

Судалгааны өгүүлэл

Баргилтын төмрийн ордын магнетитийн хүдэржилт ба магнетит дэх сарнимал элементийн судалгаа

Д.Алимаа^{1, 2}, С.Оюунгэрэл^{1*}, Б.Идэрбаяр³, П.Мөнгөнтулга¹, Д.Батболд²

¹ МУИС, Шинжлэх Ухааны Сургууль, Геологи, геофизикийн тэнхим

² Монросцветмет ТӨҮГ

³ Си Өү Эй Эл ХХК

Abstract

The Bargilt iron deposit is located in the Bor-Undur ore district of the South Kherlen-Buyant metallogenic belt of the Central-Eastern Mongolia metallogenic province. Tectonically, The Bargilt deposit is located in the Idermeg terrane which is mainly formed of marble, quartzite, conglomerate, sandstone and limestone containing archeocyathes and stromatolites.

The deposit is hosted in shist, biotite gneiss, biotite-amphibolite gneiss, limestone and quartzite of the Neoproterozoic unclassified metamorphic complex and acidic volcanic rocks of the Lower-Middle Permian Burentsogt formation, and Quaternary sediments, and the Middle-Late Paleozoic unnamed intrusive complex, The Early Permian subvolcanic complex, and The Late Triassic-Early Jurassic Bor-Undur intrusive complex.

The Bargilt iron deposit is composed of four types magnetite ores such as the I rhombododecahedron magnetite, II massive magnetite, III magnetite with sphalerite, and IV magnetite with pyrite. The main discriminator elements for magnetite, this study focused on the chemical characteristics of magnetite to identify the origins of the iron ore deposit. This study investigated the trace element chemistry of the magnetite using inductively coupled plasma mass spectrometry. The Bargilt deposit is classified by their chemical characteristics as skarn/calcic skarn deposits, characterized by higher Al and Mn and lower Ni, Ti, with V being a signature of a skarn type deposit.

Түлхүүр үг: Bargilt, Magnetite, Sulfide, Trace element, Skarn

***Холбоо барих зохиогч:**

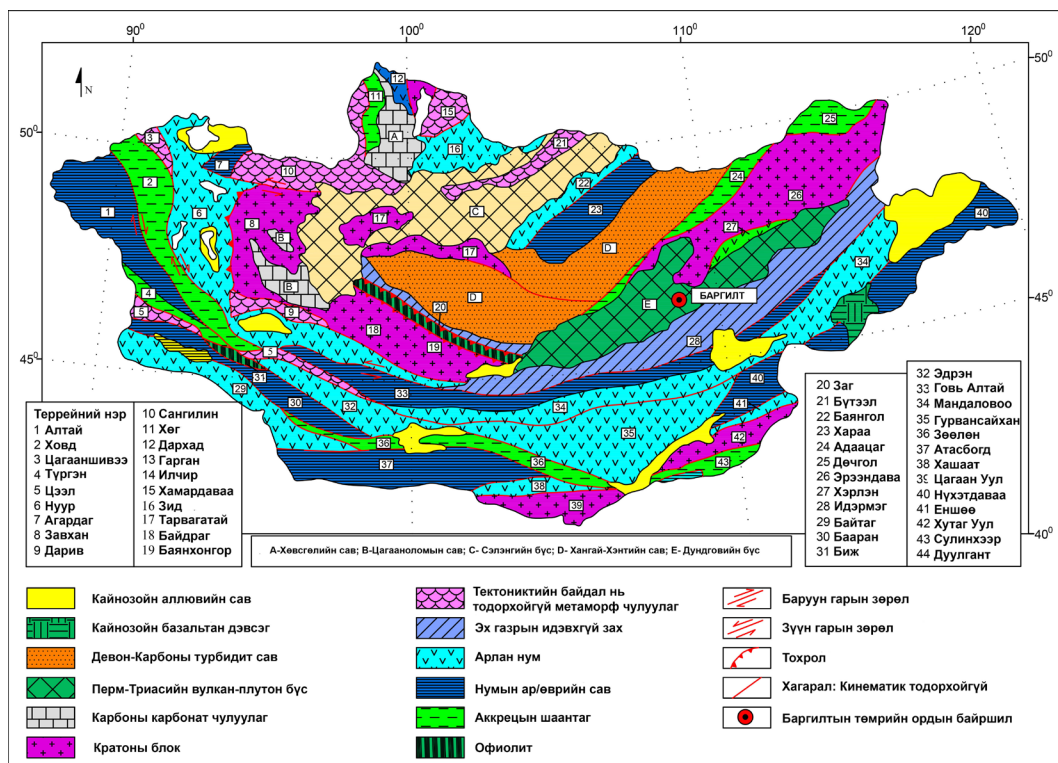
С.Оюунгэрэл

И-мэйл: soyungerel@num.edu.mn

1. Оршил

Баргилтын орд нь Хэнтий аймгийн Дархан сумын нутагт орших ба Улаанбаатар хотоос зүүн урагш 330км зайд орших ба Хэнтий аймгийн Бор-Өндөр сумын нутагт орших Бор-Өндөрийн Уулын баяжуулах үйлдвэрээс баруун хойш 18км зайд байрлана. 1954 онд Уфимов А.М. нар, 1956 онд Братаж В.И нар талбайн баруун хэсэгт 1:200000-ны масштабтай геологийн зураглал, өмнөд буюу хайгуулын ажил гүйцэтгэсэн талбай хамрагдсан хэсэгт 1956 оны

үед 1:200000-ны масштабтай зураглалын ажлыг хийсэн байна. Эдгээр ажлаар анх төмрийн хүдэржилт байгааг тогтоож илрүүлсэн байна. 1984-1986 онд Эрэл-Геофизикийн экспедицийн Дарханы геологийн анги (Бат-Эрдэнэ ба Коротушенко, 1987) 1:50000 ба 1:10000-ны маршрутаар геологи-геофизикийн эрэл зураглалын цогцолбор судалгааны ажил хийж Баргилтын төмрийн орд хамрагдсан Овоотын эрлийн хэсэг ялган уул өрөм, геофизикийн ажлуудыг гүйцэтгэн ордын геологийн тогтоц, хэмжээ, гарал үүсэл, хүдэржилт, эрдсийн



Зураг 1. Монгол орны тектоникийн зураг Г.Бадарч нар (Badarchet al., 2002)

найрлага бүрэлдэхүүн, төмрийн болон дагалдах элементүүд, хортой элементүүдийн агуулга, тэдгээрийн эвшил зүй тогтол, геофизикийн шинж чанарууд, хувирлын зэргийг тогтоож ордын С2 зэргийн хүдрийн нөөцийн хэмжээг 30980,0мян.тн, Р1 зэргээр нөөцийн хэмжээг 12560,0мян.тн нийтдээ 43540,0мян.тн нөөцтэй гэж тодорхойлсон байна. Баргилтын төмрийн ордод хайгуул, ил уурхайн ашиглалтын ажил эрчимтэй явагдсан боловч 2009 оноос (Оргил ба Пүрэвбаасан, 2010) хойш судалгааны талбайд тархсан чулуулгийн судалгааг төдийлөн хийгдээгүй байсан. Үүний дараагаар 2020-2021 онд гүйцэтгэсэн нэмэлт хайгуулын ажлын үр дүнгийн тайланд ордын хэмжээнд Бодитой (В) зэрэглэлээр 38,332,264тн төмрийн хүдэрт агуулагдах 38.14% дундаж агуулгатай 14,618,052 тн төмөр, Боломжтой (С) зэрэглэлээр 9,798,108тн төмрийн

хүдэрт агуулагдах 36.81% дундаж агуулгатай 3,606,373тн төмрийн; Бүгд Бодитой (В) + Боломжтой (С) зэрэглэлээр 48,130,372тн төмрийн хүдэрт агуулагдах 37.92% дундаж агуулгатай 18,224,424тн төмөр; Илрүүлсэн баялаг (Р1) зэрэглэлээр 165,486тн төмрийн хүдэрт агуулагдах 29.27% дундаж агуулгатай 48,436тн төмрийн геологийн нөөц тооцоологдов (Мөнхбадрах нар., 2022). Манай оронд, нутаг дэвсгэрийн геологи-структурин онцлог, чулуулгийн найрлага, бодисын бүрэлдэхүүнтэй уялдан контакт-метасоматоз буюу скарны, үеллэг төмрийн формацын (BIF) гаралтай (Iderbayar et al., 2024) олон тооны салангад жижиг хэмжээний дунд хэмжээний ордууд ихэвчлэн тохиолдож байна. Монгол оронд сүүлийн үед хэт суурилаг болон суурилаг чулуулагтай холбоотой (Нарангэрэл нар., 2024) төмрийн орд, илрэлүүдийг гарал

үүслийн төрлүүдийг тогтоох эрдэм шинжилгээ судалгааны ажлууд нэлээд хийгдэж байна. Сүүлийн жилүүдэд төмрийн ордын гол хүдэр болох магнетит дэх сарнимал элементүүдээр ордын гарал үүслийг тодорхойлох ажил ихээр хийгдэж байна (Nadoll et al., 2015; Dare et al., 2014; Dupuis & Beaudoin, 2011). Магнетит дэх сарнимал элементийн тархалт нь Mg, Al, Si, P, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Y, Zr, Nb, Mo, Sn, Hf, Ta, W, Pb-аар тодорхойлогддог. Магнетитийн сарнимал элементийг ашигт малтмалын хайгуулын явцад ордын гарал үүслийн үзүүлэлтийг тодорхойлогч болгон ашигладаг (Williams et al., 2005). Судалгааны зорилго нь ил уурхайгаас цуглуулсан хүдрийн дээжүүд дээр минераграфи, сарнимал элементийн судалгааны ажлуудыг нарийвчлан хийснээр чулуулгийн найрлага, хувирал, хүдэржилтийн гарал үүслийн төрлийг тодорхойлдог. Энэхүү судалгаанд магнетитын хүдэржилтийн гарал үүслийн төрлийг тогтоосон үр дүнг хэлэлцүүлж байна.

