

УВС АЙМГИЙН ӨНДӨРХАНГАЙ СУМАНД ОРШИХ ДЭЛТИЙН
CU-NI-ИЙН ИЛРЭЛИЙН БОДИСЫН БҮРЭЛДЭХҮҮНИЙ СУДАЛГАА
MINERALOGICAL STUDY OF THE DELT CU-NI OCCURRENCE
UNDURKHANGAI SOUM, UVS PROVINCE

Э.НАРАНГЭРЭЛ^{1,2}, С.ОЮУНГЭРЭЛ^{1*},
Б.ЭНХБАТ^{1,2}, Э.ЭНХ-ЭРДЭНЭ³

¹Монгол Улсын Их Сургууль, Шинжлэх Ухааны Сургууль ²Гeологийн
Судалгаа-Шинжилгээний Төв ТӨҮГ ³Цогш ХХК

Abstract

A newly discovered the Delt occurrence cropping out in the northwestern part of the Zavkhan terrane nappe-fold megazone, composed of NW trending small tectonic blocks of amphibolite, granite-gneiss, schist, intruded by small reddish granite and diorite bodies and dykes of gabbro, gabbro-diorite. The main constituent minerals of the gabbro are plagioclase (40-45%), pyroxene (20-25%), olivin olivine (15-20%), amphibole (5%), biotite (5%), opaque minerals are magnetite, pyrrhotite, pentlandite, chalcopryite, chromite, chalcocite, covellite, hematite, and accessory phases are apatite. The analysis was made using an X-ray Diffraction Instrument at Panalytical X'pert pro and Olympus BX-53, Motic BA310-pol at the the Geological Center for Research and Analysis and the Department of Geology and Geophysics of the School of Arts & Sciences, National University of Mongolia. The gabbro has Fe, Ni Cu, and Cr ore mineralization. The samples contain magnetite, pyrrhotite, pentlandite, chalcopryite, chromite, and small amounts of sphalerite, covellite, and hematite as inclusions in host rocks or gangue minerals. Wide and narrow small veins and small discontinuous inclusions of second-type magnetite are formed around the serpentinized olivine. Based on the ore microscopic study, we can conclude that there is Fe, Ni Cu, Cr ore mineralization associated with ultramafic and mafic rocks.

Keywords: Delt Cu-Ni occurrence, olivine gabbro, gabbrodiorite, pentlandite, magnetite, chalcopryite, chromite

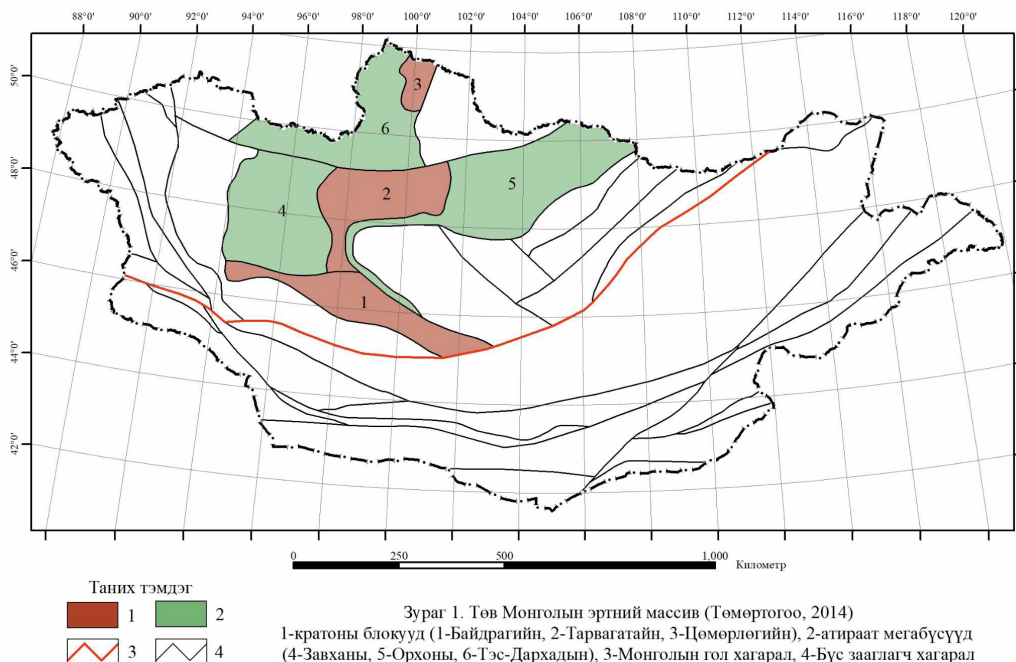
Түлхүүр үгс: Дэлт, оливинтой габбро, габбродиорит, пентландит, магнетит, халькопирит, хромит

***Холбоо барих зохиогч:**
С.Оюунгэрэл, МУИС, ШУС,
Геологи, геофизикийн тэнхим
soyungerel@num.edu.mn

1. Оршил

Судалгааны талбай нь Улаанбаатар хотоос баруун хойд зүгт 1250 км Увс аймгийн Өндөрхангай сумын нутагт оршино. Монгол улсын тектоник дүүргэчлэлээр Төв Монголын массивийн Завханы Атираат Мегабүсийн Ургамал-Сонгины тектоник бүсэд хамаарагдана (Зураг 1). Судалгааны талбайд 1970-1989 онуудад ШУА-ийн Монгол-Оросын хамтарсан экспедицүүдийн явуулсан геологи болон

магматизмын чиглэлээр Баруун хойд Монголд В.А.Амантов, Б.Лувсанданзан, П.С.Матрассов, Л.А.Хасин нарын ажлууд хэвлэгдсэн байна (Амантов и Борзаковский, 1963). 1970 оноос эхлэн судалгааны болон зэргэлдээх талбайд нарын 1:200000-ны геологийн зураглалын ажлууд хийгдэж Нуурын болон Завханы бүсийн давхарга зүй, магматизм, тектоник, ашигт малтмалын суурь тавигдсан (Тогтох нар., 1975).



Зураг 1. Төв Монголын эртний массив (Төмөртоого, 2014)
1-кратоны блокууд (1-Байдрагийн, 2-Тарвагатайн, 3-Цөмөрлөгийн), 2-атираат мегабүсүүд (4-Завханы, 5-Орхоны, 6-Тэс-Дархадын), 3-Монголын гол хагарал, 4-Бүс зааглагч хагарал

Зураг 1. Төв Монголын эртний массив (Төмөртоого, 2014) 1-кратоны блокууд (1-Байдрагийн, 2-Тарвагатайн, 3-Цөмөрлөгийн), 2-атираат мегабүсүүд (4-Завханы, 5-Орхоны, 6-Тэс-Дархадын).

