

Тойм өгүүлэл

Монгол орны зарим алтны ордуудын хүдэржилт, гарал үүслийн харьцуулалт

С.Оюунгэрэл^{1*}, Ч.Алтанзул², Л.Оюунжаргал¹, Б.Тамир¹, С.Минжинсор³

¹ МУИС, Шинжлэх ухааны сургууль, Геологи, геофизикийн тэнхим

² Судалтмана ХХК

³ Үндэсний Геологийн Алба

Хүлээн авсан: 2022-10-03

Зөвшөөрөгдсөн: 2022-10-10

Түлхүүр үг: Алтны эрдэсжилт, флюид ором, хүхрийн изотоп, Монголын алтны үндсэн ордууд

* **Холбоо барих зохиогч:** С.Оюунгэрэл, МУИС, Шинжлэх ухааны сургууль, Геологи, геофизикийн тэнхим
И-мэйл: soyungereel@num.edu.mn

Abstract

The gold mineralization of Mongolia has been described by many geologists. Mongolian gold deposits and occurrences can be divided into 23 metallogenic belts. It shows that Mongolia has a very high potential in gold production. Epigenetic gold deposits and occurrences in Mongolia are genetically classified into several types: Au-Ag epithermal vein, orogenic, intrusion related, skarn, and porphyry, iron oxide-copper-gold deposit types. Mongolian orogenic deposits are structurally controlled and related to shear zones or folds, and are mostly hosted in granitoids or metasedimentary rocks, and metamorphic rocks. These Au deposits commonly occur as massive auriferous quartz veins that contain sulfides and less commonly occur as disseminated and stockwork. In this paper, the geological characteristics, sulfur isotopic geochemistry, and geochemical data of ore-forming fluids of five gold lode deposits in Mongolia such as Tavt deposit located in the Eg river-Dhzida metallogenic belt of the Eg-Dzhida metallogenic province, Gatsuurt, Harganat, Ereen, Biluut, Sujigtei, Ulaanbulag deposits of the Dzuunmod ore district located in the North Khentii metallogenic belt of the Khangai-Khentii metallogenic province, and Olon Ovoot group gold deposits located in the Ulziit metallogenic belt and Undurnaran deposit located in the Kharmagtai-Khunguut-Oyut Ulaan metallogenic belt of the South Mongolian metallogenic province, and Chandman Uul deposit in the of South Kherlen-Buyant metallogenic belt of the Central-Eastern Mongolia metallogenic province are comprehensively compared. The features of gold ore mineralization, fluid inclusion, and S isotope of gold deposits are summarized and analyzed.

1. Оршил

Монгол орон нь алтны хүдэржилтээр баян орны тоонд орох бөгөөд ялангуяа сүүлийн жилүүдэд алтны үндсэн ордуудын талаарх судалгаа эрчимжиж байна.

Монгол орны алтны тархалтын зүй тогтоц, алтны ордуудын төрлүүдийг тогтоох эрдэм шинжилгээ судалгааны ажлууд үндсэндээ 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 ажилаж, монгол улсын алтны хүдэржилтийн 1:1500 000 масштабын зураг, тайлбар бичгийн

хамт зохиосон (Ganbaatar & Bataa, 2021). Дэгидмаа нарын эрдэмтэн геологичид монгол орны хэмжээнд металлогены 7 үндсэн муж, алт агуулсан 70 хүдрийн дүүргүүд бүхий байршлын зургийг 1998 онд анх зохиож, алтны үндсэн ордуудын төрлүүдийг ангилан нөөцийг үнэлэх, цаашид явуулах геологи хайгуулын ажлын чиглэл бодлогыг хэрэгжүүлэх суурь үндэс тавигдсан (Ganbaatar & Bataa, 2021).

Манай орны алтны үндсэн ордуудад олон судлаачид геологи, геохимийн иж бүрэн судалгаа хангалттай хийсэн байдаг ч сүүлийн жилүүдэд Монгол орны зарим алтны ордуудад эрдэмтэд, геологичид орчин үеийн өндөр чадвартай тоног төхөөрөмжүүдийг ашиглан чулуулгийн эрдэслэг бүрэлдэхүүн, химийн найрлага, цацраг

идэвхит болон тогтвортой изотопын судалгаа зэрэг дэвшилтэт судалгааны аргуудыг ашиглан төрөл бүрийн нарийвчилсан судалгаануудыг хийж, алтны ордууд нь геологи, хүдэр үүслийн орчноороо бусад төрлүүдээсээ хэрхэн ялгагдаж байгааг нарийн судлаж байна.

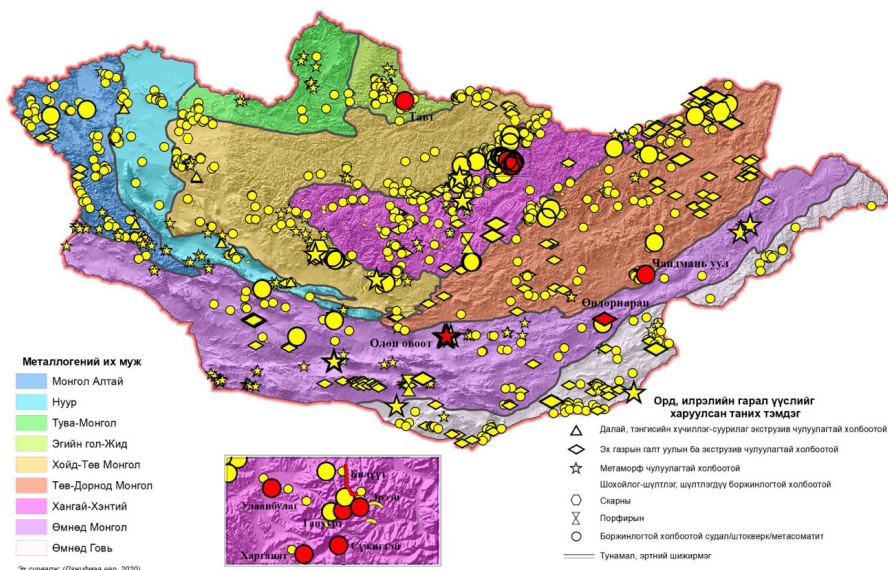
Эдгээр алтны үндсэн ордуудын судалгааны ажлууд нь алтны ордуудын хэмжээнд чулуулгийн геохими, үнэмлэхүй нас болон хүдэржилтийн нас тогтоох, ормын болон хүхрийн изотопыг тодорхойлох зэрэг судалгаануудыг хийж, хүдэржилт үүссэн орчинг тодорхойлон, ордын гарал үүслийг судлан, загвар боловсруулан шинэ мэдээлэл бий болгох ба өөр бусад алтны ордуудыг хайх, шинээр илрүүлэхэд тус дөхөм болох ач холбогдолтой.

2. Мэдээллийн эх сурвалж

Энэхүү өгүүлэг нь Эг-Жидийн металлогенийн их мужийн Эгийн гол-Жидийн металлогенийн бүсэд байрлах Тавтын орд, Хангай-Хэнтийн металлогенийн их мужийн Хойд Хэнтийн металлогенийн бүсэд байрлах Зуун модны хүдрийн дүүргийн Гацуурт, Харганат, Эрээн,

Билүүт, Сүжигтэй, Улаанбулаг ордууд болон Өмнөд Монголын металлогенийн их мужийн Өлзийтийн металлогенийн бүсэд байрлах Олон Овоотын алтны бүлэг ордууд болон Хармагтай-Хөнгөөт-Оюут Улааны металлогений бүсэд байрлах Өндөрнарэн, Төв-Дорнод Монголын металлогений их мужийн Өмнөд Хэрлэн-Буянтын металлогений бүсэд Чандмань Уулын алтны ордуудад хийгдсэн алтны хүдэржилтийн химийн найрлага, флюид ормын болон хүхрийн изотопын судалгаануудын үр дүн дээр үндэслэгдсэн болно (Зураг 1). Флюид ормын судалгаа нь хүдрийн бус эрдэс болох кварцын дээжүүд дээр хийгдсэн төрөл бүрийн ормуудын гомогенжилтын температур, хайлах температур, давсжилтын судалгаануудын үр дүнгүүдийг авч харьцуулсан болно. Эдгээр ордуудад олон төрлийн судалгаанууд хийгдсэн боловч зарим судалгаануудын үр дүнгүүд хэвлэгдээгүй болон хэвлэлтэнд хянуулахаар явуулсан тул тус өгүүлэгт ороогүй болно.