2. Геологийн тогтоц

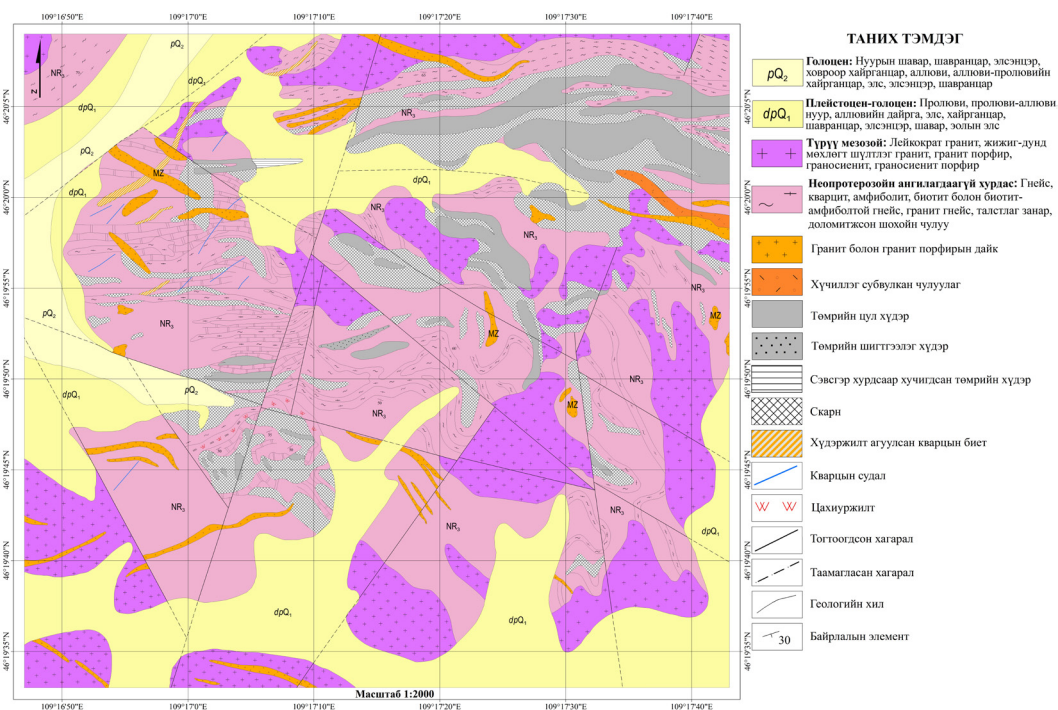
Орд байрлах бүс нутаг нь Монголын Геологи Ашигт Малтмал цувралын IV ботид Монгол-Агнуурын далайн идэвхтэй захын структурууд хэмээн тодорхойлогдсон бөгөөд тус далайн хавтангийн зүүн—урагш унасан субдукцийн орой дээр хөгжсөн структур болох Дундговь—Хэрлэнгийн эх газар дундын магмын нум дахь Дундговийн структур—металлогенийн бүсийн зүүн хойд төгсгөлд оршдог. Судалгааны талбай нь Г.Бадарч нарын 1:1000000-ын масштабтай тектоник мужлалын ангиллаар Дундговийн пермь-триасын вулкан плутон бүсэд (Зураг 1, Badarch et al., 2002), Төмөртоого нарын ангиллаар Идэрмэгийн эх газрын идэвхгүй захын террейнд байрладаг (Төмөртоого, 2012). Энэхүү дүүрэгт Алтайн атираат тогтолцооны Дундговийн (Среднегобийский) блокийн

зүүн хойд хэсэгт Хойд Монголын атираат тогтолцооны баруун урд заагтай хиллэх хэсэгт неопротерозойн хувирмал хурдас, бүхий хожуу палеозойн интрузив бүрдэл бүхий Бор-Өндөрийн өргөгдөлд хамаарна.

Ордод хамрагдаж буй хэсэг нь Холбоо-Майханы хагарлын бүсийн хил орчимд байрлах бөгөөд энд неопротерозойн метаморф бүрдэл, доод пермийн вулканоген хурдас болон тэдгээрийг зүссэн палеозой-мезозойн гүний чулуулаг тархсан (Бат-Эрдэнэ ба Коротушенко, 1987; Оргил ба Пүрэвсүрэн, 2010; Мөнхбадрах нар., 2022).

Неопротерозойн бүрдэл нь палеозойн гранитийн массивт ксенолит байдлаар тогтох бөгөөд энд улаавтар, хар саарал өнгийн гранит гнейс болон дахин талсжсан цагаавтар кварцит, доломитын багавтар зузаантай мөшил, горизонт зэргээс тогтдог. Энэ зузаалаг хүчтэй тектоник хагарал эвдэрэлд орж янз бүрийн суналтай эгц босоодуу 45-85°-ын уналтай изоклиналь атираанд орсон байдаг. Доод пермийн хурдас нь сул ялгарсан, голчлон зүүн хойш сунасан, цайвар саарал туф конгломерат, туф алевролит, риолитын туф лаав зэргээс тогтоно. Эдгээр нь неопротерозойн бүрдэл, палеозойн гүний чулуулаг дээр үл нийцлэгээр болон хучиж байрласан байдаг. Дөрөвдөгчийн хурдаст пролювиал-делювиал гаралтай 1-2м-ээс 10-30м-ийн зузаантай хайргархаг, элсэрхэг хурдас хамаарагдана (Зураг 2).

Гүний чулуулгийн 40% нь талбайн хойд, зүүн, өмнөд хэсгүүдийн гадаргууд ил гарч тархсан байна. Интрузив чулуулгууд ба тунамал чулуулгуудын хоорондын харьцаа байршлын онцлогуудын үндсэн дээр талбайд дунд-хожуу палеозойн интрузив бүрдэл, түрүү пермийн /субвулкан/ бүрдэл, γT_3 - J_1b -ийн Бор-Өндөрийн бүрдлийг ялгажээ.



Зураг 2. Баргилтын ордын геологийн зураг

Дунд-хожуу палеозойн интрузив бүрдэл нь габбродиорит, гранодиорит, гранитаас тогтдог ба Баргилтын төмрийн хүдрийг агуулсан Холбоо-Майханы том массивийг үүсгэжээ. Талбайн хэмжээнд энэ массивийн бүрдлээс II фазын гранит хойд, төв зүүн хэсэгт тархсан ба хожуу насны галт уулын болон интрузив чулуулгуудаар хучигдаж зүсэгдсэн байдаг. Агуулагч чулуулгууд нь палеопротерозойн метаморф хувиралтай шохойн чулуу, гантигжсан доломитийн үлдцүүдээр /ксенолит/ бүрддэг. Гранит нь цайвар саарал өнгөтэй гипидиоморф ширхэгт, ховроор порфир хэлбэрийн структуртай, хил заагийн хувиралд орсон хэсгүүдэд ферромагнетын идэвхжил нь 6% хүрч өсдөг.

Түрүү пермийн субвулкан бүрдлийн дайк хэлбэрийн биетүүд нь өргөргийн дагуу суналтай 1км урттай 100м орчим өргөнтэй байна. Талбайд илэрсэн риолит порфир, кварцат-порфир

нь ногоон-саарал, улаавтар хүрэн өнгийн бутарч задарсан кристаллжсан жижиг 1-4 мм-ийн порфирлог ялгаралтай. Кварц нь изометрлэг, бөөрөнхийлсөн хэлбэртэй. Энэ субвулкан биет нь орон зайн болон үүсэл гарлаараа доод пермийн галт уулын бялхмал чулуулгуудтай нягт холбоотой, дунд-хожуу палеозойн гранитуудыг зүсч мөн Бор-Өндөрийн бүрдлийн гранитууд түрүү мезозойн болон дунд-хожуу юрагын дайкуудаар зүсэгдсэн байдаг.

