судлуудаар зүсэгдсэн мөн карбонат нь линз, зөв бус хэлбэртэй жижиг бөөгнөрлүүдийг үүсгэсэн байхаас гадна кварцын 0.6 мм-ийн хүртлэх өргөнтэй судлуудаар хэрчигджээ.

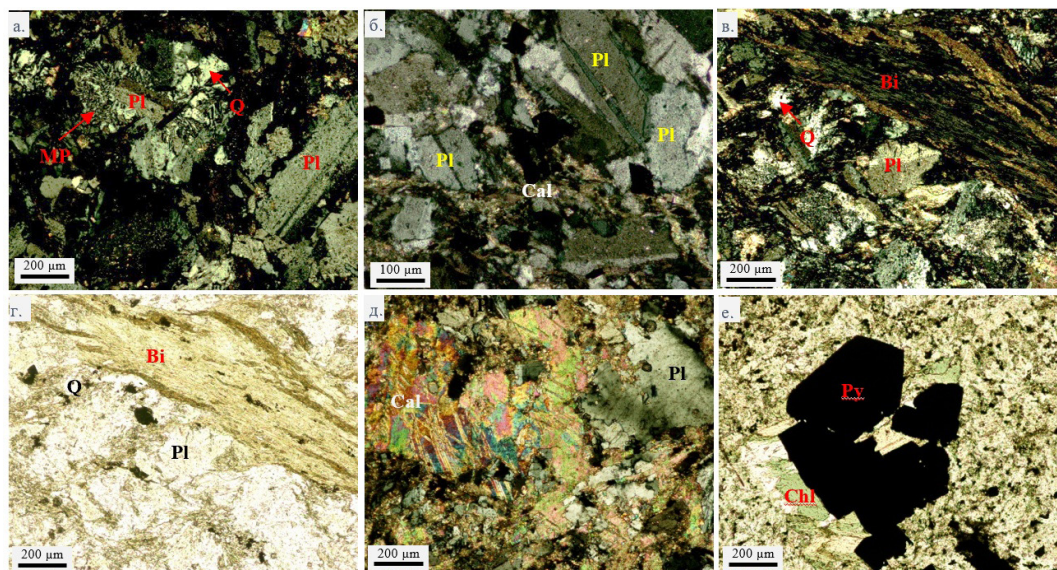
Хувирсан диорит порфир (BD3; BD6; BD1) нь хүчтэй катаклазын процесст оржээ. Чулуулаг нь шигтгээ (40-45%) ба үндсэн хэсгээс (55-60%) тогтож, невадит шигтгээлэг структурыг үүсгэжээ. Плагиоклаз нь шигтгээгээр призмлэг хэлбэртэй,

0.5 мм-ээс 1.6 мм-ийн хэмжээтэй, катаклазын нөлөөгөөр ихэрлэлтийн шугам, хэлбэр нь тахийсан байна. Плагиоклазаар хэсэгчлэн пелит, серицит хааяа карбонатад хувирчээ. Чулуулгийн үндсэн хэсэг нь микрогипидиоморф хэсэгчлэн микрозернист структурыг үүсгэсэн плагиоклаз, хувирсан биотит, бага зэргийн кварцаас бүрдэнэ. Плагиоклаз нь үндсэн хэсэгтээ шигтгээтэйгээ ижил шинж чанартай байна. Кварц нь зөв бус хааяа изометрлэг хэлбэртэйгээр тохиолдоно. Биотит нь ялтаслаг хааяа хайрлаг хэлбэртэйгээр гол төлөв нарийн судал маягийн ялгарлыг үүсгэжээ. Биотит нь бүрэн хэмжээгээр хлоритод хувирч псевдоморфозыг бий болгожээ. Чулуулагт аксессуар эрдсээс пирит, титаномангнетит (~5%), ±гематит, ±титанит, апатит тогтоогдлоо. Эдгээр эрдсүүд нь бичил шигтгээ маягийн ялгарлыг үүсгэнэ.