Хүхрийн изотопын судалгааны мэдээлэл нь голдуу пирит, халькопирит, борнит, ковеллин, арсенопирит зэрэг сульфидын эрдсүүдээс ялгаж авсан нэг эрдэст хийгдсэн үр дүнгүүд байдаг.



Зураг 1. Алтны орд, илрэлийн байршлын зураг (эх сурвалж Dejidmaa et al., 2020)

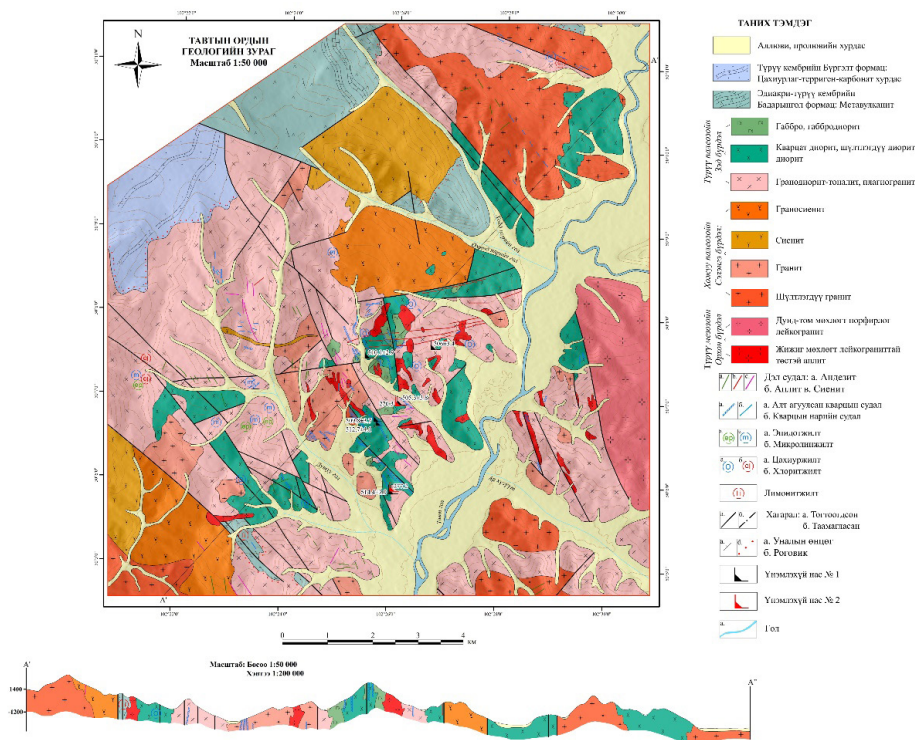
3. Монгол орны алтны зарим үндсэн ордуудын геологи

3.1 Эг-Жидийн металлогений их мужийн Эгийн гол-Жидийн металлогенийн бүсэд байрлах Тавтын орд

Тавтын орд нь Эгийн гол-Жидийн металлогений бүсийн Эрэн-Тэшигийн хүдрийн дүүрэгт оршино. Булган аймгийн Тэшиг сумын төвөөс баруун хойш 32 км-т Эрэнгийн голын баруун талд, Дуут-гол, Цагаан-Шарын гол, Нарийны гол ба Хустын голуудын сав газрыг бүхэлд нь багтаасан 90 км² бүхий талбайг эзлэн оршино. Солбицол: 50°07'12", 102°26'04" (Зураг 2). 1942 онд Эрэн голын сав газарт анх Оросын 37 дугаар анги алтны шороон ордын судалгааны ажлын гүйцэтгэлээр үйлдвэрлэлийн бус агуулгатай Эрэнгийн шороон илрэлийг илрүүлсэн бөгөөд 1942 онд С.Н.Алексейчикийн удирдсан геологийн анги Нарийн голын эхэнд 1:100,000 масштабын хайгуулын ажил хийсэн. Уг ажлаар алтны үйлдвэрлэлийн бус ач холбогдолтой

сарнилийн хүрээ илрүүлсэн байдаг. 1983 онд Тэшигийн районд Монголын геологийн зураглалын экспедици 1:1,500,000 масштабын урьдчилсан геологийн ажил явуулсан. Энэ хүдрийн илрэлийг “Эрэн” гэж нэрлэсэн. Хожим нь “Эм энд Даймонд” ХХК-ийнхан 1997 оноос Тавт хэмээн нэрлэх болсон.

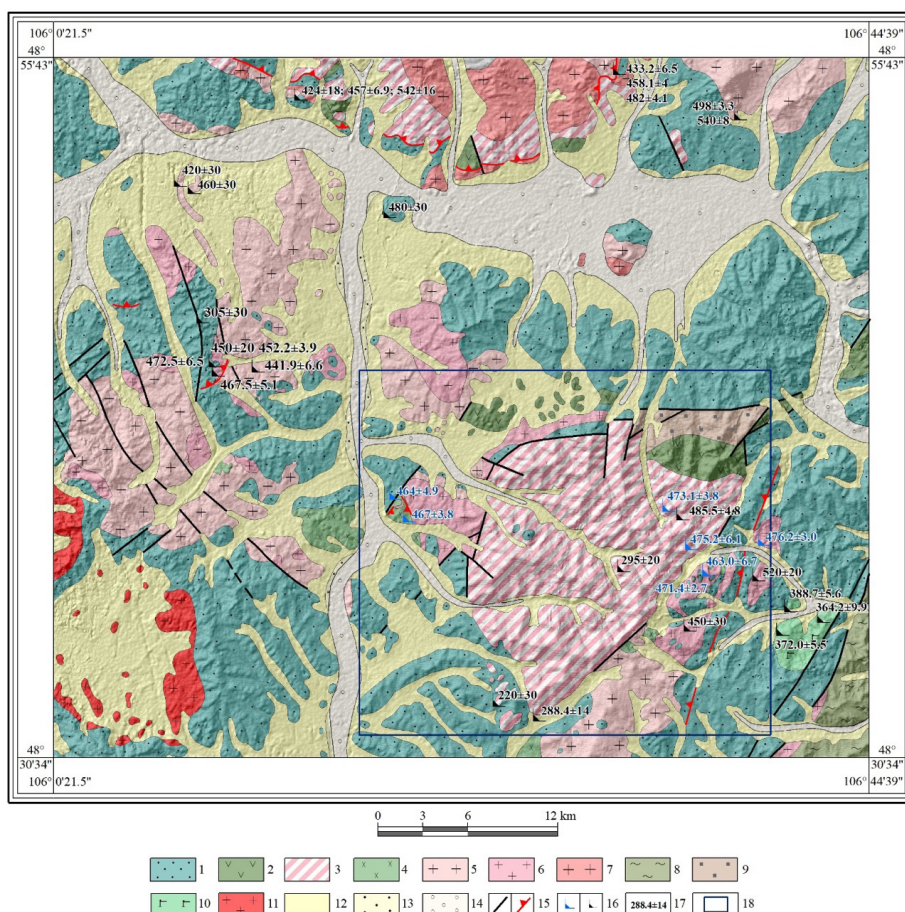
Тус орд нь Монгол, Оросын хоорондох хилийг дамнан байрлах Зэдийн бүсэд (Badarch *et al.*, 2002) хамаарна. Зэдийн бүсийн Оросын хэсэг нь баруун хойш чиглэлтэй региональ хагарлын бүсийн дагуу нарийн зурвас үүсгэнэ. Хагарлын бүсийн баруун хэсэг нь плагиигранит-тоналит-диоритоос тогтсон асар том талбайтай. Зэд бүсийн Монголын тал нь Оросын талаас (Gordienko *et al.*, 2007) хамаагүй том газар нутгийг эзэлдэг. Тавтын ордын хэмжээнд эдиакари-доод кембрийн Бадарынгол, доод кембрийн Бүргэлт формацуудын вулканоген, карбонат-терриген хурдсууд мөн түрүү палеозойн Зэд, хожуу палеозойн Сэлэнгэ, хожуу палеозой-түрүү мезозойн Орхон бүрдлүүд тархсан байдаг



Зураг 2. Тавтын ордын геологийн зураг (Oyungerel, 2020).