γT_3-J_1b -ийн Бор-Өндөрийн интрузив бүрдэл нь ордын талбайн өмнөд хэсгээр илэрдэг ба талбайгаас гадагш өмнөд, зүүн талд Бор-Өндөрийн болон Гээггийн томоохон массивуудыг болон нэлээд тархалттай жижиг урт сунасан биетүүдийг үүсгэдэг. Талбайд түрүү мезозой интрузив биетүүд нь дунд ширхэгт гранит үүсгэх ба хил заагийн гадарга хэсэгт жижиг ширхэгт

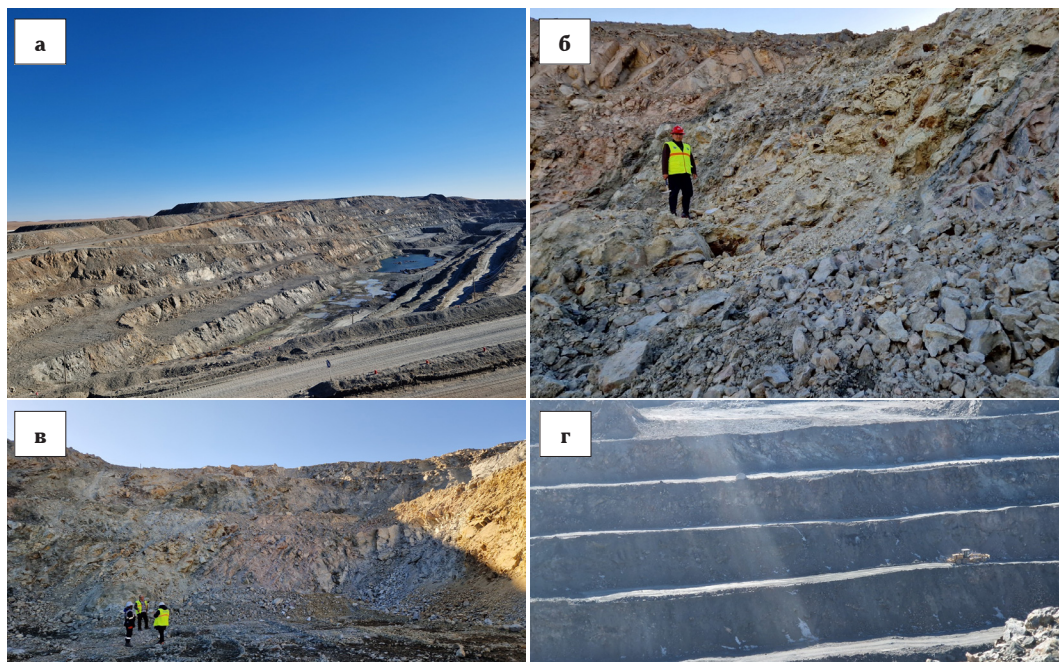
гранит, гранит порфир ажиглагдана. Гранит нь минералоги, петрографийн найрлагаараа дунд жижиг ширхэгт эрдсүүдээр зөвхөн структурээрээ ялгардаг. Вулканоген зүсч гарсан хил зааг нь бага зузаантай /10м/ эвэр-хуурмагаар илэрдэг. Судалгааны талбайд хүдрийн биетүүдийн ойролцоо, хагарлын бүс дагуу гидротермаль хувирал /кварц-серицитын метасоматит/ ажиглагддаг.

Дунд-хожуу юрын дэл судал талбайн хэмжээнд нэлээд хөгжсөн бөгөөд янз бүрийн чиглэлтэйгээр хэдэн арваас 2.6км хүртэл урттай, 1м-ээс 50м хүртэл өргөнтэйгөөр тогтдог. Дэл судал нь фельзит структуртэй риолит-порфиороос голлон тогтох ба хааяа нэлээд хэмжээгээр пиритжсэн байх нь тохиолдоно.

Уг талбайд зүүн хойш болон баруун хойш чиглэлтэй дунд-багавтар хэмжээтэй тектоник хагарлууд хөгжсөн бөгөөд өнөөгийн геологийн тогтоцод чухал үүрэг гүйцэтгэсэн байна.

Хүдрийн биетийн хэмжээ: Ордын хэмжээнд үндсэн том хоёр хүдрийн биетийг ялгадаг. Төв хүдрийн биет уртаараа өргөргийн чиглэлд ойролцоогоор 1.1км, өргөнөөрөө баруун талдаа 70м орчим, зүүн талдаа 240м орчим бөгөөд хүчтэй бутарч хэмхрэн өгөршсөн байдгаас канаваар хүрээлэл хийх боломж багатайгаас соронзон хайгуулын аргыг хэрэглэж байжээ. Мөн хүдрийн биет нь салаалсан 100-120м-ээс 380-500м урттай, зузаанаараа 10-80м хэмжээтэй, урагш 45° - 65° унасан цул, судланцар—шигтгээлэг, шигтгээлэг магнетитийн линзүүд байх ба ховроор магнетитийн хамт пирит, малахит, халькопирит харагддаг.

Өмнөд хүдрийн биет нь төв биетээсээ урагш 200м зайд, баруун тийш 60° - 75° уналтай хагас саран хэлбэртэйгээр 400м урт, 20-100м өргөн пироксен—флогопиттой скарнаар илэрдгийг тогтоожээ (Зураг 3).



Зураг 3. Баргилтын төмрийн ордын ил уурхай: а-ил уурхайн харагдах байдал; б-ил уурхайн зүүн хэсэг, в-ил уурхайн баруун хэсэг; г-ил уурхайн урд тал.

3. Судалгааны ажлын арга аргачлал

Судалгааны ажил нь хээрийн судалгааны ажил болон лабораторийн судалгааны ажил гэсэн 2 үндсэн хэсгээс бүрдэнэ. Хээрийн судалгааны ажлыг Баргилтын төмрийн ордын ил уурхайн хананаас маршрутын ажиглалт, дээжлэлт хийж нийт 21 дээж сонгон авч 10 дээжид минераграфийн бичиглэл, Au Ag агуулга тодорхойлох шинжилгээ, 4 генерацийн нийт 21 дээжид сарнимал элементийн шинжилгээг хийсэн (Зураг 4). Эдгээр 4 генерацийн магнетитын тархалтыг аваад үзвэл: I генерацийн магнетит нь ордын урд хэсэгт баруун хойноос зүүн урагш сунаж тогтсон 2 салаалсан 2 биет байх ба шигтгээлэг ромбододекаэдр хэлбэртэй байна. Төмрийн хүдрийн агуулга бусад хэсгээс бага 26-32%-ийн хооронд байна. Зарим үед үүнээс ч бага тохиолдоно. II генерацийн магнетит нь төв хэсэгт тархалттай төмрийн хүдрийн агуулга 32-38% хүрдэг ба цул магнетитийн хүдэржилтийг үүсгэсэн байна. III генерацийн магнетит нь ордын баруун болон баруун урд хэсэгт тархалттай. Энд төмрийн хүдрийн агуулга бусад хэсгээс арай бага буюу 29-32%, сфалеритын дундаж агуулга 3-15%-ийн хооронд хэлбэлзэнэ. IV генерацийн магнетит нь ордын зүүн хэсэгт пирит, багаар халькопириттэй хамт хүдэржилт үүсгэдэг бөгөөд төмрийн хүдрийн агуулга харилцан адилгүй байх бөгөөд 26-36%-ийн агуулгатай байна.

3.1. Минераграфийн судалгааны арга аргачлал

Минераграфийн судалгааг МУИС-ШУС-БУС-ын Геологи-Геофизикийн тэнхимийн “Геологийн Суурь Судалгааны Лаборатори”-д “Motic BA310Pol” маркийн туйлширсан болон ойсон гэрлийн микроскопыг ашиглан хүдрийн эрдсүүдийн найрлага, гарал үүслийн дэс дарааллыг тодорхойллоо.