Плагиоклаз-хлоритот занар (BD8) нь харьцангуйгаар нэг зүг чиглэн байршиж занарлаг текстур, микрогранолепидобласт структурыг үүсгэсэн хлорит, плагиоклазын мөхлөгүүдээс тогтжээ. Чулуулагт анхдагч чулуулгийн гипидиоморф структурыг реликт хадгалан үлдсэн хэсгийн найрлагаас харахад маагмын дундлаг найрлагатай интрузив чулуулгийн хувирлаар үүссэн бололтой. Плагиоклаз (35-40%) нь призмлэг хэлбэртэй, 0.03 мм-ээс 0.7 мм-ийн хэмжээтэй, сулавтар пелит, серицитэд хувирчээ. Хлорит (60-65%) нь хайрлаг хааяа ялтаслаг хэлбэртэйгээр 0.02 мм-ээс 0.1 мм-ийн хэмжээтэйгээр ямар нэг хэмжээгээр урт талруугаа нэг зүг зэрэгцэн оршиж занарлаг текстурыг үүсгэнэ. Чулуулаг нь карбонатжих процесст өртөгдсөний үр дүнд карбонатын мөхлөгүүд сарниж тархсан байхаас гадна 0.5 мм-ээс 1.1 мм-ийн өргөнтэй судал маягийн ялгарлуудыг үүсгэжээ. Чулуулагт аксессуар эрдсээс пирит, халькопирит, титанит, гематит тохиолдоно.

Петрографийн судалгааны үр дүнгээс харахад ордын өрмийн цооногт дунд-жижиг мөхлөгт лейкократ диорит, жижиг-дунд мөхлөгт биотитот диорит гэсэн хоёр үе шатны гранитоидууд үүсч тэдгээрийг диорит порфирын дэл судал болон

хүдэр агуулсан кварц-карбонатын судлууд серицитжих, хлоритжих, калийн хээрийн зүсэх үед агуулагч чулуулгууд нь карбонатжих, жоншжих, пиритжих процесст өртжээ.



Зураг 5. Бурхан Дэл ордын BDH440K өрмийн чөмгөөс дээжилсэн агуулагч чулуулгийн микрофото. а-б) Жижиг-дунд мөхлөгт биотитот диорит (BD12); в-г) Жижиг-дунд мөхлөгт кварцат шүлтлэгдүү диорит нь плагиоклаз, хувирсан биотит, кварц болон калийн хээрийн жоншноос тогтсон байх бөгөөд хааяадаа кальцитын судлаар зүсэгдсэн байна (BD5); д) Хүчтэй карбонатжисан жижиг-дунд мөхлөгт биотитот диорит (BD13); е) Хлоритын хувиралтай пиритийн мөхлөгүүд (BD9). Эрдсийн товчлол: MP-Микропегматит, Q-кварц, Pl-плагиоклаз, Py-пирит, Bi-хувирсан биотит, Chl-хлорит.

5.2 Кварцын судлын петрографи болон минераграфи

BDH440K өрмийн чөмгөөс дээжилсэн кварцуудад (n=9) петрографи болон минераграфийн судалгааг түүний генерацийн төрлүүдийг тодорхойлох, хүдэржилтийн төрлүүдийг ялгах зорилготой хийлээ.

Цагаан өнгөтэй кварцын судал (BD4) нь хүдрийн эрдэжилтгүй, дан ганц кварцын изометрлэг мөхлөгүүдээс бүрдсэн байна. Энэ төрлийн кварц (QI) нь ордын дээд хэсэгт жижиг-дунд мөхлөгт кварцат шүлтлэгдүү диоритыг зүссэн байдалтай тэмдэглэгдэнэ (Зураг 4г).

Хөх сааралдуу өнгийн төмрийн усан ислээр баяжсан кварцын (QII) судал нь алт ($\leq 1\%$), халькопирит ($\sim 1\%$), сфалерит ($\sim 1\%$), пирит ($\sim 5\%$), арсенопирит ($\sim 1\%$) зэрэг хүдрийн эрсүүдийг агуулсан байхаас гадна \pm борнит,