(Зураг 2). Тавтын хүдрийн талбайн нутаг дэвсгэрт эрлийн ажлын үр дүнд ойролцоогоор 100 орчим кварцын судал 22 км² талбайд илрүүлэгдсэнээс ихэнхи нь баруун хойшоо чиглэлтэй 10 бүсэд хуваагдана. Бүсүүдийн урт 1.5-7 км, өргөн нь 100-500 м хүрнэ. Судлын урт 100 м-ээс 400-600 м, заримдаа 1800 м хүрэх бөгөөд зузаан нь ихэвчлэн 0.5-1.2 м-ээс хүртэл 4-8 м-ийн хооронд хэлбэлзэнэ. Ихэнхи

судлуудын сунал 310°-320° бөгөөд эгц буюу баруун урагшаа 10°-70° уналтай байна. Дээр дурьдсан судлын 10 бүсээс 1, 2, 3, 4-р бүсүүдийг уулын малталтаар, үүнээс 1, 3-р бүсүүдийг (Зураг 2) уулын өрөмдлөгийн ажлаар нарийвчлан судалсан бөгөөд бусад бүсүүдийг геологийн зураглалын маршрутаар гадаргуу дээр нь мөрдөн судалсан байна. Үүнээс харьцангуй сайн судлагдсан нь 1 ба 3-р бүсүүд юм.

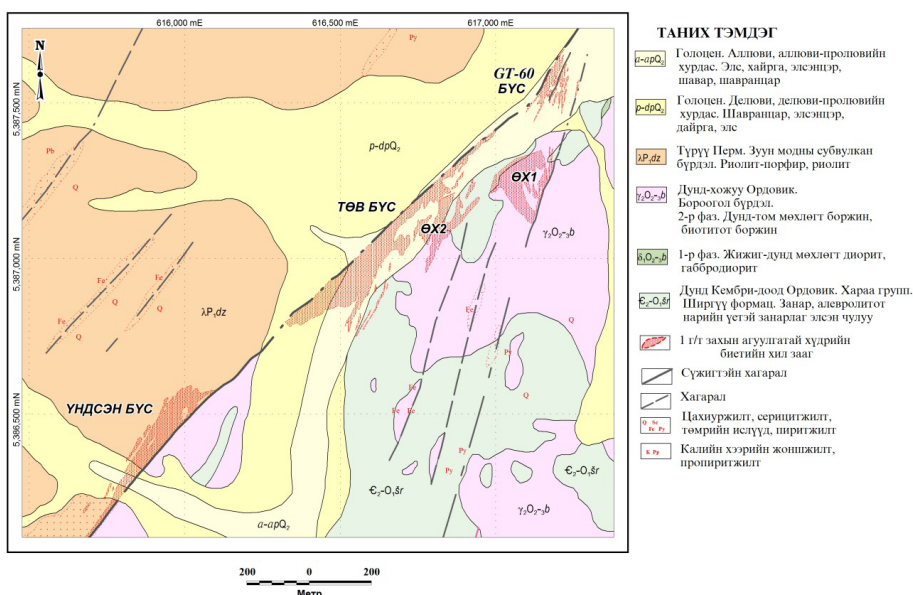


Зураг 3. Бороо-Зуунмодны талбайн геологийн зураг. 1 Дунд-дээд кембрийн Хараа групп, метаэлсэнчулуу, металавролит, занар; 2 Доод ордовикын Улаан-Өндөр формац, риолит, дацит, андезит порфирит, тэдгээрийн туф; 3 Түрүү ордовикын Зуунмодны субвулкан бүрдэл, риолит, риолит порфир; 4-6 Дунд-хожуу ордовикын Бороогол бүрдэл; 4 Түрүү фаз-габбро, диорит, 5 Гол фаз-гранодиорит, гранит, 6 Хожуу фаз-гранит, лейкогранит; 7 Хожуу ордовик-түрүү силурийн (?) гранит, 8 Дунд ордовик-доод силурийн Мандал группийн метаморф хурдас; 9 Доод-дунд девоны Ажнай формацын элсэнчулуу, гравелит, конгломерат; 10 Дунд-хожуу девоны габбронорит; 11 Хожуу триас-түрүү юрын шүлтлэг гранит, 12-14 Дөрөвдөгчийн сэвсгэр хурдас; 12 Аллюви, 13 Деллюви, 14 Аллюви-пролюви; 15 Хагарал: а-энгийн хагарал, б-тохрол; 16 Сорьцлолт: а-энэ судалгааны, б-өмнөх судалгааны; 17 Үнэмлэхүй насны үр дүн; 18 Судалгааны талбай (Oyungerel, 2018).

3.2 Хангай-Хэнтийн металлогений их мужийн Хойд Хэнтийн металлогений бүсэд байрлах Зуунмодны хүдрийн дүүргийн Гацуурт, Харганат, Эрээн, Билүүт, Сүжигтэй, Улаанбулаг ордууд

Хойд Хэнтийн алтны металлогений бүсийн дагуу хийгдсэн геологи-хайгуулын ажлын үр дүнгээс үзэхэд Зуун Модны хүдрийн дүүрэг нь геологи болон алтны үндсэн хүдэржилт, ирээдүйд эдийн засгийн талаасаа нилээд сонирхолтой, ач холбогдолтой талбай юм. Энд Гацуурт, Харганат, Эрээн, Билүүт, Сүжигтэй, Улаанбулаг ордуудаас гадна олон илрэл, эрдэсжсэн цэгүүд тогтоогдсон (Зураг 3) (Baasandolgor et al., 2013).

Гацууртын орд Сэлэнгэ аймгийн Мандал сумын нутагт, Улаанбаатар хотоос хойш 90 км-т орших Гацууртын алтны үндсэн ордыг 1998 онд Монгол, Орос, Америкийн геологчдын хамтын хүчээр анх нээн илрүүлсэн билээ. Гацууртын алтны ордын талбай нь үндсэндээ БУ-ЭХ диагональ чиглэлд дайран өнгөрөх Сүжигтэйн хагарлаар зааглагдсан 2 блокт хуваагдах бөгөөд зүүн-өмнөд хэсэгт нь доод палеозойн хурдас, чулуулаг (Хараа группын Ширгүү формацын хурдас, Бороогол бүрдлийн боржинлог), баруун-хойд хэсэгт дээд палеозойн вулканит (Зуун модны массивын хүчиллэг эффузив болон вулканоген-тунамал хурдас) илэрдэг (Зураг 4).



Зураг 4. Гацууртын ордын геологийн зураг

Гацууртын ордын хувьд Сүжигтэйн хагарал нь маш чухал үүрэгтэй. Энэ хагарал нь Ерөө голын гүний хагарлын үргэлжлэл бөгөөд зүүн хойшоо, ихэвчлэн 40° суналтай, босоо уналтай ба цөөн тохиолдолд зүүн урагшаа 85° байдаг.

Гацууртын ордын хэмжээнд серицитжих, цахиржих, калийн хээрийн жонших, пропититжих, карбонатжих 5 төрлийн хувирал ялгагддаг. Эхний 3 хувирал нь алтны хүдэржилттэй холбоотой, сүүлчийн хоёр хувирал алтжилтад нөлөө үзүүлэхгүй, хүдрийн биетийн

захын хувирал юм.

Гацууртын ордын алтны хүдэржилт нь 3 үндсэн төрөлтэй.