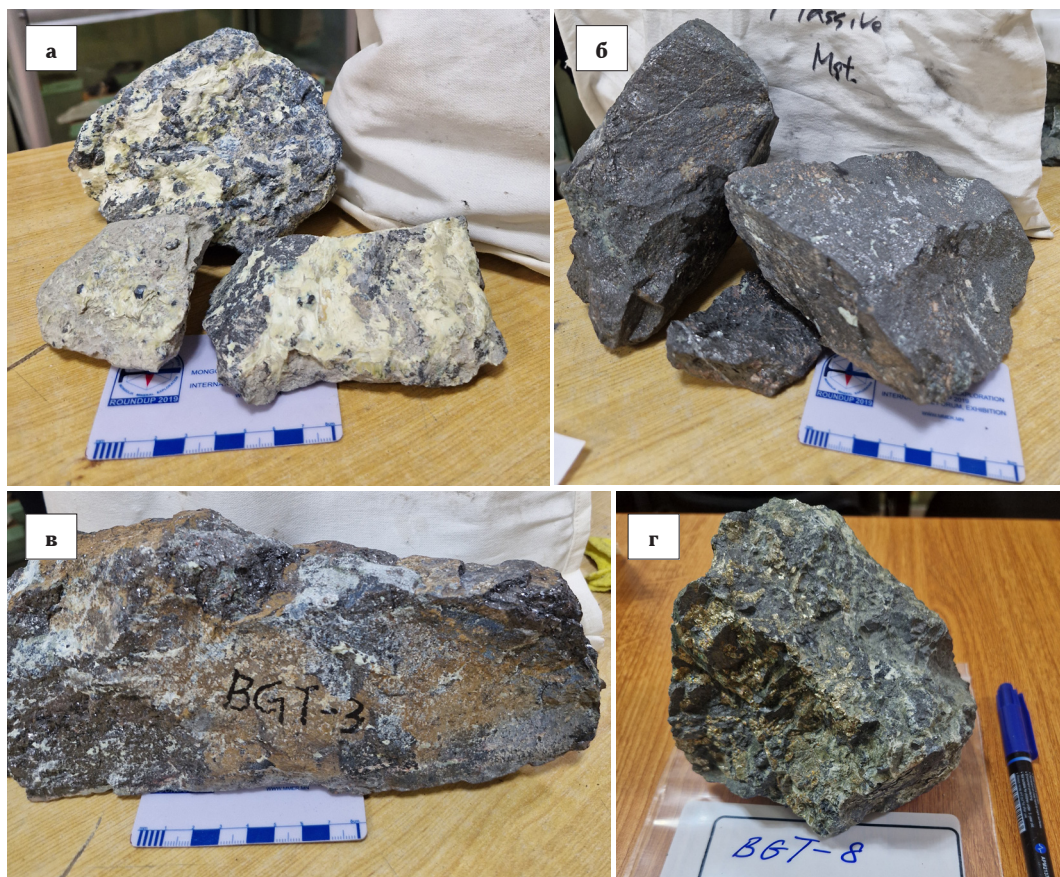
3.2. Au Ag агуулга тодорхойлох судалгааны арга аргачлал

Баргилтын төмрийн орд дахь 4 генерацийн магнетитийн хүдэржилтийн дээжүүд болох ромбододекаэдр магнетитийн хүдэр, цул магнетитийн хүдэр, сфалериттэй магнетитийн хүдэр, пириттэй магнетитийн хүдрийн 4 дээжид Ag, Au-ийн агуулгыг атом шингээлтийн спектрометр (Agilent 240FS-AAS Atomic absorption spectrometer) багажаар “Геологи Судалгаа Шинжилгээний Төв” ТӨҮГ-азарт тодорхойлсон. Au-аа тодорхойлохын тулд дээжээ 0.074 мм хүртэл нунтаглана. Төмрийн хүдрийн дээжид 15 гр таслаад flux-130гр, 15 гр алтны бланк хийгээд нэгэн төрөл болгоод дээр нь мөнгөний нитрат 0.01 мг/л агуулгатай 2-3 дусал хийгээд 950-1000°C-т 60-90 минут хайлуулна. Үүний дараа хөргөөд хар тугалган фазыг аваад дахиад 40 минут хайлуулж хэлбэржүүлээд тигельд хийгээд 950°C-т хайлуулна. Ингэсний дараа хар тугалга нь ширгээд алт, мөнгөний коряк буюу жижиг шаариг гарч ирнэ. Үүнийгээ хуруу шилд хийгээд 0.5 концентрацитай азотын хүчилд хийж азотын хүрэн уур ялгарч дуустал буцалгана. Энэ үед коряк бүрэн ууссан байх ба дараа нь 1.5 мл концентраттай давсны хүчил хийгээд хүрэн уур ялгарч дуустал буцалгана. Дараа нь хөргөөд 10мл хүртэл усаар дүүргэж сэгсрээд нэгэн төрөл болгоно. Ag-ний агуулгыг хэмжихийн тулд 0.074 бутлаад 5гр тасдаж аваад 30 мл давсны хүчил азотын хүчилд хийж плетка дээр ширгээнэ, дараа 5мл концентрацитай давсны хүчил хийж дахин ширгээж хөргөөсний дараа 1:1 харьцаатайгаар ус, давсны хүчил 30мл хийж уусгаж, хөргөнө. 100мл колбад юүлж, 100мл усаар дүүргэж нэгэн төрөл болтол сэгсэрнэ. Тунаасны дараа AAS багажид хийж хэмжсэн.

3.3. Сарнимал элементийн судалгааны арга аргачлал

Баргилтын ордын ил уурхайгаас нийт 21 ширхэг магнетитийн хүдэржилт хүдрийн дээж авч сарнимал элементийн шинжилгээг Монгол улс дахь SGS /Société Générale de Surveillance/ лабораторид масс спектрометрийн (ICP-MS) багаж ашиглан сарнимал элементийн агуулгыг тодорхойлуулсан. Дээжид  ндсэн болон микро 49 элемент  д тодорхойлох ICM40A аргын шинжилг  нд 0.2г д  ж орно.  нэ аргачлал нь тефлон хуруу шил  нд шаардагдах д  жийг нарийвчлалтай жин д  р жигн  н авч 4

х  члийн (HNO_3 , HCl , HF and HClO_4) уусгалтыг $220^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ -т хийн . Б  лтг  дсэн уусмалаас хуруу шил  нд таслан б  д  ж Al, Ba, Be, Ca, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Ni, P, Sc, Sr, Ti, V, Zn, Co, Ga, Ge, As, Rb, Y, Zr, Nb, Mo, Cd, In, Sn, Sb, Cs, Hf, Ta, W, Tl, Pb, Bi, Th, U з  рэг элемент  дийг индукцийн холбоост масс спектрометр (ICP-MS)   гажуудаар элементийн агуулгыг тодорхойлсон.  нэх   4 х  члийн уусгалт нь ихэнх эрдсийг б  р  н уусгалтад оруулдаг б  г  д олон элементийг тодорхойлоход   р д  нт  й арга болно.



Зураг 4. Баргилтын т  мрийн орд дахь 4 генерацийн магнетитийн х  дэржилтийн д  ж    :
 а. Ромбододека  др магнетитийн х  д  р; б. Цул магнетитийн х  д  р;
 в. Сфалеритт  й магнетитийн х  д  р; г. Пиритт  й магнетитийн х  д  р

4. Судалгааны үр дүн

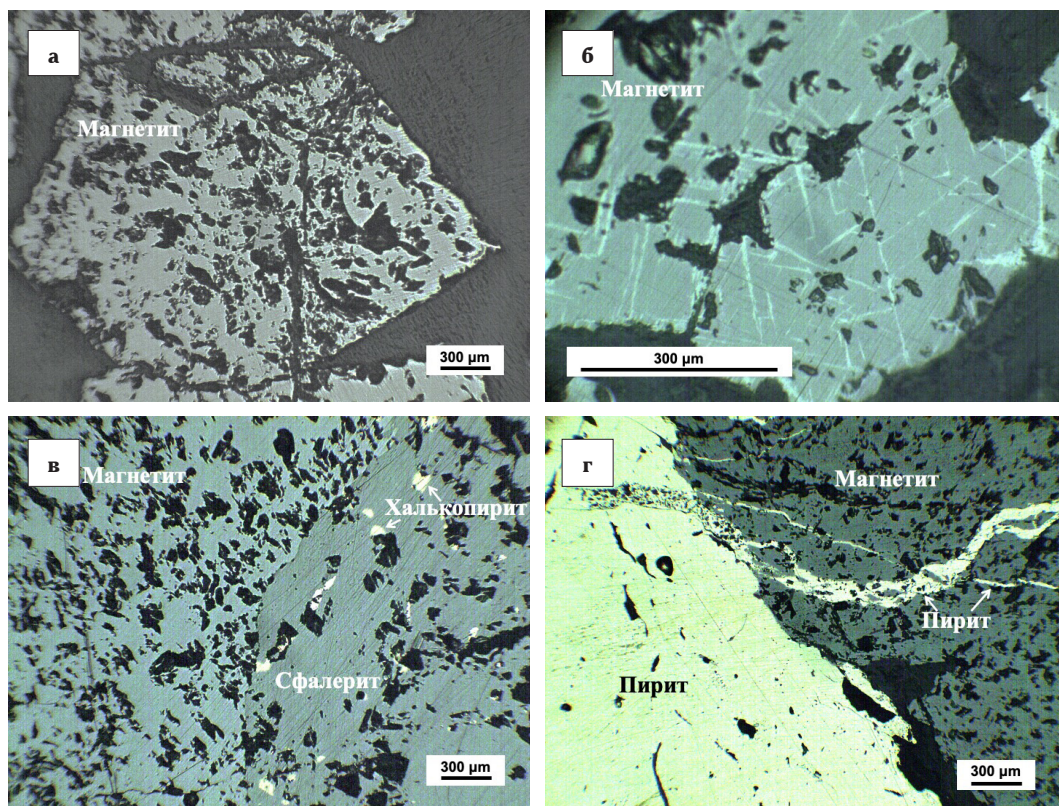
4.1. Минераграфийн судалгааны

үр дүн

Баргилтын төмрийн ордын гол хүдрийн эрдэс нь магнетит, сфалерит, халькопирит, пирит зэрэг эрдсүүд болно. Магнетит агуулагдсантай холбоотойгоор соронзон өндөртэй байна. Түүнчлэн сфалеритийн төмөр агуулсан төрөл байна.