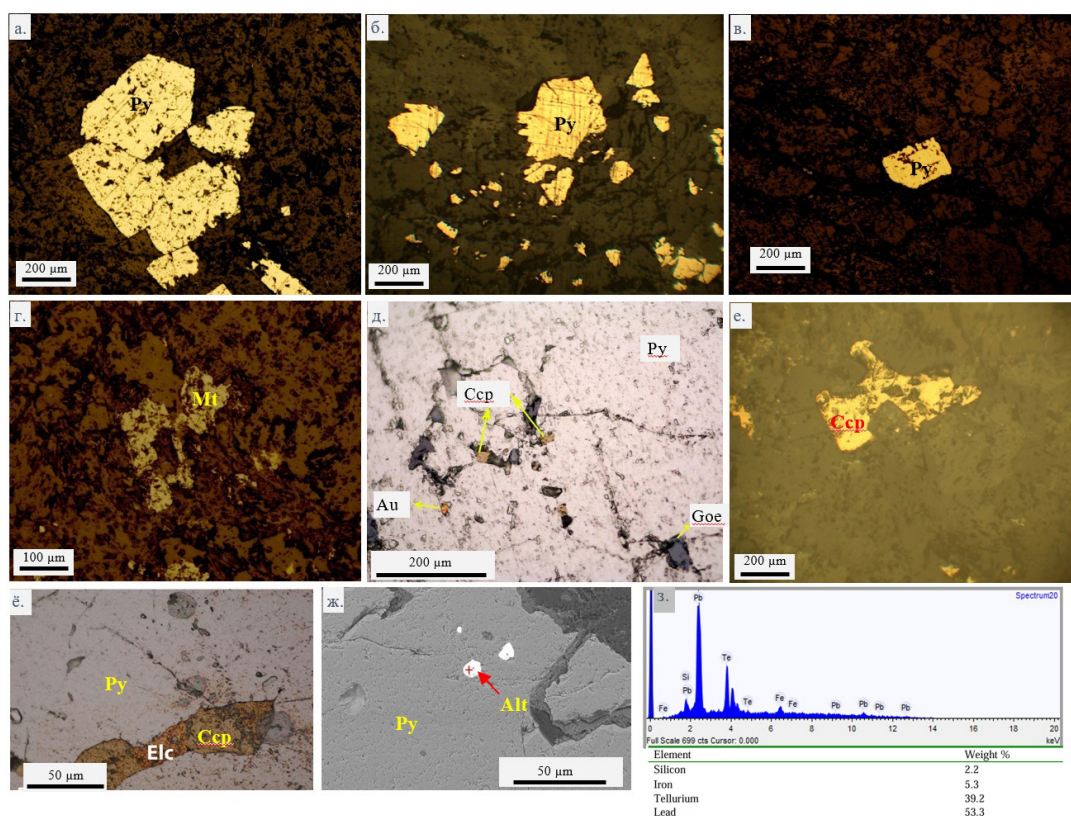
\pm халькозин, \pm ковеллин, \pm электрум, \pm алтаит зэрэг хүдрийн эрдсүүдтэй хамт тохиолдоно (Зураг 4е-ж). Энд пирит нь шигтгээлэг текстуртай, хэлбэр нь тэгш өнцөгт, гадаргуу нь цэвэр, мөхлөгүүд нь 37-199 μm хэмжээтэй тэмдэглэгдэнэ. Эдгээр пиритийн мөхлөгүүд нь судал маягийн ялгарал үүсгэсэн тэдгээр нь эвдэрч бутарсан шинжтэй ажиглагдана. Ногоон шар өнгийн халькопирит нь 15-79 μm хэмжээтэй хааяадаа ковеллин, халькозин, борнигоор түрэгджээ. Сфалерит нь 72-657 μm хагас сунасан хэлбэртэй хүдрийн бус эрдсүүд даган судланцар маягтай ялгарал чулуулагт үүсгэнэ. Энд алтан шар өнгийн алт нь пиритийн ан цаваар хөгжсөн байхаас гадна кварцын гадаргуу дээр өнгөр хальсаар тааралддаг онцлогтой, үйлдвэрлэлийн ач холбогдол бүхий хүдэр юм.

Цайвар шаргал, ягаандуу өнгийн карбонаттай

ассоциаци үүсгэсэн кварц (QIII) нь нэг зүгт чиглэсэн зуувандуу хэлбэртэй ажиглагдана (Зураг 4д). Энэхүү судал нь алт ($\leq 1\%$), халькопирит ($\sim 1\%$), сфалерит ($\sim 1\%$), пирит ($\sim 5\%$), арсенипирит ($\sim 1\%$), зэрэг хүдрийн эрсүүдийг агуулсан байхаас гадна \pm борнит, \pm халькозин, \pm ковеллин, \pm электрум, \pm алтаит зэрэг зэрэг эрдсүүд бага хэмжээгээр үүссэн байна. Энэ төрлийн хүдэржилт нь үйлдвэрлэлийн хувьд

бага ашигтай байж болох юм.