1. *Алт-сульфидийн* (Ан цав болон сарнимал байдлаар үүссэн сульфидийн судланцрууд). Төв ба Үндсэн бүсийн аль алинд нь пирит болон зүүлэг хэлбэртэй арсенопирит үндсэн сульфидүүд болно.
2. *Алт агуулсан цахиржсан бүсийн төрөл*. Гацууртын ордын алтны хүдэржилтийн үндсэн төрөл болох боржинд агуулагдах

цахиржсан бүсүүд дэх сульфид болон алт нь тархалт, хэлбэр хэмжээ, эрдэсжилтээрээ ялгаатай байна. Сульфидын эрдсээр халькопирит, стибнит, галенит, сфалерит зэрэг тогтоогддог.

3. *Кварцын судлын төрөл.* Кварцийн судлууд хэдэн см-ээс 2 метр хүртэл өргөнтэй тохиолдох ба ихэнхдээ хувирмал элсэн чулуут зүсэн гарч ирсэн ан цавын дүүргэлтийн судал, судланцар, брекчи төрхийн судлууд байдаг. Судлууд нь бага сульфидтэй ба ихэнхдээ нүдэнд харагдах том ширхэгт алт агуулдаг.

Ордын эдийн засгийн ашигтай нөөц нь исэлдсэн хүдэрт 1.346 г/тн, анхдагч хүдэрт 1.412 г/тн алтны захын агуулгатай 17,138,538 тн хүдэрт 50,036.03 кг алт, харин тодорхой нөхцөлд үр ашигтай нөөц нь исэлдсэн хүдэрт 1.346 г/тн, анхдагч хүдэрт 1.412 г/тн алтны захын агуулгатай 10,659,268 тн хүдэрт 26,157.79 кг алт, урьдчилан үнэлсэн баялаг (P_1) зэргээр 130,428 тн хүдэрт 251.73 кг алт агуулагдаж байна.

Сүжигтэйн ордыг анх 1913 онд Т.И. Сидельников нээсэн ба 1914-1919 онд Монголор нийгэмлэг хайгуул хийж ашиглалт хийн 187 кг алт олборложээ. Энэ орд нь Бороо голын гүний бүрдлийн боржин дотор Сүжигтэйн хагарлын бүс дагуу ЗХ сунасан, 0.1-1.0 м зузаан, 170 м хүртэлх урт, кварцын хэд хэдэн судлаас бүрдэнэ. Энэ орд дээр 1965-1966 онд А. Кампе хайгуул хийж алтны дундаж агуулгыг 10 г/тн, нөөцийг В, С зэргээр 2918 кг гэж тогтоожээ.

Эрээний орд нь субвулкан, шигтгээлэг риолитын биет дотор хагарлын бүсэд үүссэн эрдэсжсэн бүс ба 0.3 м зузаан, 100 м урт кварцын судлуудаас бүрдэх бөгөөд алтны агуулга 19.2 г/тн. 1915-1919 онд Монголор нийгэмлэг ашиглалт хийж 100-иад кг алт авсан мэдээ байдаг. 1934 онд П.М. Никитин ордын нөөцийг С зэргээр 217 кг гэж тооцсон ба 1948 онд Н.Е. Невзоров, 1959 онд А.И. Попов нар ордын нөөцийг дахин тодруулсан байна. 2005 оноос хойш Монгол-Их Британийн хамтарсан хөрөнгө оруулалттай “Зуун

мод уул” компани нь Эрээний ордод хайгуулын ажил хийн 2.1 г/тн дундаж агуулгатай, 17.7 тн алтны нөөц тогтоосон гэсэн мэдээ бий.

Харганатын ордыг 1916-1917 онд Монголор нийгэмлэг ашиглаж байсан ба орд нь шигтгээлэг риолит дахь 0.1-0.2 м зузаан, ЗХ сунасан, дөрвөн судлаас бүрдэнэ. П.М. Никитин (1934) алтны дундаж агуулгыг 20.3 г/тн гэж дурьдаад ордын нөөцийг 160 кг, харин Б.В. Колокольников нөөцийг 97 кг гэж үнэлсэн байна.

Улаанбулагийн орд. 2000 онд Бороо голын баруун тал руу орсон 2 жижиг жалганаас авсан урсгал сарнилын сорьцонд алтны гажил агуулга илэрсэн. Улаанбулагийн орд нь геологийн тогтоцын хувьд нийлмэл бөгөөд талбайн төвийн хэсгээр тархсан Ширгүү формацийн элсэн чулуу нь Улаанбулагийн хагарлын дээд хэсэгт, Бороогол бүрдлийн III фазын дунд-том ширхэгт, шигтгээлэг, 2 хээрийн жоншит боржин дотор өргөргийн дагуу сунаж тогтсон үлдэгдэл биетийг үүсгэжээ. Филлик хувирлын бүсэд алт нь сарнимал байдлаар орших бөгөөд нүдэнд харагдах нь маш ховор байдаг. Эрдэслэг бүрэлдэхүүн нь алт, пирит, арсенопирит, халькопирит, пирротин, сфалерит, гандмал хүдэр болон галенит зэргээс тогтох бөгөөд алт, пирит, арсенопиритээс бусад нь зөвхөн аншлифт ажиглагддаг. Улаанбулагийн ордын эдийн засгийн үр ашигтай нөөц исэлдсэн хүдэрт 0.65 г/тн, хагас исэлдсэн хүдэрт 0.75 г/тн, анхдагч хүдэрт 0.92 г/тн алтны захын агуулгатай 3284.5 мян.т хүдэрт 4243.9 кг алт, тодорхой нөхцөлд үр ашигтай нөөц нь 0.54 г/тн дундаж агуулгатай 2147.3 мян.т хүдэрт 1150.3 кг алт агуулагдаж байна.

3.3 Өмнөд Монголын металлогений их муж Өлзийтийн металлогенийн бүсэд байрлах Олон-Овоотын алтны бүлэг ордууд

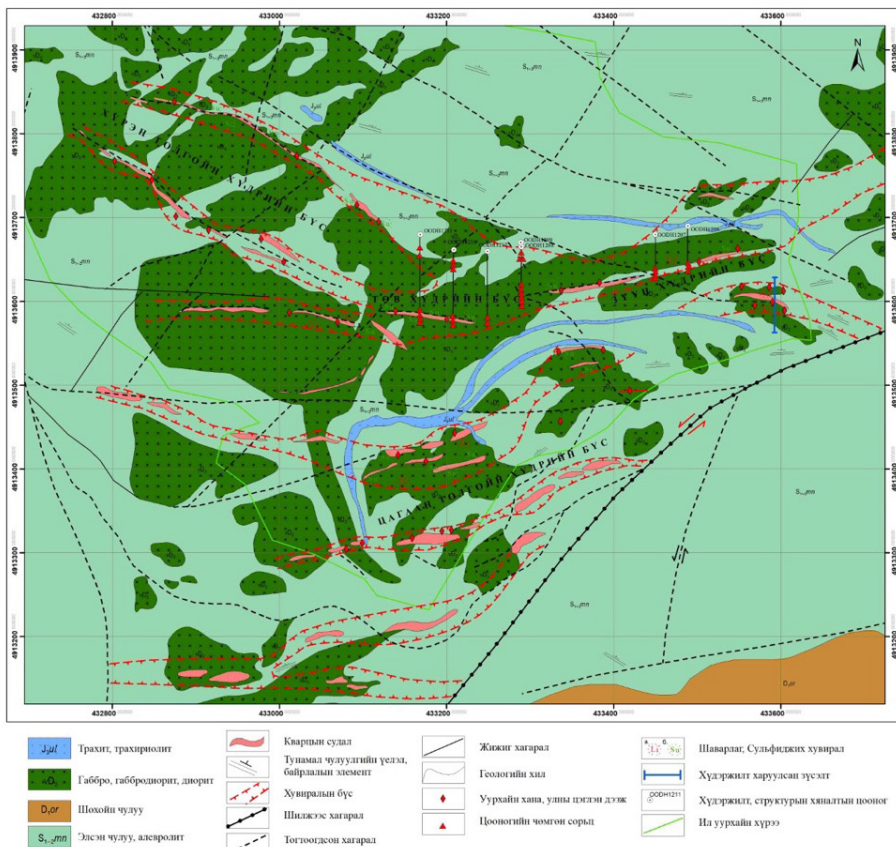
Олон-Овоотын алтны үндсэн орд түүний хүдрийн биетүүд нь баруун хойшоо сунаж силюрын настай Мандал-Овоо формацийн хлорит-серицитэт занар, алевролит, элсэн чулуу бүхий тунамал хурдсыг зүсэж тогтсон дунд девоны силл хэлбэртэй, серицит, карбонат, аргиллитжилт, сульфиджих

хувиралд орсон диорит, габбродиорит чулуулгууд зүссэн кварцын судал, судланцар бүхий хувирлын бүсэд агуулагддаг (Зураг 5) (Чулуун, 1993). 1992 онд JICA-гаас хүдэржилттэй холбоотой интрузивын насыг К-Аг-ны судалгаагаар түрүү Пермийн настай гэж гаргасан байдаг (Oyungerel *et al.*, 2017). Алтны хүдэржилтийг 3 төрөлд ангилсан.