1982 онд судалгааны талбайн өмнөд хэсэгт В.А.Самозванцев нар 1:200000-ны масштабын геологийн зураглалын ажлыг явуулж Завханы бүсийн хэмжээнд палеопротерозойн Бүдүүн формац болон

неопротерозойн Сонгино бүрдлийг ангилсан байна (Самозванцев и др., 1982). Монгол оронд сүүлийн үед хэт суурилаг болон суурилаг чулуулагтай холбоотой ашигт малтмалуудыг нээж илрүүлэх, тэдгээрийн

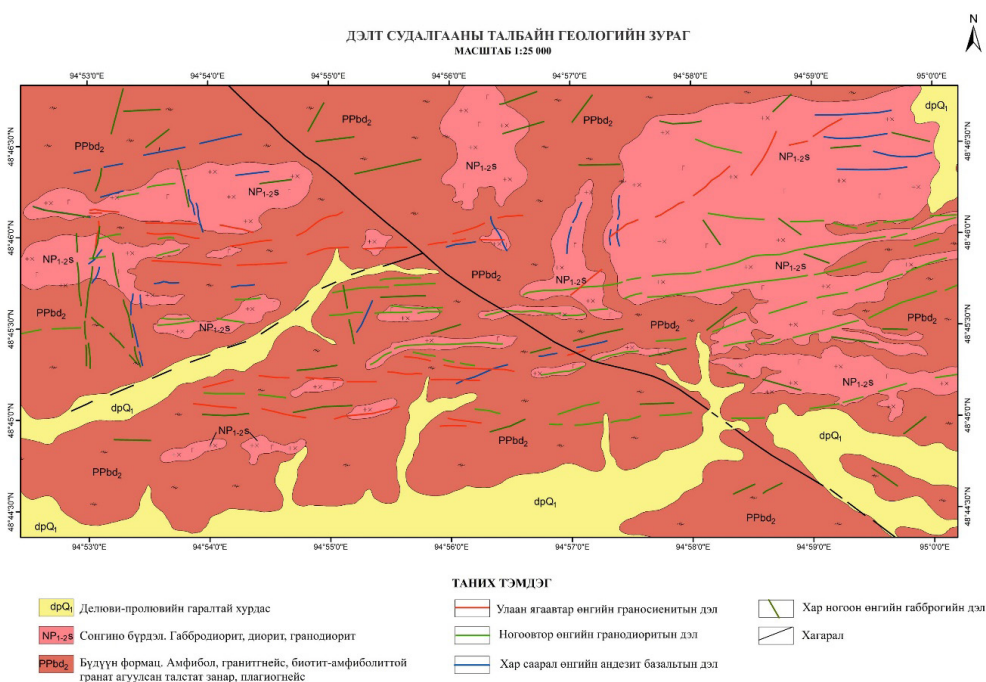
үүссэн гарал үүслийн төрлүүдийг тогтоох эрдэм шинжилгээ судалгааны ажлууд нэлээд хийгдэж байна.

Судалгааны зорилго нь талбайд тархсан чулуулгийн найрлага, хүдрийн биетийг бүрдүүлэгч бүхий л хүдрийн эрдсүүдийн найрлага, структур, текстур, хувирал өөрчлөлт, үүссэн дэс дарааллыг тогтоох байсан. Судалгааны ажлын ач холбогдол нь судалгааны талбайд тархсан чулуулаг болон өрөмдсөн цооногийн дээжүүд дээр петрографи, минераграфи, рентген диффрактометрийн (XRD)

судалгааны ажлуудыг нарийвчлан хийснээр чулуулгийн найрлага, хувирал, хүдэржилт болон магмын гаралтай хүдэржилтийн хам гарал үүслийн дэс дарааллыг тогтоосон үр дүнг хэлэлцүүлж байна.

2. Геологийн тогтоц

Судалгааны талбай нь палеопротерозойн Бүдүүн формацыг зүссэн неопротерозойн Сонгино гүний бүрдэл болон плейстоцен-голоцены сэвсгэр хурдсаас тогтно (Зураг 2).



Зураг 2. Судалгааны талбайн геологийн зураг

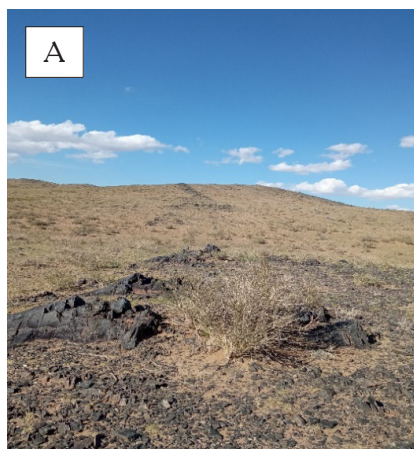
Судлаачид өмнө нь Завханмандалын блокийг хуучнаар Өмнөд Сонгины цухуйгдал хэмээн нэрлэж, Хүнгүй, Завхан голуудын хооронд (40-50км х 20-25км) байрлалтай уг тогтоц баруун талдаа Ургамалын бүсийн офиолит бүрдлийн чулуулагтай тектоник

харьцаагаар зааглагдах ба харин зүүн болон бусад талаараа неопротерозой-кембрийн хурдсаар хучигдсан. Энэхүү блокийг палеопротерозойн Бүдүүн формац (3000м), мезопротерозойн Шуурай-Уул формацын (1200м), болон неопротерозойн Шувуу формацын (2000м) хурдас байх

ба тархалтын хувьд Завхан, Хүнгүй голын хооронд, Бүдүүн, Улаан, Буурал, Бүнхэр Хар уулын орчинд илүүтэй судлагдсан (Доржнамжаа нар., 1991, 2016).

Бүдүүн формац ($Ppbd2$). Бүдүүн формацыг голдуу гранит-гнейс, лейкогнейс, мигматит, гялтгануурт кварцит, балчулуут гантиг, гранаттай талст занар, туузан мигматит, ортоамфиболит зэрэг өндөр даралт, температурын нөхцөлд үүссэн, уртрагийн дагуудуу чиглэлтэй шугаман атираанд өртсөн метаморф чулуулаг бүрдүүлнэ. Бүдүүн, Шувуун уул, Их, Бага Буурал уулын орчинд гялтгануурт кварцит, гранаттай амфиболит, мигматит нэлээд тархалттай. Сүүлийн үеийн судалгаагаар палеопротерозойн Бүдүүн формацын хурдсыг Баяннуурын дүүрэгт

илрэх хэсгийг Баяннуур талст бүрдэл гэж нэрлэсэн (Козаков и др., 2013). Өмнөх судалгааны ажлаар Бүдүүн формацын өндөр зэрэглэлийн хувиралд автагдсан метаморф чулуулгуудыг палеопротерозойн настай гэж үзэж байсныг бид мөн уламжлуулан авч уг насыг ашиглалаа. Бүдүүн формацын хурдас нь региональ метаморфизмд орсон амфиболитын фацын метаморф хурдас чулуулгаас тогтдог бөгөөд литологийн хувьд амфиболит (Зураг 3а), плагиогнейс занар, биотит-амфиболт саарал өнгийн гранитгнейс зонхилон тархсан байна. Эдгээр чулуулаг баруун хойш болон чанх хойд зүгт сунаж тогтсон бөгөөд Сонгино бүрдлийн гүний чулуулгаар түрэгддэг.