Магнетит нь дараах дөрвөн генерацитар тохиолддог. I генерацийн магнетит нь маш сайн зөв талстын хэлбэртэйгээр талсжсан ромбододекэдр хэлбэртэй магнетит юм (Зураг 5а). II генерацийн магнетит нь цул нягтагратын

хэлбэрийг үүсгэсэн цул магнетитийн хүдэр юм. Магнетит нь боровтор туяатай саарал өнгөтэй,, изотроп, хөндлөн огтлолдоо октаэдр, тетраэдрийн гурвалжин, ромбододекаэдрийн ромбо ба олон өнцөгт, изометрлэг хэлбэртэй, гематитаар хэсэгчлэн түрэгдсэн (Зураг 5б). Гематит нь цагаан саарал өнгөтэй, урт сунасан, зөв бус хэлбэртэй (Зураг 5б). III генерацийн магнетит нь сфалериттэй хам ургалт үүсгэсэн магнетит юм. Сфалерит дотор халькопиритийн бичил мөхлөгүүд эмульс маягийн ургалт үүсгэсэн байна (Зураг 5в). IV генерацийн магнетиттай хамт пирит нь том шигтгээлэг болон нарийн судал үүсгэсэн 2 генерацитар тохиолдох ба багаар халькопирит зэрэг сульфидын эрдсүүд хам ургалт үүсгэсэн байна (Зураг 5г).



Зураг 5. Баргилтын төмрийн орддахь 4 генерацийн магнетитийн хүдэржилтийн дээжүүдийн минераграфийн микро зургийн тайлбар: а. Ромбододекаэдр магнетитийн хүдэр; б. Цул магнетитийн хүдэр; в. Сфалериттэй магнетитийн хүдэр; г. Пириттэй магнетитийн хүдэр. Зураг 4-өөс эдгээр дээжүүдийн макро харагдах байдлыг харж болно.

4.2. Au Ag агуулга тодорхойлох судалгааны үр дүн

Атом шингээлтийн спектрометрийн судалгаагаар Баргилтын төмрийн орд дахь 4 генерацгийн магнетитийн хүдэржилтийн дээжүүд болох ромбододекаэдр магнетитийн хүдэр, цул магнетитийн хүдэр, сфалериттэй магнетитийн хүдэр, пириттэй магнетитийн хүдрийн 4 дээжид

Ag, Au-ийн агуулгыг тодорхойллоо. BGT-3 буюу сфалериттэй хүдрийн дээжид Ag 2.6 мг/кг, Au-0.75 мг/кг, BGT-7 буюу цул хүдэр, BGT-8 буюу пириттэй хүдэр, BGT-10 буюу ромбододекаэдр хэлбэртэй магнетитийн хүдэрт Ag-ны агуулга 1 мг/кг-аас бага, Au-ны агуулга 0.01 мг/кг-аас бага агуулгатай байна (Хүснэгт 1).

Хүснэгт 1. Баргилтын төмрийн ордын 4 генерацгийн хүдэрт хийгдсэн Атом шингээлтийн спектрометрийн судалгааны үр дүн

№	Дээжийн дугаар	Дээжийн тодорхойлолт	Abs*	Ag	Abs	Au
				мг/кг		мг/кг
1	BGT-3	Сфалериттэй хүдэр	0.0128	2.62	0.0371	0.75
2	BGT-7	Цул хүдэр	0.0006	<1	0.0000	<0.01
3	BGT-8	Пириттэй хүдэр	-0.0027	<1	-0.0001	<0.01
4	BGT-10	Ромбододекаэдр хүдэр	-0.0028	<1	0.0000	<0.01
	Chk blk**		0.0003	<1	0.0000	<0.01
	Chk***		0.0922	1.00	0.0511	0.99

* Abs-шингээлтийн утга

** Chk blk-хоосон дээжийн шалгах уусмал

*** Chk-1мг/кг гарах стандартыг шалгах уусмал

4.2. Сарнимал элементийн судалгааны үр дүн

Баргилтын ордын 4 генерацгийн магнетитэд хийгдсэн сарнимал элементийн үр дүнг (Хүснэгт 2) үзүүлэв. I генерацгийн зөв талстын хэлбэртэйгээр талсжсан ромбододекаэдр хэлбэртэй магнетитийн хүдэр нь ойролцоогоор 36.71-50.56% Fe, 0.2-0.34% Al, 0.51-2.69% Ca, 0.33-0.38% K, 4.96-8.07% Mg, 0.01%-ээс бага P, 0.02-0.05% Ti, 8952-10603 ppm Mn, түүнчлэн 241-1068 ppm Zn, 9.6-131 ppm Co, 7-225 ppm Pb, 7.5-381 ppm Bi байна. Бусад Ba, Be, Cr, Cu, Li, Ni, Sc, Sr, V, Ga, Ge, As, Rb, Y, Zr, Nb, Mo, Cd, In, Sn, Sb, Cs, Hf, Ta, W, Tl, Th, U нь 100 ppm-ээс бага байна (Хүснэгт 2). I генерацгийн хүдэр нь Ti-ны агуулга харьцангуй өндөр бусад генерацис, Co-ийн агуулга II генерацгийнхаас харьцангуй их, бусад генерацис бага, Pb-ны агуулга II, IV

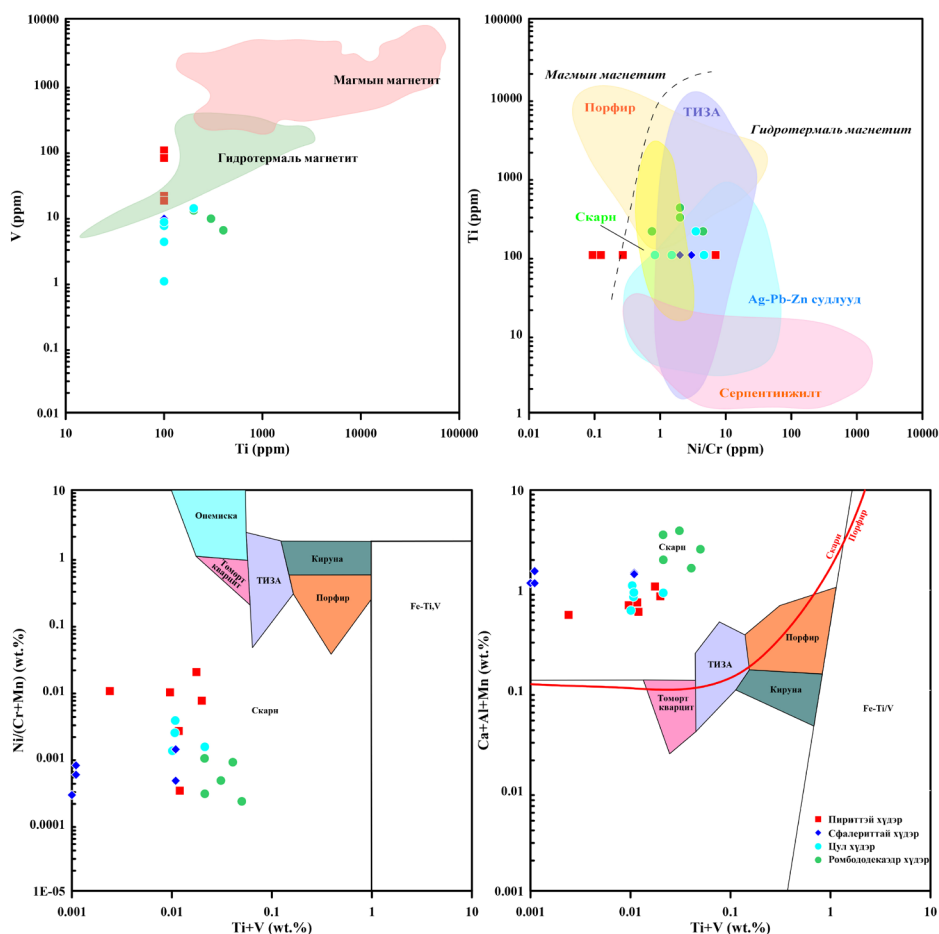
генерацгийнхаас харьцангуй их, III генерацис бага агуулгатай байна. Zn-ийн агуулга II, III генерацгийнхтай харьцуулахад бага, IV генерацитай ойролцоо агуулгатай байна.