1. Шитгээлэг хүдэржилт нь гранитоид, габбродиорит дотор үүссэн алт, пирит, халькопиритийн хүдэржилттэй.
2. Кварцын судлын хүдэржилт нь цагаан шаргал өнгөтэй төмрийн усан исэлд автагдсан кварцын босоо судалд зарим хэсэгт нүдэнд үзэгдэх алтны хайрс болон тоосонцор мөхлөгүүд агуулагдсан байдаг. Голчлон галенит, халькопиритид нүдэнд үл үзэгдэх

алт эвшил үүсгэх ба дагалдах байдлаар пирит, халькозин, ковеллин болон магнетит, гематит, пирхотит, гринокит (CdS) зэрэг эрдсүүд тогтоогдсон.

3. Кварц-карбонатын (анкеритын) судлын хүдэржилт нь дээрх 2 үндсэн хүдэржилтээс орон зайн хувьд завсрын шинжийг үзүүлэх ба хожуу үе шатыг илэрхийлэх ба пирит, халькопиритийн эрдэсжилт хамт дагаж үүссэн байна. Алтны агуулга харилцан адилгүй илрэх ба шитгээлэг хүдэрт 62.3г/тн хүртэл, кварцын судлын хүдэрт 374 г/тн тус тус тогтоогдсон (Oyungerel *et al.*, 2017). Ц.Баярсайхан нар 2005 онд анх Олон-Овоотын алтны нөөцийг 18.5 тн гэж тооцоолсон (Oyungerel *et al.*, 2018).

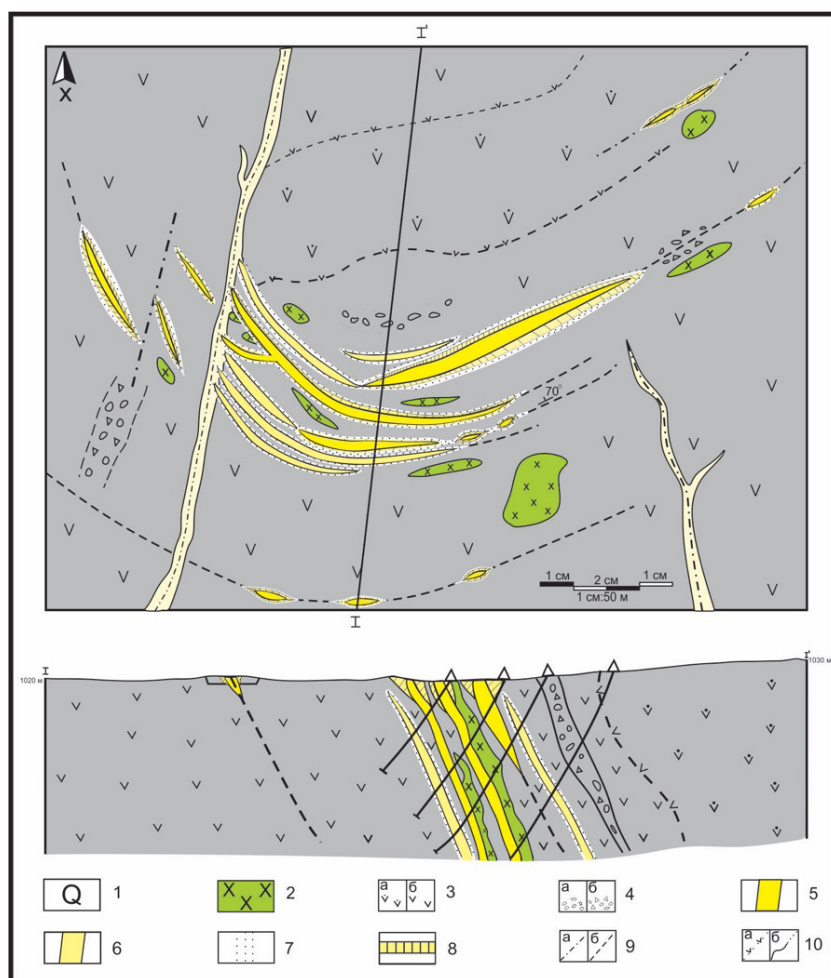


Зураг 5. Олон-Овоотын ордын геологийн зураг (Oyungerel *et al.*, 2017, 2018).

3.4 Өмнөд Монголын металлогений их мужийн Хармагтай-Хөнгөөт-Оюут Улааны металлогений бүсэд байрлах Өндөрнаран орд

Дорноговь аймгийн Сайхандулаан сумын нутагт байр зүйн зургийн L-49-112, L-49-124 хавтгайг дамнан байрлана. Сайншанд төмөр замын өртөөнөөс баруун урд 50 км, сумын төвөөс зүүн урд 45 км зайд Хоёр модны хөндийд оршино. Ордын хүдрийн талбайд 2005 оноос эхлэн эрлийн ажлууд хийгдэж геохимийн анхдагч сарнилын хүрээгээр алтны хүдэржилттэй талбай болохыг тогтоожээ (Айвенхоу Майнз Монголия Инк). Сүүлийн жилүүдэд “Фрийгүүд” компаний (2009-2015) хийсэн геофизикийн соронзон,

цахилгаан хайгуулын ажлын (Batkhishig & Dambadarjaa, 2011) үр дүнд үндэслэн уул-өрмийн аргаар хайгуулын нэвтрэлтийг хийж алтны ($B+C=12.4$ тн) нөөцтэй орд (Tamir et al., 2012; 2015) болохыг тогтоосон. Өндөрнаран алтны ордын хүдрийн талбайг хамарсан 12000 га талбайд 1:25000 масштабын зураг, 8000 га талбайд 1:10000 масштабтай геологийн зураг, 1х1.5 км талбайд 1:1000 масштабтай геологийн зургууд зохиогдож улмаар 30х40 ба 40х50 м нягтралтай тороор суваг болон баганат өрөмдлөгийн аргаар хайгуулын нэвтрэлт хийж алтны нөөц, баялаг ордын хүдрийн талбайд хэтийн төлвийн үнэлгээ өгсөн (Tamir et al., 2012) байдаг.