Зураг 3. Дэлт уулын хайгуулын талбайн

а. Бүдүүн формацын амфиболитын зузаалаг б. Дайкуудын харагдах байдал,

Сонгино бүрдэл (γdNP_1). Анх В.А.Амантов 1963 онд доод-дунд девонд, түрүү перьмд (Самозванцев и др., 1982) ялгасан ба А.А.Раузер неопротерозойн Сонгино бүрдлээр ангилжээ. Завхан аймгийн Завханмандал, Сантмаргац,

Дөрвөлжин, Сонгино, Ургамал, Увс аймгийн Өндөрхангай сумдын нутаг Сонгино, Тахилт, Бага гол, Хошуут худаг орчмоор буюу Ургамал-Сонгино, Завханмандал бүсүүдэд тархана. 3 фазтай бөгөөд I фаз нь: габбро, габбродиорит,

II фаз нь: гранодиорит, кварцат диорит, тоналит, III фаз нь: лейкогранитаас тус тус тогтоно.

Петрохимийн шинжээрээ плитийн захын идэвхжилийн нөхцөлд үүссэн, калийн агуулгаар дунд зэрэг, шохойлог-шүлтлэг эгнээний, I төрөлд хамаарах гранитоид юм. Неопротерозойн “Цагааннуур”формацыг зүсэх бөгөөд неопротерзой Завхан формацын хайрганд оролцдог ба үнэмлэхүй насны тодорхойлолт нь 874 ± 3 сая жил гэж (Төмөртоогоо, 2006) тогтоосонд үндсэн неопротерозойд хамааруулсан бол Сонгины районд хийгдсэн сүүлийн үеийн судалгааны ажлуудаар II фазын гранодиоритод U-Pb-ны аргаар нас тодорхойлоход 859 ± 3 сая жил гэж (Козаков и др., 2013) тогтоогджээ. Энэ бүрдэлтэй холбоотой Cu, Zn-ын илрэл, эрдэсжсэн цэгүүд илэрдэг. Палеопротерозойн Бүдүүн формац болон Сонгино бүрдлүүдийг зүссэн хожуу үеийн дэл судал нь голдуу өргөрөгийн дагуу суналтай сери судлаар илрэхээс гадна цөөн тоогоор янз бүрийн чиглэлтэйгээр илэрдэг (Зураг 36). Дэл судлууд нь орон зайн нягт холбоотой хар бараан өнгийн суурилаг найрлагатай, янз бүрийн чиглэлтэй габбро, габбродиоритийн 2.0 м өргөн, 200м хүртэл урттай дэл судлууд илэрдэг. (Энхбаяр нар., 2022)

Дөрөвдөгчийн хурдас нь (Q) судалгааны талбайд их талбайг эзлэн тархах бөгөөд Ханхөхийн нуруу, түүний салбар уулсын өвөр, хулжын голын хөндий болон бусад уулс хоорондын хөндийнүүдийг дүүргэн тогтдог. Дөрөвдөгчийн галавын хурдсыг гарал үүсэл, геоморфологийн нөхцөл, байрлал, хоорондын харьцаа болон өмнөх судлаачдын ангилсан байдалтай

харьцуулан ялгаж байна. Үүнд гарал үүслээрээ голын ба гол-хормойн гэсэн төрлүүдэд ялгалаа. Голын гаралтай хурдас судалгааны талбайд бага тархалттай бөгөөд голын гарал үүсэлтэй шар, саарал өнгөтэй, дундаас сайн мөлгөржсөн янз бүрийн хайрга, бул чулуу агуулсан элс, элсэнцрээс тогтох үлдэгдэл дэнжүүд үүсгэдэг. Гол хормойн гаралтай хурдаст бэл-хормойн хурдсаар хучигдсан томоохон хөндийн төв хэсгийн тэгш талыг дүүргэсэн хурдсыг хамааруулав. Уг хурдас салбар хөндийнүүдэд ялгагдсан бөгөөд бараан саарал өнгийн чулуулгийн хэмхдэс, муу мөлгөржсөн хайрга агуулсан элсэнцэр, шавранцраас тогтоно. Хэмхдэсүүдийн 70-80% хувийг бараан өнгийн суурилаг, дундлаг найрлагатай бялхмал чулуулгууд, тэдгээрийн туф, занар, элсэн чулуу, алевролит бүрдүүлж хурдсын бараан өнгийг тодорхойлдог.

3. Судалгааны ажлын арга аргачлал

3.1. Дээжийн тодорхойлолт

Судалгааны ажил нь хээрийн судалгааны ажил болон лабораторийн судалгааны ажил гэсэн 2 үндсэн хэсгээс бүрдэнэ. Хээрийн судалгааны ажлыг палеопротерозойн Бүдүүн формац болон Сонгино бүрдлүүдийг зүссэн хожуу үеийн дэл судлаас маршрутын ажиглалт, дээжлэлт хийж мөн өрөмдөгдсөн цооногуудаас нийт 29 дээж, өрмийн чөмгөн 15 дээж сонгон авч 15 дээжинд петрографи, 10 дээжинд минераграфийн бичиглэлийг хийж үр дүнг боловсруулаад байна.

3.2. Петрографи, минераграфийн судалгааны арга аргачлал

Петрографи болон минераграфийн судалгааг Геологийн Судалгаа-Шинжилгээний төв ТӨҮГ-н “Olympus BX-53”, МУИС-ШУС-БУС Геологи-Геофизикийн тэнхимийн Геологийн Суурь Судалгааны Лабораторид “Motic BA310Pol” маркийн туйлширсан болон ойлсон гэрлийн микроскопуудыг ашиглан чулуулгийн эрдэслэг бүрэлдэхүүн, тэдгээрийн хувирал, хүдрийн эрдсүүдийн найрлага, гарал үүслийн дэс дарааллыг тодорхойлоо.

3.3. Рентген диффрактометрийн (XRD) судалгааны арга аргачлал

Рентген диффрактомерийн судалгаагаар тухайн чулуулгийг бүрдүүлэгч эрдэслэг бүрэлдэхүүн хувирлыг тодорхойлох физик арга юм. Эрдэс нь талстлаг, хатуу биет бөгөөд гурван хэмжээст торон зохион байгуулалт бүхий өөрийн гэсэн атомуудаас тогтдог. Оронт торны бүтэцтэй бодис бүр өөрийн гэсэн рентген бүтцийн зураг өгнө. Үл мэдэгдэх бодисын рентген бүтцийн үр дүнгээр найрлагыг тодорхойлох ба олон улсын JCDD (International Centre for Diffraction Data) стандарт өгөгдлийн санд бүртгэлтэй талстлаг фазын рентген бүтцийн стандарт үр дүнтэй харьцуулж эрдэс бодисын найрлагыг тодорхойлдог. Шинжлэх дээжийг нунтаглаж бэлтгэх бөгөөд нунтаглалтын хэмжээ 50 микрометрээс бага 1 граммаас их жинтэй байна.