II генерацгийн цул магнетитийн хүдэрт 49.86-57.05% Fe, 0.22-0.54% Al, 0.1-0.18% Ca, 0.27-0.35% K, 4.11-5.76% Mg, 0.01%-ээс бага P, 0.01-0.02% Ti, 10-135 ppm Cu, 3873-4888 ppm Mn, түүнчлэн 767-10000-ээс их ppm Zn, 57.2-916 ppm Bi байна. Бусад Ba, Be, Ca, Cr, Li, Ni, Sc, Sr, Ti, V, Co, Ga, Ge, As, Rb, Y, Zr, Nb, Mo, Cd, In, Sn, Sb, Cs, Hf, Ta, W, Tl, Pb, Th, U нь 100 ppm-ээс бага байна (Хүснэгт 2). II генерацгийн цул магнетитийн хүдэр нь I генерацгийн хүдрээс Zn, Bi-ийн агуулгатай байдгаараа ялгагдана.

III генерацгийн сфалериттэй магнетитийн хүдэрт 31.82-38.29% Fe, 0.28-0.43% Al, 0.12-0.25%

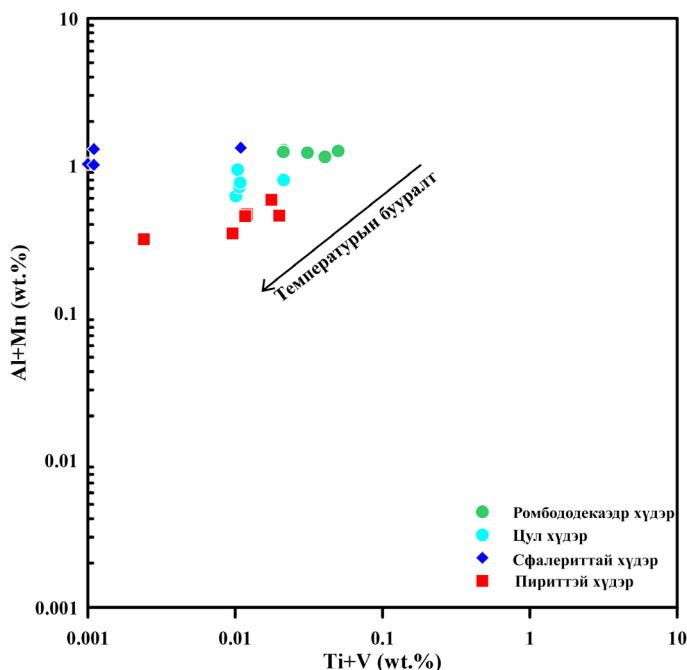
Ca, 0.23-0.31% K, 4.44-9.04% Mg, 0.01%-ээс бага P, 0.0-0.01% Ti, 302-786 ppm Cu, 7332-9175 ppm Mn, түүнчлэн 10000-ээс их ppm Zn, 64.8-137 ppm Co, 57-121 ppm As, 124-395 ppm Cd, 246-774 ppm In, 69-165 ppm Pb, 475-1000-ээс дээш ppm Bi байна. Бусад Ba, Be, Ca, Cr, Li, Ni, P, Sc, Sr, V, Ga, Ge, As, Rb, Y, Zr, Nb, Mo, Sn, Sb, Cs, Hf, Ta, W, Tl, Th, U нь 100 ppm-ээс бага байна (Хүснэгт 2). III генерацгийн цул магнетитийн хүдэр нь Zn, Cd, In, Pb, Bi их агуулгатай байдгаараа бусад генерацисаа ялгаатай байна.

IV генерацгийн пириттэй магнетитийн хүдэрт ойролцоогоор 52.37-61.47% Fe, 0.08-0.34% Al, 0.14-0.41% Ca, 0.24-0.62% K, 0.74-4.63% Mg, 0.01%-ээс бага P, 0.0-0.01% Ti, 1-284 ppm Cr, 10-2569 ppm Cu, 2168-3172 ppm Mn, түүнчлэн 105-3561 ppm Zn, 42.7-263 ppm Co, 35-160 ppm As, 5.2-123 ppm Y, 68-966 ppm Sn, 60-1456 ppm W байна. Бусад Ba, Be, Li, Ni, Sc, Sr, Ga, Ge, Rb, Zr, Nb, Mo, Cd, In, Sb, Cs, Hf, Ta, Tl, Pb, Bi, Th, U нь 100 ppm-ээс бага байна (Хүснэгт 2). IV генерацгийн магнетит нь Cr, Cu, Co, Sn, W-ийн харьцангуй их агуулгатай байгаагаараа бусад генерациудаасаа ялгагдана.



Зураг 6. Магнетитийн гарал үүсэл тодорхойлох диаграмм: (а) Ti ба V-ийн диаграмм (Knipping, 2015),

Надолл нар өгөгдлийн багцад үндэслэн улаан талбай нь магмын магнетит, ногоон талбай нь гидротермал магнетит юм (Nadoll et al., 2015); (б) Ti ба Ni/Cr-ын харьцааны диаграмм (Dare et al., 2014); (в) Ni/(Cr+Mn) ба Ti+V-ын магнетитийн гарал үүслийг ялгах диаграмм; (г) Ca+Al+Mn ба Ti+V-ын магнетитийн гарал үүслийг ялгах диаграмм (Dupuis & Beaudoin, 2011)



Зураг 7. Al+Mn ба Ti+V-ын харьцааны температурын эгнээг тодорхойлох диаграмм (Dupuis & Beaudoin, 2011; Dare et al., 2014).

5. Хэлэлцүүлэг

Сарнимал элементийн геохимийн судалгаанд үндэслэн төмрийн ордын гарал үүслийн төрлүүдийг ангилахад ашигладаг бөгөөд магнетитийн гарал үүслийг судлахад ашиглаж болно. Өмнөх олон судалгаагаар магнетитийг гидротермаль эсвэл магмын уусмалаас үүсэх боломжтой гэж үздэг (Knipping et al., 2015; Dare., 2014; Nadoll et al., 2015; Li et al., 2018; Sun et al., 2017). Түүнээс гадна Dare нар (Dare et al., 2014) болон Надолл нар (Nadoll et al., 2015) гидротермаль ба магмын гарал үүсэл нь бие даасан элементүүдийн тодорхой хүрээгээр илэрхийлэгддэг өөр өөр магнетитийн найрлага үүсгэдэг гэж үзжээ. Ti ба V нь ялгах

тодорхойлох гол элементүүд бөгөөд Ti, V-ийн өндөр агуулга нь магмын гаралтай магнетитыг илтгэдэг ба тэдгээрийн агуулга багасах нь гидротермаль магнетитыг илтгэнэ (Dare et al., 2014; Nadoll et al., 2014; Nadoll et al., 2015). Баргилтын ордын 4 генерацийн магнетитийн гарал үүсэл тодорхойлох Ti ба V-ийн диаграм (Knipping et al., 2015)-аас харахад Ti ба V-ийн бага агуулга нь гидротермаль гарал үүсэлтэй болохыг харуулах ба тус Ti ба V-ийн диаграммыг Надолл нар өгөгдлийн багцад үндэслэн улаан талбай нь магмын магнетит, ногоон талбай нь гидротермал магнетит болохыг харуулсан (Nadoll et al., 2015) (Зураг 6а).

Хүснэгт 2. Баргилтын төмрийн ордын 4 генерацийн магнетитийн хүдрийн сарнимал элементын агуулга (% болон ppm).