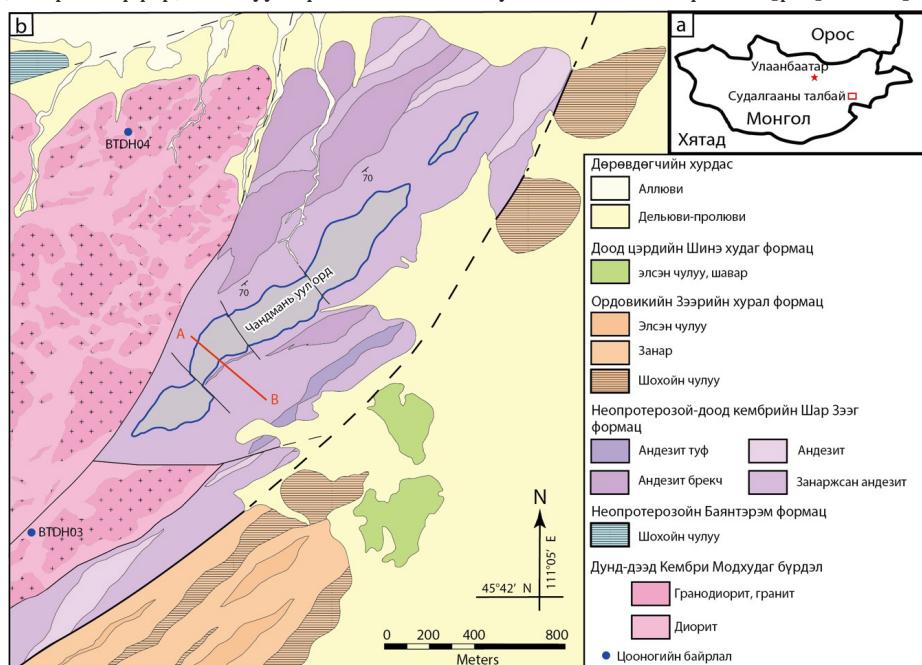
Зураг 6. Өндөрнаран ордын геологийн зураг (Tamir et al., 2019).

Өндөрнاران, Улаан, Цацын булаг, Гашуун хар, Жавхлант, Төгрөг зэрэг алтны судал болон эрдэсжсэн бүс үүсгэсэн гуч орчим км үргэлжилсэн зүүн хойноос баруун урагш чиглэсэн хагарлаар хянагдсан “Өндөрнاران хүдрийн талбай”-г шинээр (Tamir *et al.*, 2019) ялгасан. Ордын геологийн тогтоц нь андезит, андезидацит ба нийцлэг байрласан диоритын дэл судлын биетүүд тэдгээрийн ан цав, бутралын бүсээр байрласан кварц-карбонатын судлуудаас бүрдэнэ. Ордын хувирлын бүс доторх хүдрийн биетүүд нь зэрэгцээ байрласан шугаман хэлбэртэй штокверк маягийн судал, судланцар хэлбэртэй. Хүдрийн биетүүд нь зүүн хойноос баруун дараа нь баруун хойш чиглэлээр нумарсан хагарлыг дагасан хувирлын бүс дотор оршдог. Хүдрийн биетүүд зүүн хойшоо 60-80 хэмийн уналтай, хүдэржилт цаашид уналын дагуу үргэлжлэнэ. Бүс доторх алтны эрдэсжилт жигд бус тархалттай. Хайгуулын ажлаар алтны 0.4 г/тн-ийн захын агуулгаар үйлдвэрлэлийн дөрвөн (4) том, хэд хэдэн жижиг хүдрийн биетийг ялгасан ба тэдгээр биетийн хооронд (0.01-ээс 0.2 г/тн) сул хүдэржсэн хэсгүүд бий (Зураг 6). 1-сэвсгэр хурдас, 2-хожуу карбоны диорит, диорит порфир, 3-хожуу карбоныандезит

порфир(а), андезит, дацитандезитууд (б), 4-хожуу карбоны андезитын туф лаав (а), туф брекчи (б), 5-гадаргууд ил байрласан хүдрийн биет, 6-далд байрласан хүдрийн биет, 7-гидротермаль метасоматоз зарим хувирлууд: березит (а), пропилитжилт (б), 8-гиперген гаралтай аргиллитжиж хувирсан, исэлдсэн хүдэр, 9-хагарал: хүдрийн биетэд хөндлөн чиглэлтэй (а), хүдэр болон кварц-карбонатын судал, хувирлын бүс агуулсан (б), 10- чулуулгийн хил зааг: андезит, андезит порфирын (а), хүдрийн биетийн тодорхой ба тасалдалтай б).

3.5 Төв-Дорнод Монголын металлогений их мужийн Өмнөд Хэрлэн-Буянтын металлогений бүсэд Чандмань Уулын хүдрийн зангилаанд байрлах Чандмань Уулын орд

Чандмань -Уулын орд нь Дорноговь аймгийн Дэлгэрэх сумын нутагт байрлах бөгөөд эрт үед олборлолтонд өртөж байсан ул мөртэй. 1939 онд Иванов А.Т., нар геологи-гидрогеологийн зураглалаар анх тэмдэглэсэн ба олон судлаачид янз бүрийн цаг хугацаанд эмх замбараагүй судалж байсан ч дорвитой үр дүн олоогүй байсан.



Зураг 7. Чандмань Уул ордын геологийн зураг (Oyunjargal *et al.*, 2020).

Бөмбөрөө Г., нар /1990/ 1:200000 ГЗЕЭА-н үед судалгааны материалыг нь нэгтгэн дүгнээд 3х7 км хэмжээтэй талбайг сонгон нарийвчилсан эрэл хийсэн. “Засаг Чандмань” ХХК 2008 онд 1:2000 масштабын соронзон хайгуул хийсэн ба гадаргууд хоорондоо 27-95 м-ийн зайтай суваг нэвтэрч, гүний хэсэгт хайгуулын шугам хоорондоо 38-89 м зайтай, цооног хоорондоо 28-138 м зайтай нийт 26 цооног нэвтрэлт хийжээ (Dejidmaa *et al.*, 2020).

Монголын голч хагарлын бүсэд оршдог учраас геологийн тогтоц нь маш нийлмэл. Зарим судлаачдын неопротерозой-доод кембрид, зарим нь дээд силур-доод девонд хамруулсан вулканоген-карбонат-терриген хурдас, түүнийг зүссэн гранитын заагт 2.5 км урт үргэлжилсэн, 100-300 м өргөнтэй магнетит-гематитын хүдэржилттэй бүс байршсан (Зураг 7). Төмрийн хүдрийн биетүүдийн үндсэн гарш нь Чандмань Уул, түүний хажуугийн толгодын орой хэсгээр илрэх ба толгодын хажуу хормойгоор түүний хэмхдэсүүд тархсан. Нэг цооногт магнетит 66-78.5м, 95.8-102.8 м-т огтлогдсон бол өөр нэг цооногт 31.3-58.5 м, 75.8-78.6 м, 88.9-107.2 м-т огтлогдсон, төмрийн нийт агуулга нь 51.71-62.51%. Аншлифт магнетит, гематит, мушкетовит, хааяа сфалерит, галенит, пирит, халькопирит, төмрийн усан ислүүд тогтоогдсон. Скарны гаралтай магнетитын хүдэржилт дээр хожмын гидротермаль гаралтай сульфидын хүдэржилт давхцажээ. Бөмбөрөө нар /1990/ 200 м хүртэл гүнд төмрийн хүдрийн таамаг баялгийг 212.5 сая тонн гэж таамаглаж байсан. 2008 оны хайгуулаар гадарга дээр ил гарсан хүдрийн 10 биет дээр 21-96 м гүнд нөөц тооцоолсон. Хүдрийн 1, 2, 3, 4, 7, 10-р биетүүд харьцангуй том, 5, 6, 8, 9-р биетүүд дунд зэргийн хэмжээтэй. Гол эрдэс нь магнетит, бага хэмжээгээр гематит, төмрийн усан ислүүд, зэсийн сульфидүүдтэй. Нөөцийн хүрээнд орсон хүдрийн биетүүдэд төмрийн агуулга 11.9-66%-д хэлбэлздэг, зэсийн агуулга-0.13-7.97% боловч маш жигд бус тархсан. Хүхрийн дундаж агуулга-0.59%, фосфор-0.06%. ЭБМЗ-н хуралдаанаас захын агуулгыг 20%-р авч,

төмрийн “В” зэргээр 2983630.1 тн, “С” зэргээр 1533090.8 тн, зэсийн “В” зэргийн 7504.8 тн нөөцийг бүртгэхийг санал болгосон.