4. Судалгааны үр дүн

4.1. Петрографийн судалгааны үр дүн

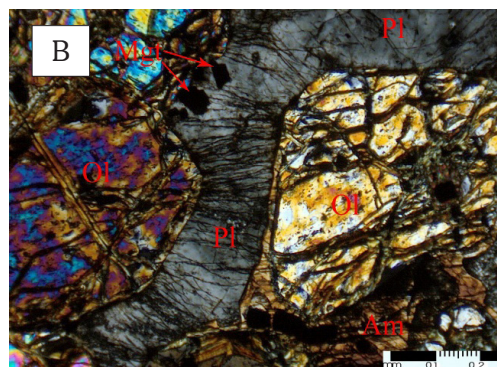
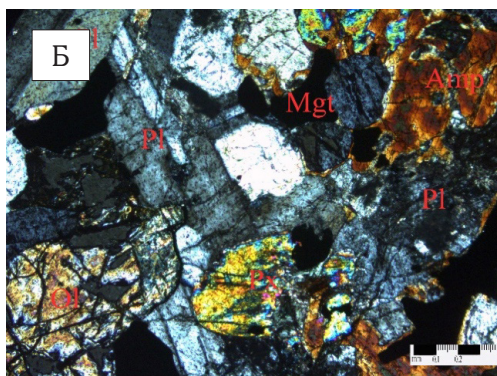
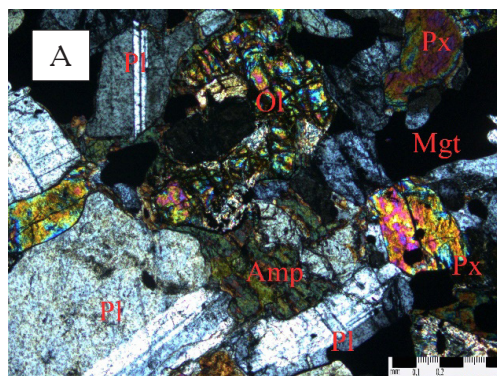
Петрографийн судалгаагаар жигд бус мөхлөгт оливинтой габбро, жигд бус мөхлөгт оливинтой лейкогаббро, жижиг-дунд мөхлөгт оливин-пироксентэй габбро гэсэн чулуулгуудаас тогтож байна. Судалгааны талбайд тархсан чулуулгуудын товч тодорхойлолтыг доор дурдлаа.

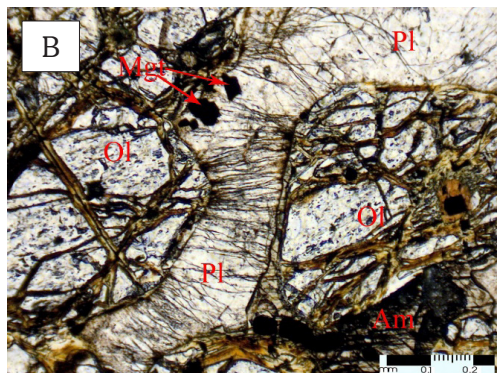
Жигд бус мөхлөгт оливинтой габбро нь (дээж Н-0110) гипидиоморф, панидиоморф структуртай, цул нягт текстуртай бөгөөд плагиоклаз (40-45%), оливин (35-40%), биотит (5%), амфибол (5%), цөөн тооны моноклин пироксен хүдрийн эрдсээс (10%) тогтсон байна. Плагиоклаз нь призмлэг хааяа, хавтгайдуу маягийн хэлбэртэй, 1.3 мм-ээс 6.5 мм-ийн хэмжээтэй, тальк, эпидот, соссюритод хувирч, хааяа бүрэн псевдоморфоз үүсгэнэ. Плагиоклазын гэрлийн хугарлын илтгэгч болон түүгээр үүссэн хоёрдогч эрдсүүдийн шинж чанараас нь харахад нэлээд суурилагдуу найрлагатай болно. Оливин нь зуувандуу дугуй, хавтгайдуу маягийн хэлбэртэй, 1.8 мм-ээс 5.8 мм-ийн хэмжээтэй шаргал гадаргуутай, хуваагдалгүй байна. Оливин нь ромбо амфиболоор түрэгдсэн байна. Антофиллит нь призмлэг хэлбэртэй, цайвар бор шаргал өнгөтэй плеохроизмтой, 2.0 мм хүртэл хэмжээтэйгээр оливиноор үүсчээ. Биотит нь хайрслал хэлбэртэй, 0.8 мм-ээс 2.4 мм-ийн хэмжээтэйгээр ихээхэн хэмжээгээр хлорит, бага зэрэг эпидотод хувирч, заримдаа псевдоморфоз үүсгэсэн байдалтай тохиолдоно. Чулуулагт акцессор эрдсээс хүдрийн эрдэс, апатит, лейкоксенжсэн сфен тохиолдоно. Хүдрийн эрдэс нь чулуулгийн нийт агуулгын

5-10%-ийг эзэлж, 0.01 мм-ээс 1.37 мм-ийн хэмжээтэйгээр бичил шигтгээ болон шигтгээ маягийн ялгарлыг үүсгэн тэмдэглэгдэнэ. Түүнчлэн чулуулагт призмлэг, зургаан талт маягийн хэлбэртэй 0.02 мм-ээс 0.5 мм-ийн хэмжээтэй апатитийн мөхлөгүүд чулуулгийн нийт агуулгын 1 орчим хувийг эзэлж тохиолдоно. Лейкоксенжсэн сфен нь амфибол, биотитийн мөхлөгүүд дээр ялгарсан байна (Зураг 4а).