Ордын хэмжээнд тархсан QI, QII болон QIII төрлийн кварцын судлууд нь хүдэржилтийн хувьд харилцан адилгүй байгаа нь кварцын петрографи, минераграфийн судалгаагаар ажиглагдана. Мөн электрум болон алтаитын мөхлөгүүд харьцангуй жижиг учир SEM-EDX-ээр тодорхойлов. (Зураг 6ж-з).



Зураг 6. Бурхан Дэл ордын BDH440K өрмийн чөмгөөс дээжилсэн хүдрийн микрофото. а) Жижиг-дунд мөхлөгт биотитот диорит дахь пиритийн мөхлөг (BD12); б) Төмрийн исэлтэй кварцын судал дахь деформацид өртсөн пиритийн мөхлөг; в) Кварц-карбонатын судал дахь пиритийн мөхлөг; г) Жижиг-дунд мөхлөгт биотитот диорит дахь магнетитын мөхлөг; д) Төмрийн исэлтэй кварцын судал дахь деформацид өртсөн пиритийн мөхлөг хооронд хөгжсөн алтны чөлөөт мөхлөг; е) Зөв бус хэлбэртэй халькопиритийн мөхлөг; ё) Пиритийн мөхлөг доторх халькопирит болон электрум; ж) Пиритийн мөхлөг дэхь алтаитын мөхлөг; з) ж зураг дээрх алтаитын SEM-EDX-ийн шинжилгээний үр дүн. Эрдсийн товчлол: Py-пирит, Mt-магнетит, Ccp-халькопирит, Goe-гётит, Au-алт, Elc-электрум, Alt-алтаит.

Эрдсүүд	Гидротермаль			Гиперген
	Үе шат I	Үе шат II	Үе шат III	
Кварц	—————			
Пирит	---	—————		
Халькопирит	---	—————		
Сфалерит			-----	
Галенит			-----	
Арсенопирит			-----	
Алт		-----		
Электрум			-----	
Алгаит			-----	
Карбонат		—————		
Гётит				—————
Борнит				-----
Ковеллин				-----
Халькозин				-----

Зураг 7. Бурхан Дэл ордын хүдэржилтийн хам гарал үүслийн эгнээ.

6. Хэлэлцүүлэг

Дэлхий дээрх ороген алтны ордууд нь цаг хугацаа, геологийн тогтоц, алтны хүдрийн эрдэсжилт, хүдэр үүслийн үеийн даралт-температур, уусмалын эх үүсвэр, хүдэр-хувирлын эрдэсжилт зэргээрээ өөр өөр байдаг. Энэхүү төрлийн ордыг үүссэн гүн, структур, текстур, агуулагч чулуулаг, түүний хувирал, хүдрийн эрдсийн найрлагаар нь гипозонал (~15-20км), мезозонал (~6-12км), эпизонал (~6км) гэж ангилан үзжээ (Groves et al., 1998; Fossen & Cavalcante, 2017; Richard et al., 2023). Манай орны хувьд олон гарал үүсэлтэй алтны ордууд байдаг хэдий ч Өмнөд Монголын хэмжээнд кварц, кварц-карбонатын судал дахь Олон-Овоот, Өндөрнарэн зэрэг ороген алтны ордууд нь илүү тархалттай байна. Энд хүдрийн биетүүд нь үндсэндээ кварц-карбонатын найрлагатай, сульфид багатай байдаг. Эдгээр нь сул метаморфжсон терриген гаралтай чулуулгуудын үе давхаргатай нийцлэг байрлалтай бөгөөд эмээл маягийн (saddle-like) эсвэл шаталсан (step-like) судал хэлбэрээр илэрдэг (Dejidmaa et al., 2023). Олон-Овоотын бүлэг ордууд нь Өмнөд Монголын Өлзийтийн металлогений бүсэд хамаарагдах бөгөөд кварц-карбонатын судал дахь