Өмнөд Монгол дахь Чандмань Уул ордыг төмрийн скарн төрлийн орд хэмээн үзэж байсныг Чандмань Уул гематитын ТИЗА төрлийн ордод ангилсан (Оюунжаргал *et al.*, 2020). Чандмань Уул орд нь потассик, эпидотжилт, болон серицит-хлоритжилтын хувирлын бүсүүдтэй, хүдэржилтийн хожуу үе шатанд кальцит болон кварцын судланцарууд хөгжсөн байдаг. Хүдрийн эрдсүүдээс мушкетовит, магнетитын хэд хэдэн төрөл, халькопирит болон пирит тохиолдоно. $\delta^{18}\text{O}$ нь бүх төрлийн магнетитад $-5.9 - 2.8$ ‰, кварцад $10.5 - 14.9$ ‰, эпидотуудад $3.6 - 6.6$ ‰ тус тус тогтоогдож магнетит-кварцын хослолоор хүдэр үүслийн температур нь ойролцоогоор 300°C . Бүх төрлийн магнетитуудын усны утга нь 300°C -д 2-оос 10‰ байдаг (Оюунжаргал *et al.*, 2020).

4. Алтны химийн найрлагын судалгаа

Алтны үндсэн ордуудаас өнгөлсөн хүдрийн дээжийг бэлтгэж, ойсон гэрлийн микроскопоор судалж, ялгахад хүндрэлтэй хүдрийн эрдсүүдийн эвшил, структур, текстурын онцлогийг тогтоож, хүдрийн эрдсүүдийн ялангуяа алтны химийн найрлагыг ЕРМА-багажаар тогтоосон (Хүснэгт 1). Алтны үндсэн ордуудын хүдрийн эрдэслэг бүрэлдэхүүнүүдийг товчхон авч үзвэл: Тавтын ордын судлуудын хүдрийн эрдэслэг бүрэлдэхүүн нэлээд нийлмэл байдаг. Хүдрийн эрдсүүд нь халькопирит, борнит, алт, теннантит, халькозин, ковеллин, сарнисан байдлаар пирит, галенит, сфалерит, мөнгө, гёссит, зэс, ховроор аргентит, пирротиноос тогтдог (Оюунгэрэл, 2020). Тавтын ордын ЕРМА-ийн шинжилгээг анх 1990 онд 3-р судлын бүсийн дээжин дээр Бүх Оросын Шинжлэх Ухааны Судалгааны Хүрээлэнд оросын геологчид хийсэн. Энэ судалгаагаар алт нь ихэвчлэн электрумын (Au 61.09%, Ag 37.64%) найрлагатай бөгөөд Bi (0.57%) ба Te (0.21%)-ын дундаж агуулгатайг тодорхойлсон байдаг (Хүснэгт 1). SEM-ын тусламжтайгаар гёссит

дотор жижигхэн ромбододекаэдрийн нэлээн гажсан алтны талст байгааг тогтоосон (Tsend-Ayush & Buldakov, 1998). Үүний дараагаар Өмнөд Солонгос Улсын Сөүлийн Үндэсний Их Сургуульд хийгдсэн ЕРМА шинжилгээгээр алт нь электрумын найрлагатай байгааг Хүснэгт 1-д үзүүлэв (Oyungerel, 2020). Түүнчлэн үүнд: Bi, Cu, Fe, As хольц байдлаар байна. Элементийн корроляцийн хувьд аваад үзвэл Au-Ag-Cu-Te-As-Bi эвшилийг үүсгэдэг. Мөнгөний хольцоос болоод алт нь цайвар шар өнгөтэй болж, гэрлийн ойлт нь нэмэгддэг.

Өмнөд Солонгос Улсын Солонгосын Суурь Шинжлэх Ухааны хүрээлэнгийн ЕРМА багаж болон SEM-EDX багажуудыг ашиглан хийгдсэн шинжилгээгээр Гацууртын ордын алт нь 81.997-88.951%-ийн алтны сорьц өндөртэй алт агуулсан байна (Oyungerel *et al.*, 2018) (Хүснэгт 1).

Өмнөд Монголын металлогений их мужийн Өлзийтийн металлогенийн бүсэд байрлах Олон Овоотын алтны бүлэг ордуудын болон Хармагтай-Хөнгөөт-Оюут Улааны металлогений бүсэд байрлах Өндөрнараннын ордын алтны агуулга өндөр хувьтай байна.

Олон-Овоотын ордод Японы Кюшү Их Сургуулийн JEOL JXA8530F FE-ЕРМА багажийг ашиглан хийсэн алтны химийн найрлагын шинжилгээгээр алт нь 95.4-97.9%-ийн алтны агуулга сорьц өндөртэй алттай байна (Хүснэгт 1) (Oyungerel *et al.*, 2017). Өндөрнаран ордын алт агуулсан хүдэр нь эрдсийн найрлагын хувьд харьцангуй энгийн бөгөөд хүдэр бүрдүүлэгч гол эрдэс нь пирит, арсенопирит, халькопирит, алт юм. Алтны химийн найрлагыг судлаад үзвэл алтны агуулга 95% буюу нэлээд өндөр алтны сорьцтой байна (Хүснэгт 1) (Tамиr, 2019). Ихэнхи алтны ордуудад ялангуяа ороген ордуудад мышьяк ба алтны агуулга эерэг хамаарал үзүүлдэг ба эрдэслэг бүрэлдэхүүнд нь арсенопирит нь пириттэй эвшил үүсгэдэг (Oyungerel *et al.*, 2017). Монгол орны ороген алтны ордууд гэж үзэж буй Бороо, Зуун модны хүдрийн дүүргийн алтны ордууд нь арсенопирит, пириттэй эвшил үүсгэсэн байдаг. Гэтэл Олон-Овоотын бүлэг

ордод арсенопирит минераграфийн болон ЕРМА судалгаагаар тогтоогдоогүй ч пирит болон алтанд мышьякийн агуулга тогтоогдсон байна. Дэлхий дахинд мышьяк агуулсан пириттэй холбоотой алтны хүдэржилт тогтоогдож байна. Эндээс үзэхэд Өндөрнаран, Олон-Овоотын алтны орд дээр энэ байдал ажиглагдаж байна.

Түүнчлэн пиритийн талстын энгийн дүрстэй алтны хүдэржилтийг холбож тайлбарлах шаардлага гарч байна. Пиритийн талстын энгийн дүрс ромбодокаэдр, пентагондодекаэдр, тригонтриоктаэдр талстууд бидний судалгааны явцад алтжилттай тай холбоотой байгааг харж болно. Зуунмодны хүдрийн дүүргийн алтны ордуудын пиритүүд нь пентагондодекаэдр хэлбэртэй байдаг бол Олон-Овоотод ромбодокаэдр хэлбэртэй пирит байна (Oyungerel *et al.*, 2017).

Гацуурт, Тавт, Өндөрнаран, Олон-Овоот алтны ордуудын хүдрийн минераграфийн болон ЕРМА-ийн судалгааны үр дүнгээс харахад алтны химийн найрлагын хувьд Тавтын ордын алт нь электрумын найрлагатай, бусад ордуудын хувьд алтны химийн найрлага 88-99.3%-ийн хооронд хэлбэлзэж, харин Чандмань Уул ордод зөвхөн химийн шинжилгээгээр алт нь илэрдэг (Хүснэгт 1). Үүнээс үзэхэд Тавтын алтны ордын хувьд алтны эрдсийн эрдэслэг бүрэлдэхүүн нэлээд нийлмэл бөгөөд Au-Ag-Cu-ийн хүдэржилтээрээ бусад ордуудаасаа ялгарч байгааг харж болно.

5. Хүдрийн ордуудын үүслийн механизм

Энэхүү өгүүлэгт дээр дурьдсан алтны ордуудын флюид ормын микротермометрийн судалгааны болон хүхрийн изотопын судалгааны үр дүнгүүдийг нэгтгэн харуулж байна.

Хүснэгт 1. Алтны ордуудын алтны химийн найрлагын шинжилгээний үр дүн (жин. %).