Жижиг-дунд мөхлөгт габбро (Дээж DLDH-001-037) нь гипидиоморф, панидиоморф структуртай, цул нягт текстуртай бөгөөд плагиоклаз (40-45%), диопсид (20-25%), оливин (15-20%), амфибол (5%), биотит (5%), хүдрийн эрдсээс (10%) тогтсон байна. Плагиоклаз нь призмлэг хавтгайдуу маягийн хэлбэртэй, 0.7 мм-ээс 4.7 мм-ийн хэмжээтэй, тальк, эпидот, соссюритод харилцан адилгүй хувирсан байна. Плагиоклазын найрлага нь хамгийн их симметр унтралын 30° - 32° -н өнцгөөр лабрадор № 43-45 найрлагатай байна. Диопсид нь найман талт призмлэг хэлбэртэй, 0.3 мм-ээс 1.5 мм-ийн хэмжээтэй, унтралын өнцөг нь $C:N_g=43^{\circ}$ - 45° байна. Оливин нь зуувандуу дугуй, хавтгайдуу маягийн изометрлэг хэлбэртэй, 0.3 мм-ээс 1.3 мм-ийн хэмжээтэй, тальк, серпентин, иддингситээр жигд бус хувирч титан, магнетит ялгарсан ажиглагдаж байна. Антофиллит нь призмлэг хэлбэртэй, цайвар бор шаргал өнгөтэй плеохроизмтой, 0.3 мм-ээс 1.5 мм-ийн хэмжээтэй, хэмжээтэйгээр оливинор үүссэн ажиглагдана. Биотит нь ялтаслаг, хуудаслаг хэлбэртэй, 0.5 мм-ээс 1.7 мм-ийн хэмжээтэй, эпидотод бага зэрэг хлоритод нэлээд хэмжээгээр

түрэгдэж заримдаа псевдоморфоз үүсгэсэн байдалтай тохиолдоно. Акцессор эрдсээс апатитийн призмлэг, зургаан талт маягийн хэлбэртэй 0.05 мм-ээс 0.2 мм-ийн хэмжээтэй цөөн тооны мөхлөг тохиолдоно. Ойсон гэрлийн микроскопоор судлахад хүдрийн эрдэс нь чулуулгийн нийт агуулгын 5-10%-ийг эзэлж, 0.01 мм-ээс 1.2 мм-ийн хэмжээтэйгээр бичил шигтгээ, шигтгээ маягийн ялгарлыг үүсгэсэн (Зураг 4б).





Зураг 4. Петрографийн судалгааны микро зургийн тайлбар:

**Pl-Плагноклаз, Ol-Оливин,
Px-Пироксен, Amf-Амфибол,
Mgt-Магнетит.**

Жигд бус мөхлөгт оливинтой мелано-габбро (Дээж Н-0111) нь криптовый порфир маягийн структуртай, цул нягт текстуртай ба оливин (50-55%), плагноклаз (20-25%), диопсид (5%), амфибол (5%), биотит (5%), титанит, магнетит зэрэг хүдрийн эрдсээс (10%) бүрдсэн байна. Оливины мөхлөгүүд нь зуувандуу дугуй, хавтгайдуу маягийн изометрлэг хэлбэртэй, 0.5 мм-ээс 2.2 мм-ийн хэмжээтэй, серпентин, боулингит, иддингиситээр жигд бус хувирч түүгээр титанит, магнетит ялгарчээ. Плагноклаз нь призмлэг, өргөн хавтгай хэлбэртэй, 0.7 мм-ээс 6.2 мм-ийн хэмжээтэй бөгөөд тальк, эпидотоор бага зэрэг хувирсан ажиглагдана. Плагноклазын найрлага нь хамгийн их симметр унтралын 29° - 31° -н өнцгөөр лабрадор № 42-44 найрлагатай байна. Моноклин пироксены призмлэг хэлбэртэй, 0.6 мм-ээс 1.8 мм-ийн хэмжээтэй, унтралын өнцөг нь $C:N_g=42^{\circ}$ - 45° байна. Амфибол нь призмлэг хэлбэртэй, бор хүрэн өнгөтэй, 0.5 мм-ээс 3.0 мм-ийн хэмжээтэй, оливинийг түрж үүссэн

ажиглагдана. Биотит нь бор хүрэн өнгөтэй, хуудаслаг хэлбэртэй, шулуун унтралтай, 0.5 мм-ээс 2.2 мм-ийн хэмжээтэй байна. Хааяа хлоритод түрэгдэнэ. Хүдрийн эрдсүүд нь чулуулгийн 10%-ийг эзлэх бөгөөд бичил шигтгээ, шигтгээ маягийн ялгарлыг үүсгэжээ (Зураг 4в, г).

4.2. Минераграфийн судалгааны үр дүн

Дээж (Н-0110) дээжинд хүдрийн бус эрдэст агуулагдсан шигтгээлэг байдлаар магнетит, халькопирит, пирротин, пентландит, хромит, сфалерит, бага хэмжээний халькозин, ковеллин болон гематит зэрэг 0.01-1.37 мм хэмжээтэй хүдрийн эрдсүүд тодорхойлогдсон. Магнетит, пирротин зэрэг эрдсүүд агуулагдсантай холбоотойгоор соронзон өндөртэй байна. Сарнимал сульфидууд (пирротин, пентландит, халькопирит) хүдрийн бус эрдэс дотор шигтгээгээр агуулагдана. Халькопирит нь тод шар өнгөтэй, хүдрийн бус эрдэс дотор жигд бус шигтгээ байдлаар тохиолдоно. Мөхлөгийн хэмжээ 0.01х.01 мм-ээс 0.02х.0.08 мм. Ковеллин нь хөх өнгөтэй, халькопиритийг бага зэрэг түрсэн нимгэн хүрээ үүсгэсэн байдалтай харагдана. Магнетит нь 2 генерацар байна. 1-р генерацар магнетит нь боровтор туяатай саарал өнгөтэй, изотроп, хөндлөн огтлолдоо гурвалжин, изометрлэг, үеллэг хэлбэртэй гематитаар хэсэгчлэн түрэгдэж мартитжсан. Мөхлөгийн хэмжээ 0.05х.0.05 мм-ээс 1.15х.1.37 мм (Зураг 5а). Магнетит нь пирротин, пентландит зэрэг эрдсүүдтэй хам ургалт үүсгэж тэдгээрийг хүрээлсэн байдалтай байна. Магнетит нь зарим тохиолдолд судал байдлаар