Элемент	Ромбодо- декаэдр хүдэр-1	Ромбодо- декаэдр хүдэр-2	Ромбодо- декаэдр хүдэр-3	Ромбодо- декаэдр хүдэр-4	Ромбодо- декаэдр хүдэр-5	Цул хүдэр-1	Цул хүдэр-2	Цул хүдэр-3	Цул хүдэр-4	Цул хүдэр-5
Fe %	45.76	47.65	50.56	43.08	36.71	53.47	56.61	57.05	49.86	54.52
Al %	0.21	0.34	0.2	0.3	0.33	0.54	0.31	0.22	0.33	0.37
Ca %	0.74	1.3	0.51	2.33	2.69	0.17	0.14	<0.1	0.14	0.18
K %	0.36	0.38	0.3	0.33	0.35	0.32	0.27	0.29	0.27	0.35
Mg %	7.17	6.08	4.96	6.55	8.07	4.11	5.41	4.61	5.59	5.76
P %	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Ti %	0.02	0.05	0.04	0.02	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
Ba ppm	24	<10	<10	14	<10	<10	<10	<10	<10	11
Be ppm	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Cr ppm	4	0	4	2	2	2	2	6	6	3
Cu ppm	<10	<10	<10	<10	<10	<10	41	<10	116	135
Li ppm	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Mn ppm	10603	9178	9496	9385	8952	4014	4888	4018	3873	3955
Ni ppm	3	2	8	9	4	0	7	5	9	14
Sc ppm	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Sr ppm	28	30	20	23	27	<10	<10	<10	<10	<10
V ppm	13	0	6	12	9	4	13	1	7	8
Zn ppm	361	241	376	1068	336	1075	>10000	1765	976	767
Co ppm	9.6	15	12.8	131	127	17.7	24.5	14	14.7	16.1
Ga ppm	6	7	7	7	7	11	8	10	8	9
Ge ppm	4	4	4	8	8	11	8	11	12	12
As ppm	20	17	11	31	42	59	30	29	51	53
Rb ppm	5.5	3.5	1.9	0.8	1.5	1.4	1.7	1.8	0.8	1
Y ppm	3.6	1.3	1.1	1	1.3	0.7	2.9	0.9	1.2	1.2
Zr ppm	10	7.5	5.8	6.2	19.2	<0.5	7.9	<0.5	39.1	6.6
Nb ppm	1	1	<1	1	1	<1	<1	<1	<1	<1
Mo ppm	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	4
Cd ppm	<0.2	<0.2	<0.2	0.2	0.3	2.3	25.7	4.3	1.4	1.5
In ppm	17.6	10.4	8.4	10.7	12.7	11.9	59	14.6	10.8	11.9
Sn ppm	6	12	9	11	9	61	128	48	67	69
Sb ppm	1.6	1.4	1.2	1.4	1.4	0.9	0.7	0.6	0.5	0.6
Cs ppm	0.2	0.2	0.1	<0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	<0.1	0.3
Hf ppm	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Ta ppm	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
W ppm	31	29	23	19	20	9	19	35	14	16
Tl ppm	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Pb ppm	51	7	8	189	225	9	15	18	16	20
Bi ppm	42.9	10	7.5	292	381	916	124	57.2	557	651
Th ppm	1.5	1.9	0.8	0.9	1.1	0.5	1.2	0.4	1.1	0.9
U ppm	1.04	0.67	0.46	5.2	6.92	1.37	1.74	0.94	3.08	3.18

Хүснэгт 2. Үргэлжлэл

Элемент	Сфалерит тай хүдэр-1	Сфалерит тай хүдэр-2	Сфалерит тай хүдэр-3	Сфалерит тай хүдэр-4	Сфалерит тай хүдэр-5	Пириттэй хүдэр-1	Пириттэй хүдэр-2	Пириттэй хүдэр-3	Пириттэй хүдэр-4	Пириттэй хүдэр-5	Пириттэй хүдэр-6
Fe %	36.96	36.79	31.9	31.82	38.29	61.47	56.22	54.13	55.92	53.2	52.37
Al %	0.29	0.28	0.43	0.42	0.5	0.22	0.34	0.13	0.15	0.08	0.17
Ca %	0.15	0.16	0.14	0.12	0.25	0.41	0.5	0.36	0.14	0.25	0.3
K %	0.3	0.31	0.24	0.23	0.25	0.54	0.62	0.38	0.31	0.24	0.26
Mg %	4.55	4.44	9.04	8.84	8.02	1.01	1.9	0.74	4.63	2.56	4.39
P %	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03
Ti %	0	0	0.01	0.01	0	0.01	0.01	0	0.01	0	0.01
Ba ppm	22	14	<10	13	12	<10	14	<10	<10	11	<10
Be ppm	<5	<5	<5	<5	<5	55	53	43	<5	7	<5
Cr ppm	3	5	4	2	3	192	186	284	8	4	1
Cu ppm	749	786	372	355	302	11	59	<10	296	1086	2569
Li ppm	<10	<10	<10	<10	<10	49	60	39	16	12	14
Mn ppm	7364	7332	9175	9022	7960	2381	2475	2168	3172	2360	2842
Ni ppm	2	4	12	4	6	18	50	23	1	23	7
Sc ppm	<5	<5	<5	<5	<5	7	6	6	<5	<5	<5
Sr ppm	<10	<10	<10	<10	<10	21	14	<10	<10	<10	<10
V ppm	10	11	9	9	11	99	76	96	20	24	17
Zn ppm	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	109	535	105	1655	1404	3561
Co ppm	129	137	122	123	64.8	144	263	135	18.5	104	42.7
Ga ppm	6	6	6	6	8	23	21	23	9	7	7
Ge ppm	8	9	7	7	8	13	12	13	14	17	15
As ppm	121	113	57	61	62	138	160	115	35	131	80
Rb ppm	3.1	2.6	3.6	3.5	4.5	60.2	85.5	47.5	2.4	2.3	2.9
Y ppm	2.5	2.1	2.9	2.9	1.6	123	121	110	5.2	5.4	5.3
Zr ppm	2.2	3.5	2.4	6.2	5.6	3.9	6.7	3.4	4.4	54.8	8.3
Nb ppm	<1	<1	1	2	<1	3	3	2	1	<1	2
Mo ppm	<2	2	9	<2	<2	14	16	21	2	<2	3
Cd ppm	373	395	269	271	124	0.3	<0.2	<0.2	4	3.4	7.7
In ppm	743	774	455	457	246	2.1	5.7	1.7	12.8	11.1	30.5
Sn ppm	31	30	23	23	30	966	757	777	68	149	91
Sb ppm	0.6	0.8	0.8	0.6	0.5	14	11.3	9.8	2.5	3.1	2.6
Cs ppm	0.6	0.2	0.2	0.3	0.2	2.1	2.6	1.7	0.6	0.6	0.6
Hf ppm	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Ta ppm	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
W ppm	19	22	26	23	20	1416	1075	1456	60	336	99
Tl ppm	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.8	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Pb ppm	142	142	165	148	69	19	20	29	11	9	15
Bi ppm	>1000	>1000	>1000	>1000	475	5.9	46.8	10.7	51.2	14.1	58
Th ppm	0.5	0.4	0.7	2.4	0.6	8.4	5.2	3.2	1.9	0.9	1.2
U ppm	1.73	1.24	1.47	0.58	0.5	17.2	15.4	19.9	7.93	3.61	4.67

Хэлэлцүүлэг /үргэлжлэл/

Үүнээс гадна бараг бүх магнетитийн Ni/Cr харьцаа нь ихэвчлэн >0.08 ; тиймээс Ti ба Ni/Cr диаграмм (Dare et al., 2014; Li et al., 2018) мөн магнетитийн гарал үүсэл нь гидротермаль орчин байсныг харуулж байна (Зураг 6б). Cr нь магнетит, ялангуяа хэт суурилаг болон суурилаг чулуулагт ихэвчлэн ордог чухал элемент юм (Dupuis & Beaudoin, 2011; Dare., 2014; Frost & Lindsley, 1991). Гэсэн хэдий ч энэ судалгаагаар IV-р генерацийн пириттэй магнетитийн хүдрийн 3 дээжид Cr-ийн агуулга 186-284 ppm, бусад генерацийн магнетитийн хүдэрт нь Cr-ийн маш бага концентрацитай (эсвэл илрүүлэх хязгаараас доогуур) агуулагдаж байсан нь гидротермаль скарны хуримтлалыг харуулж байгаа (Nadoll et al., 2015). Энэ нь Баргилтын ордын судалгаа хийсэн төмрийн хүдэржилт бүхий 4 генерацийн магнетит нь гидротермаль буюу скарны гаралтай болохыг харуулж байна. Ni/(Cr+Mn) ба Ti+V, Ca+Al+Mn ба Ti+V-ын магнетитийн гарал үүслийг ялгах диаграммууд (Dupuis & Beaudoin, 2011) скарн гарал үүслийг илэрхийлсэн талбайд буусан байна (Зураг 6в-г).

Өмнө хийгдсэн Цацралтгэрэл нарын (2022) судалгааны ажил нь Баргилтын төмрийн ордын ойр орчим талбайд хийгдсэн байдаг. Харин тус судалгаа нь яг олборлолт явагдаж байгаа ил уурхайгаас авсан хүдрийн дээжүүд дээр хийгдсэн учраас өмнөх судалгаанаас ялгаатай юм. Цацралтгэрэл нар нь эндоген гарал үүслийн 3 үе шатыг эрдэс үүслийн дэс дарааллын эгнээгээр тогтоосон байдаг ба магнетитийн хүдэржилтийг Баргилтын ордын хүдрийн эрдсүүдийн гарал үүслийн хүснэгтэн дотроо зөвхөн түрүү үе шатанд үүсснээр харуулсан байдаг. Үүнээс үзэхэд магмын гарал үүсэлтэй магнетитийг энд дурьдсан байгаа ба цаашид нэмэлт судалгаа хийх шаардлагатайг бичсэн байна (Цацралтгэрэл нар., 2022).