алтны ороген төрөлд өмнөх судлаачид ангилан иржээ (Dejidmaa et al., 2023; Оюунгэрэл нар, 2017; 2018; Оюунгэрэл нар, 2022;). Бидний судалгааны талбай болох Бурхан Дэл орд нь Олон-Овоотын бүлэг ордуудын нэг бөгөөд хүдэржилтийн хувьд тэдгээр ордуудтай төстэй байна. Бурхан Дэл алтны ордын хэмжээнд дунд-жижиг мөхлөгт лейкократ диорит, жижиг-дунд мөхлөгт биотитот диорит гэсэн хоёр үе шатны гранитоидууд үүсч тэдгээрийг диорит порфирын дэл судал болон хүдэр агуулсан кварц, кварц-сульфид, кварц-карбонатын судлууд зүсэх үед агуулагч чулуулгууд нь карбонатжих, серицитжих, хлоритжих, калийн хээрийн жоншжих, хүдэржих процесст өртсөн. Тус ордын хэмжээнд бидний судалгаагаар хүдэр агуулаагүй цагаан өнгийн кварц буюу QI генераци; төмрийн усан ислээр баяжсан сульфид-алтны хүдэржилттэй кварц буюу QII генераци; шар-ягаавтар өнгийн карбонаттай сульфид-алтны хүдэржилттэй кварц буюу QIII генераци гэж ангиллаа (Зураг 7). Хүдэржилтийн хувьд гексаэдр, пентагондодекаэдр хэлбэртэй пирит, титанит, халькопиритын жижиг-дунд мөхлөгт биотитот диоритын; алт, халькопирит, сфалерит, арсенопирит, судал маягийн ялгарал

бий болгосон пирит, \pm борнит, \pm халькозин, \pm ковеллин, \pm электрум, \pm алтаиттай төмрийн усан ислээр баяжсан хөх сааралд өнгийн кварцтай; алт, халькопирит, сфалерит, пирит, \pm борнит, \pm халькозин, \pm ковеллин, \pm электрум, \pm алтаиттай кварц-карбонатын гэсэн гурван төрлийн

7. Дүгнэлт

-Бурхан Дэл алтны орд нь Өмнөд Монголын Мандал-Овоо трейнд Өлзийтийн алтны металлогений бүсэд үүссэн агуулагч чулуулууд нь диоритын найрлагатай, хүдэржилтийн хувьд хувьд хувьд гексаэдр, пентагондодекаэдр хэлбэртэй пирит, титанит, халькопиритын жижиг-дунд мөхлөгт биотитот диоритын; алт, халькопирит, сфалерит, судал маягийн ялгарал бий болгосон пирит, арсенопирит, \pm борнит, \pm халькозин, \pm ковеллин, \pm электрум, \pm алтаиттай төмрийн усан ислээр баяжсан хөх сааралд өнгийн кварцтай; алт, халькопирит, сфалерит, пирит, \pm борнит, \pm халькозин, \pm ковеллин, \pm электрум, \pm алтаиттай кварц-карбонатын гэсэн төрлүүдэд ангилагдана.

- Ордын хэмжээнд хийгдсэн хүдрийн болон хүдрийн бус эрдсүүдийн ассоциациараа энэхүү орд нь мезозоналд үүссэн ороген алтны орд байж болох юм. Одоогийн хийсэн судалгааны ажлаас харахад орд нь илэгдлийн түвшин сайтай байна.

- Бид бүхний судалгааны ажил үргэлжилж байгаа учир илүү олон шинэлэг мэдээлэлийг та бүхэнтэй дараа дараагийн судалгааны ажлаараа хуваалцах болно.

Талархал

Бурхан Дэл ордын өрмийн цооногоос дээжлэлт хийж судалгааны ажил хийх зөвшөөрөл олгосон Мандал Ресурсес ХХК-ний удирдлагууд болон лабораторийн судалгааг хийх боломж олгосон МУИС-ийн Геологийн Суурь Судалгааны Лабраторийн баг хамт олонд гүн талархал илэрхийлье.

хүдэржилтийг бид бүхэн ордын хэмжээнд ялгалаа (Зураг 7).

Бидний одоогийн судалгаа нь хүдэржилтийн зүй тогтлыг тогтоох зорилготой, цаашид кварцын генерациудад ормын судалгаа хийж давсжилт болон температурыг тогтоох шаардлагатай байна.

Ишлэл

Бат-Үйлс, Б. 2014. “УГЗ-200 Өмнөд Монгол VI төсөл” үр дүнгийн тайлан. Улаанбаатар.

Баярсайхан, Ц., Олзбаатар, Б., Шижирбаатар Д., Дэлгэрмаа, М., Оргилмаа, Б., Батзориг, Б., Энхбаяр, Б., Эрдэнэхүү, Д., Батбаяр, Б., Нармандах, О. 2010. Бурхан дэлийн алтны ороген ордын нөөцийн тооцоо, эдийн засгийн урьдчилсан үнэлгээ. “Олон овоот гоулд” ХХК.