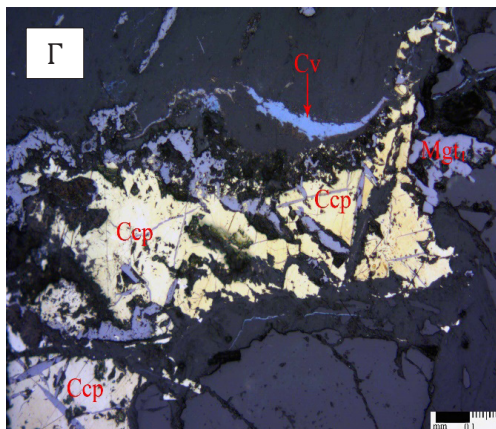
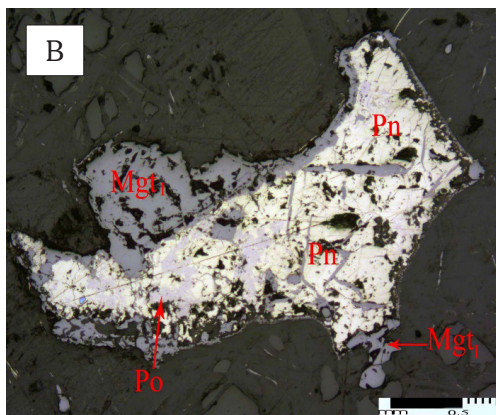
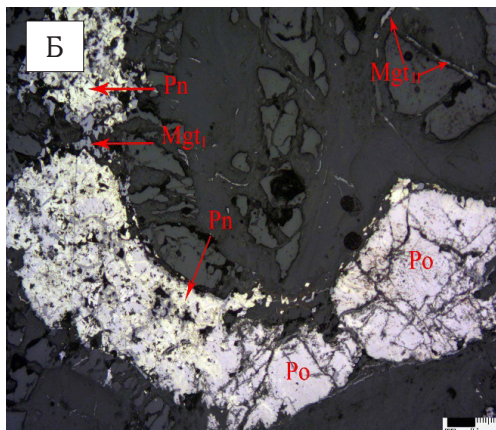
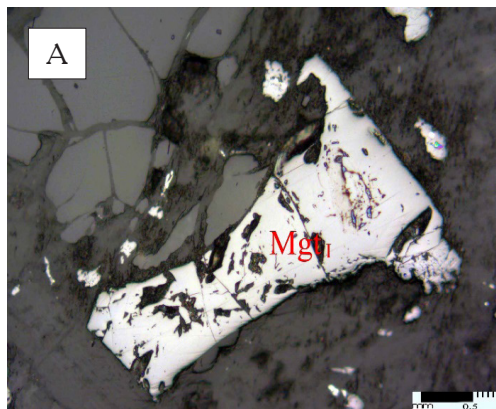
серпентинитжсэн оливины эргэн тойронд хүрээлсэн байдалтай ажиглагдах ба энэ нь 2-р генерацийн магнетит юм (Зураг 5б). Гематит нь цагаан саарал өнгөтэй, зүүлэг, зөв бус хэлбэртэй, мөхлөгийн хэмжээ 0.40х0.37 мм-ээс 0.05х0.2 мм. Пирротин нь ягаавтар бор өнгөтэй, маш хүчтэй улаанаас шаравтар бор анизотроп шинжтэй, зууван болон тэгш өнцөгт хэлбэртэй. Мөхлөгийн хэмжээ 0.01х0.012 мм-ээс 0.06х0.21 мм. Хүчтэй анизотроп шинжтэй. Пентландит цайвар сүүн шар өнгөтэй, изометрлэг, тэгш өнцөгт хэлбэртэй. Том зууван болон тэгш өнцөгт пирротинтэй хамт үүссэн байна. Пентландит нь маш сайн өнгөлөгдсөн, маш сайн гэрэл ойлттой бөгөөд изотроп шинж чанартай байдаг Мөхлөгийн хэмжээ 0.03х0.05 мм-ээс 0.19х0.24 мм (Зураг 5б). Хромит нь саарал өнгөтэй, изотроп, изометрлэг, цөөн мөхлөг байна. Мөхлөгийн хэмжээ 0.32х0.32 мм. Магнетиттэй хам ургалт үүсгэсэн.

Дээж (DLDH-001-037) нь магнетит, пирротин, пентландит, халькопирит, хромит, бага хэмжээний борнит, халькозин, ковеллин болон гематит зэрэг хүдрийн эрдсүүдийг тодорхойллоо. Магнетит нь чулуулагт 2 генерациар тохиолдож байна. 1-р генерацийн магнетит нь тэгш өнцөгт идиоморфлог хэлбэртэйгээр ихэнх мөхлөгүүд нь ажиглагдахын зэрэгцээ 2-р генерацийн магнетит нь оливины хувирлаар үүссэн нарийн бичил зурвас, харилцан огтлолцсон гогцоолог, судал байдлаар ажиглагдаж байна. Мөхлөгийн хэмжээ 0.1-2.0 мм (Зураг 5б). Магнетитийг түрж ганц нэг гематитийн зүүлэг, призмлэг хэлбэртэй, 0.02-0.4 мөхлөг үүссэн байна. Пирротин нь ягаавтар шар өнгөтэй,

анизотроп шинжтэй, изометрлэг хэлбэртэй бөгөөд ихэнх тохиолдолд пентландитийг түрж магнетиттай хамт тааралдаж байна. Мөхлөгийн хэмжээ 0.1-0.9 мм (Зураг 5б). Пентландитын мөхлөгүүд нь цайвар сүүн шар өнгөтэй, изометрлэг, тэгш өнцөгт хэлбэртэй бөгөөд изотроп шинж чанартай байна. Мөхлөгийн хэмжээ 0.01-0.7 мм. Зарим мөхлөгүүд нь пирротиноор түрэгдсэн ажиглагдана (Зураг 5в). Хромит нь саарал өнгөтэй, изотроп шинжтэй, изометрлэг хэлбэртэй, ганц нэг мөхлөг байна. Мөхлөгийн хэмжээ 0.3 мм хэмжээтэй бөгөөд магнетиттэй хам ургалт үүсгэсэн. Халькопирит нь ногоовтор шар өнгөтэй, сул анизотроп шинжтэй, зөв бус хэлбэртэй. Халькопиритийн ихэнх мөхлөгүүд нь халькозин, ковелиноор түрэгдсэн байна. Мөхлөгийн хэмжээ 0.2х1.2 мм (Зураг 5г).

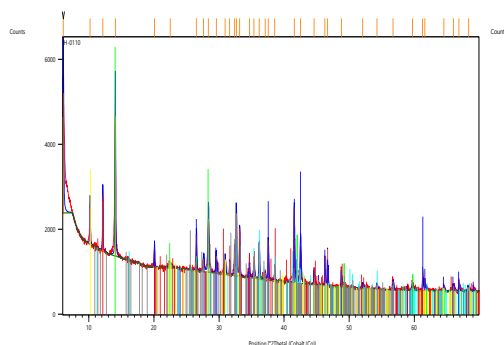
Дээж (H-0111) нь магнетит (6%), титанит (2%), пирротин (1%), пентландит (1%) болон ганц нэг арсенопиритийн 0.01-1.5 +мм хэмжээтэй хүдрийн эрдсүүдийн мөхлөгүүд тодорхойлогдлоо. Магнетитийн ихэнх мөхлөгүүд нь тэгш өнцөгт идиоморфлог хэлбэртэй ажиглагдахын зэрэгцээ оливины хувирлаар үүссэн харилцан огтлолцсон гогцоолог, нарийн бичил зурвас, судал байдлаар ажиглагдана. Магнетит нь ойсон гэрэлд ягаавтар саарал өнгөтэй, изотроп шинжтэй, хүчтэй соронзон шинж чанартай байдаг бөгөөд мөхлөгүүдийн хэмжээ 0.01-1.8 мм байна. Түүний идиоморфлог хэлбэртэй мөхлөгүүдэд пентландит, пирротиний шигдэцүүд агуулагджээ (Зураг 5в). Пирротин нь ягаавтар шар өнгөтэй, хүчтэй анизотроп шинжтэй, азотийн хүчлээр үйлчилэхэд хүрэн өнгөр тогтдог,