Бидний судалгаа нь гидротермаль ордууд дотроо скарн гарал үүсэлтэй орд болохыг нарийвчлан тогтоосон болно. Цаашид агуулагч чулуулгийн найрлага болон тэдгээрийн үнэмлэхүй насны судалгаануудыг хийснээр тус ордын талбайд магмын гарал үүсэлтэй анхдагч төмрийн хүдэржилт болон магмын-гидротермаль буюу скарн гарал үүсэлтэй хүдэржилтийн үе шатуудыг тодорхой ялгах боломжтой болох юм.

Al+Mn ба Ti+V-ын харьцааны температурын эгнээг тодорхойлох диаграммаас харахад I генерацийн ромбододекдр магнетитаас II генерацийн магнетит нь IV генерацийн пириттэй магнетит бусдаасаа бага температурт үүссэн зүй тогтол ажиглагдана. II генерацийн сфалериттэй магнетит нь I генерацийн ромбододекдр магнетиттэй ижил өндөр температурт үүссэн боловч Ti+V-ын агуулга бага байна (Dupuis & Beaudoin, 2011; Dare et al., 2014) (Зураг 7). Атом шингээлтийн спектрометрийн судалгаагаар Баргилтын төмрийн орд дахь III генерацийн буюу BGT-3 буюу сфалериттэй хүдрийн дээжид Ag 2.6 мг/кг, Au-0.75 мг/кг, бусад 3 генерацийн магнетитийн хүдэрт Ag-ны агуулга 1 мг/кг-аас бага, Au-ны агуулга 0.01 мг/кг-аас бага агуулгатай байна (Хүснэгт 1). III генерацийн сфалериттэй хүдрийн дээжид Au, Ag-ны агуулга харьцангуй өндөр байгаа нь сфалерит дотор халькопиритийн бичил мөхлөгүүд эмульс маягийн ургалт үүсгэсэнтэй холбоотойгоос гадна Cu-тэй геохимийн хувьд эвшил үүсгэдэг.

6. Дүгнэлт

Судалгаа хийхээр сонгож авсан магнетитийн хүдрийн дээжүүдэд хийгдсэн минераграфи, алт-мөнгөний агуулгыг тодорхойлох атом шингээлтийн спектрометр, сарнимал элементийн индукцийн холбоост масс спектрометр (ICP-MS) багажуудын судалгааны үр дүнгээс

дараах дүгнэлтийг хийж байна. Минераграфийн судалгааны үр дүнгээр гидротермаль үе шатанд үүссэн дотроо ялгагдах магнетитийн хүдэржилтийн 4 генерацийг ялгасан. I генерацийн ромбододекаэдр магнетитийн хүдэр, II генерацийн цул магнетитийн хүдэр, III генерацийн сфалериттэй магнетитийн хүдэр, IV генерацийн пириттэй магнетитийн хүдрийг тус тус ялгасан. Баргилтын төмрийн ордын 4 генерацийн магнетитийн хүдэрт хийгдсэн сарнимал элементүүдийн судалгаагаар тус ордын төмрийн гол хүдэржилт бүхий 4 генерацийн магнетитийн хүдрүүд нь бүгд магмын-гидротермаль систем дэх скарны гарал үүсэлтэй болохыг тогтоолоо.

Талархал

Хээрийн судалгааг хийх бололцоогоор ханган гүн тусалцаа үзүүлж, анхдагч дээж, материалуудыг ашиглахыг зөвшөөрсөн “МОНРОСЦВЕТМЕТ” ТӨҮГ-азар, хээрийн болон лабораторийн судалгааны ажлуудад гүн тусалцаа үзүүлсэн МУ-ын Зөвлөх Геологич С.Мөнхбадрах болон “Геологи Судалгаа Шинжилгээний Төв”-ийн Эрдэс, чулуу судлалын лабораторийн эрхлэгч Э.Нарангэрэл нарт талархлаа илэрхийлбэ.

Ашигласан материал

- Бат-Эрдэнэ, Д., Коротушенко, Ю.Г., 1987. Дарханы ангийн Холбоо майхны талбайд явуулсан 1:50 000, 1:10 000-ны масштабтай геологи-геофизикийн тайлан (Ф-4102).
- Мөнхбадрах, С., Ишжанцан, Г., Бат, Б., Бат-Эрдэнэ, Х., Хосбаяр, Б., 2022. Хэнтий аймгийн Дархан сумын нутагт орших Баргилт төмрийн ордод 2020-2021 онд гүйцэтгэсэн нэмэлт хайгуулын ажлын үр дүнгийн тайлан.
- Нарангэрэл, Э., Оюунгэрэл, С., Энхбат, Б., Энх-Эрдэнэ, Э., 2024. “Увс аймгийн Өндөрхангай суманд орших Дэлтийн Cu-Ni-ийн илрэлийн

бодисын бүрэлдэхүүний судалгаа”. *Геологийн асуудлууд* 22 (01):49-62. <https://journal.num.edu.mn/geology/article/view/6799>

- Оргил, Ц., Пүрэвбаасан, Э., 2010. Хэнтий аймгийн Дархан сумын нутагт орших Баргилтын төмрийн ордод 2009 онд явуулсан хайгуулын ажлын үр дүнгийн тайлан. (Ф-6242)
- Төмөртоого, О., 2012. Монгол орны ороген мужуудын тектоник мужлалт. Улаанбаатар, Хайгуулчин №46, 20-35.
- Цацралтгэрэл, Д., Алтанцэцэг, Т., Жаргал, Л., 2022. Баргилтын төмрийн ордын бодисын найрлагын судалгаа ба хүдэржилтийн онцлог. *Геологийн асуудлууд* 21 (574):71-80.
- Badarch, G., Dickson Cunningham, W., 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. [https://doi.org/10.1016/S1367-9120\(02\)00017-2](https://doi.org/10.1016/S1367-9120(02)00017-2).
- Batchuluun, I., Sodnom, O., Yeongmin, K., 2024. Geochemistry and depositional environment of the Neoproterozoic Ereen and Dartsagt banded iron formation (BIF) deposits in the Idermeg terrane, eastern Mongolia. *Geosciences Journal*. ©The Association of Korean Geoscience Societies and Springer. <https://doi.org/10.1007/s12303-023-0041-6>. pISSN 1226-4806 eISSN 1598-747.
- Dare, S.A.S., Barnes, S.J., Beaudoin, G., Méric, J., Boutroy, E., Potvin, D.C., 2014. Trace elements in magnetite as petrogenetic indicators. *Miner Deposita*, 49(7):785–796. doi: 10.1007/s00126-014-0529-0.
- Dupuis, C., Beaudoin, G., 2011. Discriminant diagrams for iron oxide trace element fingerprinting of mineral deposit types. *Miner Deposita*; 46(4):319–35. doi: 10.1007/s00126-011-0334-y.
- Frost, B.R., Lindsley, D.H., 1991. Chapter 12. Occurrence of iron-titanium oxides in igneous rocks. In: Donald HL, editor. *Oxide Minerals*. Berlin: De Gruyter; p. 433–68.
- Knipping, J.L., Bilenker, L.D., Simon, A.C., Reich, M., Barra, F., Deditius, A.P., 2015. Trace elements in magnetite from massive iron oxide-

- apatite deposits indicate a combined formation by igneous and magmatic-hydrothermal processes. *Geochim Cosmochim Acta*; 171:15–38. doi: 10.1016/j.gca.2015.08.010.
- Li, D.F., Chen, H.Y., Hollings, P., Zhang, L., Sun, X.M., Zheng, Y., 2018. Trace element geochemistry of magnetite: implications for ore genesis of the Talate skarn Pb-Zn (-Fe) deposit, Altay, NW China. *Ore Geol Rev*; 100:471–82. doi: 10.1016/j.oregeorev.2017.03.015.
- Nadoll, P., Angerer, T., Mauk, J.L., French, D., Walshe, J., 2014. The chemistry of hydrothermal magnetite: a review. *Ore Geol Rev*; 61:1–32. doi: 10.1016/j.oregeorev.2013.12.013.
- Nadoll, P., Mauk, J.L., Leveille, R.A., Koenig, A.E., 2015. Geochemistry of magnetite from porphyry Cu and skarn deposits in the southwestern United States. *Mineral Deposita*; 50(4):493–515. doi: 10.1007/s00126-014-0539-y.
- Sun, X., Lin, H., Fu, Y., Li, D., Hollings, P., Yang, T., 2017. Trace element geochemistry of magnetite from the giant Beiya gold-polymetallic deposit in Yunnan Province, Southwest China and its implications for the ore forming processes. *Ore Geol Rev*; 91:477–90. doi: 10.1016/j.oregeorev.2017.09.007.
- Williams, P.J., Barton, M.D., Johnson, D.A., Fontboté, L., 2005. Iron oxide copper-gold deposits: geology, space-time distribution, and possible modes of origin. *Econ Geol Bull Soc Econ Geol 100th Anniv*; 371–405.