Дорлигжав, И., Баасандорж, Ш., Энхтүвшин, Х. 1993. “Мушгиан П ангийн 1:50 000-ны масштабтай эрэл зураглалын ажил” гүйцэтгэсний үр дүнгийн тайлан. Улаанбаатар, Ф4680.

Дэжидмаа, Г., Жаргалан, С., Ганцэцэг, О., Ариунбилэг, С., Болд-Эрдэнэ, Б., Хүрэлбаатар, Б. 2020. Монгол Улсын 1:1 000 000 масштабтай бүс нутгийн металлоген ба ашигт малтмалын ордын тархалтын үр дүнгийн тайлан.

Оюунгэрэл, С., Алтанзул, Оюунжаргал, Л., Тамир, Б., Минжинсор, С. 2022. Монгол орны алтны зарим ордуудын хүдэржилт, гарал үүслийн харьцуулалт. Геологийн асуудлууд 21(2), 168-189.

Оюунгэрэл, С., Жаргалан, С., Батбаяр, Б., Nakanashi, T., Ватанабэ, К. 2017. Олон-Овоот алтны ордын хүдэржилт ба хүдрийн эрдсүүдийн парагенез. Хайгуулчин, 57, 113-129.

Оюунгэрэл, С., Жаргалан, С., Батбаяр, Б., Ватанабэ, К. 2018. Олон-Овоот алтны ордын хүдрийн уусмалын ормын судалгаа. Хайгуулчин, 59, 200-210.

Энхбаяр, Б., Сэрсмаа, Г., Ариунчимэг, Я., Наранцэцэг, Ц., Ундарьяа, Ж., Нямаа,

- Б., Хүрэл-Эрдэнэ, П. 2022. Монгол орны 1:200 000 масштабын геологийн зурагт орсон литостратиграфийн нэгжүүдийн лавлах толь. Геологийн судалгааны төв, 85.
- Заботкин, Л. болон Цэдэнбал, Ү. 1983. 1:200 000-ны харьцалтай геологийн бүлэгчилсэн зураглалын ажлын үр дүнгийн тайлан. Улаанбаатар, Ф3676.
- Badarch, G., Cunningham, W.D. and Windley, B.F. 2002. A new terrane subdivision for Mongolia: implications for the Phanerozoic crustal growth of Central Asia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 21, 87–110. [http://doi.org/10.1016/S1367-9120\(02\)00017-2](http://doi.org/10.1016/S1367-9120(02)00017-2)
- Ganbaatar, T. and Bataa, Ch. 2021. There is a history of gold mining in Mongolia. *Ulaanbaatar*, 123.
- Dejidmaa, G and Uyanga, B. 2023. Lode Gold Deposits. In: Gerel, O., Pirajno, F., Batkhisig, B., Dostal, J. (Eds.) *Mineral Resources of Mongolia. Modern Approaches in Solid Earth Sciences*, 19, 75-102. https://doi.org/10.1007/978-981-15-5943-3_3
- Fossen, H. and Cavalcante, GCG. 2017. Shear zones—a review. *Earth-Sci Rev* 171:434–455. <https://doi.org/10.1016/j.earsci-rev.2017.05.002>
- Groves, D.I., Goldfarb, R.J., Gebre-Mariam, M., Hagemann, S.G., Robert, F. 1998. Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. *Ore Geol Rev* 13:7–27. [https://doi.org/10.1016/S0169-1368\(97\)00012-7](https://doi.org/10.1016/S0169-1368(97)00012-7)
- Safonova, I.Y. and Santosh, M. 2014. Accretionary complexes in the Asia-Pacific region: Tracing archives of ocean plate stratigraphy and tracking mantle plumes. *Gondwana Research*, 25 (1), 126-158. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2012.10.008>
- Şengür, A.M.C., Natal'in, B.A. and Burtman, V.S. 1993. Evolution of Altiid tectonic collage and Paleozoic crustal growth in Eurasia. *Nature*, 364, 299-307. <https://doi.org/10.1038/364299a0>
- Tumurkhuyag, M., Oyunjargal, L., Batzorig, B., Jargal, L and Pei, Q-M. 2024. Geological and mineralogical outline of the Burkhan Del Au deposit in south Mongolia. 73rd The Society of Resource Geology meeting, Tokyo, Japan 2024-06-26-2024-06-28.
- Richard, J. G., Iain, P. 2023. Orogenic gold: is a genetic association with magmatism realistic? *Mineralium Deposita*, 58:5–35. <https://doi.org/10.1007/s00126-022-01146-8>