сул соронзон шинж чанартай бөгөөд түүний изометрлэг хэлбэртэй мөхлөгүүд нь ихэнх тохиолдолд пентландитийг түрж үүссэн байна. Пентландитийн мөхлөгүүд нь цайвар сүүн шар өнгөтэй, изометрлэг хэлбэртэй бөгөөд изотроп шинж чанартай, янз бүрийн чиглэлтэй мөхлөгүүдийн октаэдрийн хуваагдлын огтлолцолд түүний агрегатын бүтэц илэрдэг. Таних микрохимийн урвал байхгүй. Пентландитийн мөхлөгийн хэмжээ 0.01-0.25 мм. Зарим мөхлөгүүд нь пирротиноор түрэгджээ. Арсенопирит нь хүдрийн бус эрдэс дотор бичил шигтгээ байдлаар 0.004 мм хэмжээтэй ромбо маягийн хэлбэртэй ажиглагдана. Арсенопирит нь ойсон гэрэлд цагаан өнгөтэй. Титанит нь ойсон гэрэлд цагаан саарал өнгөтэй, цагаан өнгийн дотоод рефлекстэй бөгөөд ихэвчлэн оливиний хувирлаар үүссэн зөв бус хэлбэртэй мөхлөгөөр ажиглагдана. Мөхлөгийн хэмжээ 0.004-0.1 мм байна.



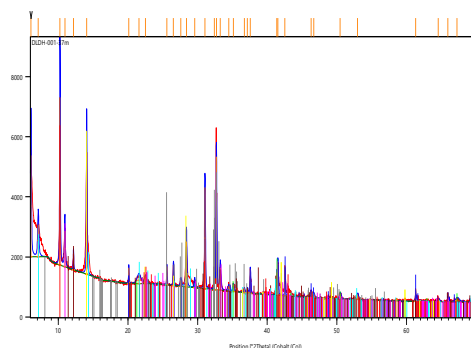
Зураг 5. Минераграфийн микро зургийн тайлбар: Pn-Пентландит, Po-Пирротин, Csp-Халькопирит, Cv-Ковеллин, Mgt_I-Магнетит (магма), Mgt_{II}-Магнетит (гидротермал).

4.3. Рентген диффрактометрийн (XRD) судалгааны үр дүн



Тодорхойлогдсон эрдэс:

- Форстерит (Mg_2SiO_4)
- Лизардит ($\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$)
- Амфибол ($\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_5(\text{Al Si})_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$)
- Авгит ($\text{Mg}_{9.44}\text{Fe}_{6.56}\text{Si}_{16.00}\text{O}_{48.00}$)
- Анортит ($\text{Ca}_1\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$)
- Биотит $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{F}, \text{OH})_2$
- Магнетит (Fe_3O_4)



Тодорхойлогдсон эрдэс:

- Форстерит (Mg_2SiO_4)
- Магнетит (FeO)
- Анортит ($\text{Ca}_1\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$)
- Амфибол ($\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_5(\text{Al Si})_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$)
- Хлорит ($\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{Si Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{OH})_6$)
- Тальк ($\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$)
- Лизардит ($\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$)

Зураг 6. Рентген диффрактомерийн судалгааны үр дүн

Рентген диффрактомерийн судалгаагаар тухайн чулуулгийг бүрдүүлэгч эрдэслэг бүрэлдэхүүн хувирлыг тодорхойлсон. Н-0110 дугаартай дээжинд форстерит, лизардит, амфибол, авгит, анортит, биотит болон магнетит тодорхойлогдсон. DLDH-001-037 дугаартай дээжинд форстерит, магнетит, анортит, амфибол, хлорит, тальк, лизардит, биотит зэрэг эрдсүүд тодорхойлогдлоо (Зураг 6; хүснэгт 1).

5. Хэлэлцүүлэг

Магмын гаралтай сульфидын Ni—Cu-ийн хүдрийн бүх мэдэгдэж байгаа хуримтлал бөөгнөрөл мантийн-перидотитийн харьцангуй их хэмжээний хайлах явцаар бий болсон суурилаг эсвэл хэт суурилаг найрлагатай магмын их хэмжээгээр эх газрын царцдас руу түрж

орсон, дайрч гарсан газарт үүсдэг байна (John, 2013; Kula, 1999; Walter, 2011). Түүнчлэн тус илрэлд хромитын агуулга зарим дээжид их байгаа нь оливинтой габброгийн найрлагатай холбоотой (John, 2013; Kula, 1999; Walter, 2011), мөн магнетитийн агуулга өндөр байгаа нь суурилаг найрлагатай чулуулаг болох габбротой холбоотой үүссэн төмрийн хүдэржилт үүссэн гэж үзэж байна (John, 2013; Kula, 1999; Walter, 2011). Мөн хүдрийн эрдсүүдээс 2-р генерацийн магнетит үүссэн байгаа нь чулуулгийн найрлаганд байгаа оливин хүдэржилтийн дараах үе шатанд гидротермаль хувиралд орж серпентинижсэн буюу бага температурт үүсдэг серпентины полиморф дүрс хувирал болох лизардиттэй хамт үүссэн байна (Yann et al., 2017; Otgonbayar et al., 2021).

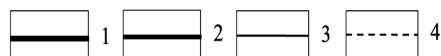
Судалгааны талбай нь палеопротерозойн Бүдүүн формацтай холбоотой төмөрт кварцит"-н Сант толгойн төмрийн илрэл, дунд-дээд кембрийн гранитоидууд доторх хэт суурилаг болон суурилаг биетүүдийн үлдэгдэлтэй холбоотой “Үеллэг габброидын Cu-Ni(Au)”-н Оюуттолгой, Серпентинит, Онц уул зэрэг жижиг илрэлүүд, түүнчлэн агаарын геофизикийн судалгаагаар илэрсэн “шүлтлэг гранитын Nb (Ta)-Zr-ГХЭ”-н цөөн илрэл тогтоогдож, ашигт малтмалын хувьд хэтийн төлөв байгаа харагддаг хэдий ч бидний судалгааны үр дүнгээр Бүдүүн формац болон Сонгино гүний бүрдлийг зүсэж гарж ирсэн суурилаг найрлагатай чулуулагт хийсэн петрографи болон минераграфи, рентген диффрактометрийн судалгааны үр дүнгээр суурилаг найрлагатай жигд бус мөхлөгт оливинтой габбро, жижиг-дунд мөхлөгт оливинтой габброд агуулагдсан магнетит, пирротин, пентландит, титанит, халькопирит, хромит бага хэмжээгээр халькозин, ковеллин болон гематит зэрэг эрдсүүд тодорхойлогдсон нь (хүснэгт 1) өмнөх судлаачдын илрүүлсэнтэй тохирч, магмын гаралтай хүдэржилт болохыг зааж байна.

6. Дүгнэлт

Судалгаа хийхээр сонгож авсан хурдас чулуулгийн петрографи, минераграфи, рентген диффрактомерийн судалгааны үр дүнгээс дараах дүгнэлтийг хийж байна.

Петрографийн судалгааны үр дүнгээр палеопротерозойн Бүдүүн формац болон неопротерзойн Сонгино бүрдлийн чулуулгуудыг зүсэн гарч ирсэн магмын суурилаг найрлагатай чулуулагт хийсэн судалгааны үр дүнгүүдээс үзвэл жигд бус мөхлөгт оливинтой габбро, жижиг-

Minerals	Магмын хүдэржилтийн үе	Гидротермаль үе шат
Оливин	=====	
Плагноклаз	=====	
Пироксен	=====	
Амфибол	=====	
Биотит	=====	
Магнетит	=====	=====
Халькопирит	=====	
Пирротин	=====	
Пентландит	=====	
Хромит	=====	
Сфалерит	-----	
Серпентин		=====
Тальк		=====
Эпидот		=====
Хлорит		=====
Халькозин		-----
Ковеллин		-----
Гематит		-----



Хүснэгт 1. Дэлт илрэлийн эрдсүүдийн хам гарал үүслийн дараалал:
1-их тархалттай; 2-дунд зэргийн тархалттай; 3-бага тархалттай;
4-ховор тархалттай

дунд мөхлөгт оливин-пироксентэй габбро зэрэг суурилаг найрлагатай чулуулгууд голлон тогтоогдож, судалгааны явцад тэдгээртэй холбоотой хүдэржилтийн 2 үе шат ялгагдлаа. Магмын гаралтай хүдэр үүслийн үе шатанд 1-р генерацийн магнетит, халькопирит, пирротин, пентландит, хромит, сфалерит зэрэг эрдсүүд, гидротермаль үе шатанд 2-р генерацийн магнетит, халькозин, ковеллин болон гематит зэрэг эрдсүүд үүссэн болох нь Дэлт илрэлийн эрдсүүдийн хам гарал үүслийн дарааллаас харагдана. Үүнээс үзэхэд магмын суурилаг найрлагатай

чулуулагтай холбоотой Fe, Ni, Cu, бага хэмжээгээр Cr-ийн хүдэржилт байгааг дээрх судалгаануудын үр дүнгүүд харуулж байна.

Талархал

Хээрийн судалгааг хийх бололцоогоор ханган гүн тусалцаа үзүүлж, анхдагч дээж, материалуудыг ашиглахыг зөвшөөрсөн “Цогш” ХХК-ийн захирал Э.Энх-Эрдэнэ, ерөнхий геологич Б.Батбаатар, Геологийн судалгаа-шинжилгээний төв ТӨҮГ-н хамт олон, ШУА-н Геологийн хүрээлэнгийн судлаач Ч.Эрдэнэжаргал нартаа талархлаа илэрхийлье.

Ашигласан хэвлэл

1. Доржнамжаа, Д., Бат-Ирээдүй, Я., 1991. Докембрий Монголи. Академия наук МНР Геологический институт, Улаанбаатар, 5-150.
2. Доржнамжаа, Д., Бат-Ирээдүй, Я., Энхбаатар, Б., Алтаншагай, Г., 2016. Монгол орны урьдкембри, кембрийн геологи ба палеонтологи, Улаанбаатар, 183.
3. Доржнамжаа, Д., Бат-Ирээдүй, Я., Ичинноров, Н., Энхбаатар, Б., Алтаншагай, Г., 2017. Монгол орны регионал стратиграфи, Улаанбаатар, 24-57.
4. Төмөртоого, О., 2006. Монгол орны прокембрий: литостратиграфи, тектоник ба палеогеодинамик. Эрдэм шинжилгээний бүтээл №16, 18-46.
5. Төмөртоого, О., 2014. Атираат мужуудын тектоникийн судалгаа ба геологийн зураглал.
6. Төмөртоого, О., 2017. Монгол улсын нутаг дэвсгэрийн тектоникийн дүүрэгчлэл, масштаб 1:4500000.
7. Тогтох, Д., Гансүх, З., Баатархуяг, А., 1975. Ханхөхийн районд хийсэн 1:200 000-ны масштабын геологийн зураглал, эрлийн ажлын тайлан (М-46-XXIII, XXIV, XXIX, XXX).
8. Эрдэнэчимэг, Д., Энхбаяр, Б., Болдбаатар, Г., Дамдинжав, Б., Тайванбаатар, Ц., Оюунгэрэл, Н., 2018. “Геомэдээллийн сан-2013” төслийн хүрээлэнд 2014-2017 онуудад гүйцэтгэсэн Монгол улсын 1:500000-ны масштабын геологийн зураг зохих төслийн ажлын үр дүнгийн тайлан, 8480ф.
9. Энхбаяр, Б., Болорхүү, Б., Хосбаяр, Д., Цэрэн-Оюун, Э., 2022. Монгол орны интрузив бүрдлийн лавлах толь.
10. Амантов, В.А., Борзаковский, Ю.А., 1963. Геология и проблемы геологоструктурного районирования калепонид территорий Северо-Западной Монголий (котловина Больших Озер в Западной Монголии). Ленинград, ВВИТКУС 46-50.
11. Козаков, И.К., Сальникова, Е.Б., Ярмолюк, В.В., 2013. Этапы формирования континентальной коры Сонгинского блока раннекаледонского супертеррейна Центральной Азии: I. Геологические и геохронологические данные. Петрология 227-246.
12. Лувсанданзан, Б., 1970. Стратиграфия палеозоя Монгольского алтая. В

- кн: Стратиграфия и тектоника Монгольской Народной Республики. Москва, Наука, С 85-101.
13. Самозванцев, В.А., Цукерник, А.Б., Голяков, В.И., 1982. Отчёт о результатах групповой геологической съёмка и аэрофотогеологического картирования масштаба 1:200 000, проведенных на территории Котловны Больших Озёр и западных отрогов Хангая в Монгольской Народной Республики.
 14. John, Ridley., 2013. Ore Deposit Geology, Cambridge University press.
 15. Kula, C. Misra., 1999. Understanding Mineral Deposits, Kluwer Academic Publishers.
 16. Otgonbayar, D., Atsushi, O., Masaoki, U., Noriyoshi, Ts., 2021. Redistribution of magnetite during multi-stage serpentinization: Evidence from the Taishir Massif, Khantaishir ophiolite, western Mongolia. Journal of Mineralogical and Petrological Sciences 116, 3,176-181.
 17. Walter, L. Pohl., 2011. Economic Geology Principles and Practice: Metals, Minerals, Coal and Hydrocarbons-Introduction to Formation and Sustainable Exploitation of Mineral deposits, A John Wiley & Sons, Ltd., Publication.
 18. Yann, S., Allan, H. T., Susanne, P. S., 2017. Serpentinite with and without brucite: A reaction pathway analysis of a natural serpentinite in the Josephine ophiolite, California. Journal of Mineralogical and Petrological Sciences 112, 59–76.