Ордууд	Au	Ag	Te	Bi	Cu	Fe	S	As	Sb	Zn
Тавтын орд TV-3b-7	62.28	27.09		0.52	0.91	3.13	0.03	0.04		
Тавтын орд 11 хэмжилтийн дундажаар	61.09	37.64	0.21	0.57						
Гацуурт GT-461	81.997-84.946	15.094- 15.976			0.058- 2.052	0.003- 0.664	0.145- 0.431	0.007- 0.025		0.004- 0.289
Гацуурт GT-293	88.066-88.951	10.348- 10.995	0.008- 0.024	0.471- 0.577	0.024- 0.118	0.075	0.135- 0.172	0.015- 0.075	0.011- 0.02	0.075
Шигтгээлэг хүдэржилт	95.4-99.3	1.8-2.5			0.2	0.2-0.3	0.2			
Кварцын Олон судлын Овоот хүдэржилт	97.2-97.9	2.7-2.9			0.2	0.1	0.1	0.1		0.1
Кварц- карбонатын хүдэржилт	96.1-96.5	2.5-2.8			0.2	0.1-0.2	0.1			
Өндөрнаран	95							5		
Чандмань Уул	Зөвхөн химийн шинжилгээгээр илэрдэг									

5.1 Флюид ормын судалгаа

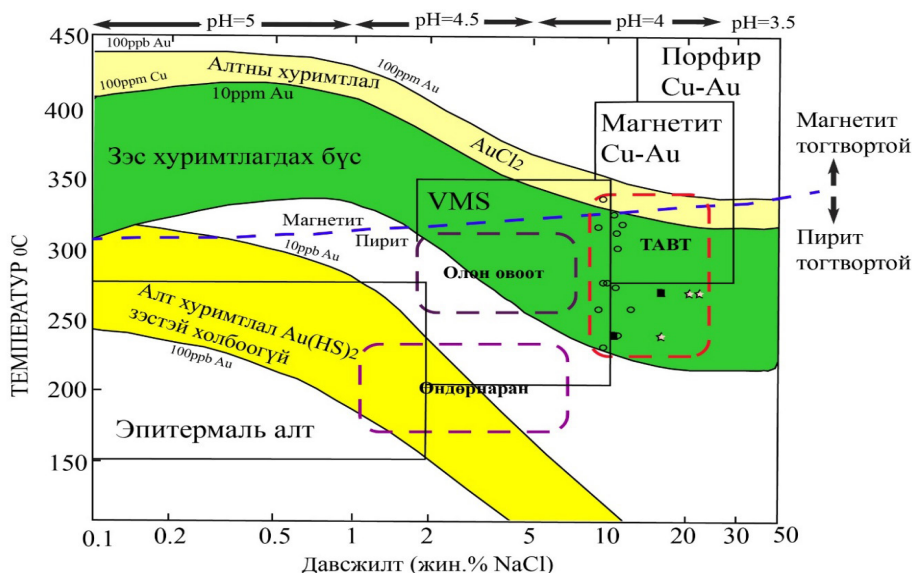
Алтны ордын хүдэр агуулсан уусмалын эх үүсвэр, хүдэржилтийн орчин нөхцөл, гарал үүслийг нь тодорхойлох зорилгоор кварцын судлуудын кварцын дээжинд флюид ормын судалгаануудыг хийсэн. Тус судалгааг Японы Кюшү Их Сургуулийн болон Өмнөд Солонгос Улсын Сөүлийн Үндэсний Их Сургуулийн Ашигт малтмалын лабораториудад тус тус дээжийг бэлтгэн, хоёр талаас нь өнгөлсөн (зузаан нь <1 мм) пластинкийг бэлтгэн, стандарт микроскопоор судалсан. Флюид ормын микротермометрийн судалгааг нимгэн пластинк ялтас дээр USGS хийн урсгалтай халаалт, хөлдөлтийн систем бүхий багажийг ашиглан хийсэн (Poty *et al.*, 1976). Linkam TH-600RMS флюид ормын судалгааны комплекс багажаар флюид ормыг 500х дахин өсгөж, 600°C хүртэл халааж гомогенжүүлэх аргаар судалгааг явуулсан.

Ашигт малтмалын ордууд, ялангуяа гидротермаль хүдрийн ордууд флюид ормынхоо онцлогоор, хүдэр агуулагч уусмал өөр хоорондоо ялгаатай байдаг талаар Roedder (1984), Wilkinson (2001) нар бүтээлдээ дурьдсан байдаг. Монгол орны

алтны ордууд болох Тавтын орд, Зуун мод-Бороогийн хүдрийн дүүргийн зарим ордууд болон Олон-Овоотын алтны бүлэг ордууд, Өндөрнаран алтны ордуудад хийгдсэн хүдэр үүсгэгч уусмал дахь давсжилт ба температурын харьцааг диаграмм дээр (Huston & Large, 1989; Davidson & Large, 1994; Wilkinson, 2001) буулган авч үзсэн (Зураг 8).

Монгол орны сайн судлагдсан алтны ордуудын ормын судалгааны харьцуулалтыг хүснэгт 2-ээс үзэхэд эдгээр алтны ордуудад дөрвөн төрлийн флюид ормууд тогтоогдсон: хий-шингэн, шингэн-хийн 2 фазтай ором, CO₂ хий агуулсан, хий-шингэн-хатуу фазтай ормууд буюу дөрвөн төрлийн флюид ормууд тогтоогдсон. Ордуудын кварцын судлын гомогенжилтийн температур 183°C-ээс 362°C-ийн хооронд байна. Эдгээр харьцуулалтуудаас үзэхэд Тавтын ордод хийн CO₂ ба шингэн CO₂ агуулсан ормууд нь ховор байгаа нь Монголын ороген алтны ордуудаас ялгаатай болох нь харагдаж байна. Мөн давсжилт нь харьцангуй өндөр байгааг зааж байна. Тавтын орд нь зэс хуримтлагдах бүсийн пирит тогтвортой байх хязгаарт бүсийн хэмжээнд, уусмалын pH=4.05-3.6 хооронд байгаа нь бусад алтны

ордуудаас илүү хүчиллэг уусмалтай холбоотой алтны ордуудтай харьцуулахад алтнаас гадна үүссэнийг харуулж байна. Тавтын орд нь бусад мөнгө, зэсийн агуулга ихтэй орд юм.



Зураг 8. Монгол орны алтны зарим ордуудын кварцын судлууд дахь флюид ормын температур болон давсжилтийн диаграмм, Davidson & Large (1994)

Хүснэгт 2. Монгол орны сайн судлагдсан алтны ордуудын ормын судалгааны харьцуулалт

Орд	Ормын төрлүүд	Гомогенжилтийн температур	Давсжилт жин. %	Ашигласан материал
Бороо №6	(I) CO ₂ -хийгээр баян ором, (II) хий-шингэний ором	(I) 317-362°C; (II) 237-305°C	(I) 3-6 жин. % (II) 3.6-5.4 жин. %	Dejidmaa, 2012; Khishgee, 2015; Tамиr, 2019
Олон-Овоот	CO ₂ агуулсан ором, хий-шингэн хоёр фазтай ормууд pH=4.5-4.15	280-290°C, 300-310°C;	2-7.8 жин. %	Oyungerel <i>et al.</i> , 2018),
Өндөр наран	Хий-шингэний хоёр фазтай ормууд pH=4.7-4.12	335-308°C, 231-190°C 187-183°C Үндсэн бүс: I -194-327°C , II- 194 -282°C, III – 208- 240°C; Төв бүс: I- 289-355°C, II-254-292°C	1.7-6.7 жин. %	Tамиr, 2019
Гацуурт	(I) CO ₂ -хийгээр баян ором, (II) хий-шингэний ором (III) хий-шингэн-хатуу (галит) гурван фазтай ором		7.6 жин. %	Makoto, 2012; Khishgee, 2015; Yeongmin <i>et al.</i> , 2020
Тавт	Хий-шингэний хоёр фазтай ормууд, хийгээр баян шингэн-хийн хоёр фазтай ормууд, хий-шингэн-хатуу (галит) гурван фазтай ором зэрэг ормууд давамгайлж, харин CO ₂ агуулсан ормууд ховор юм. pH=4.05-3.6 буюу хүчиллэг орчин болно.	200-332°C	Өндөр давсжилттай 6.5~22.0 жин. %;	Oyungerel, 2020

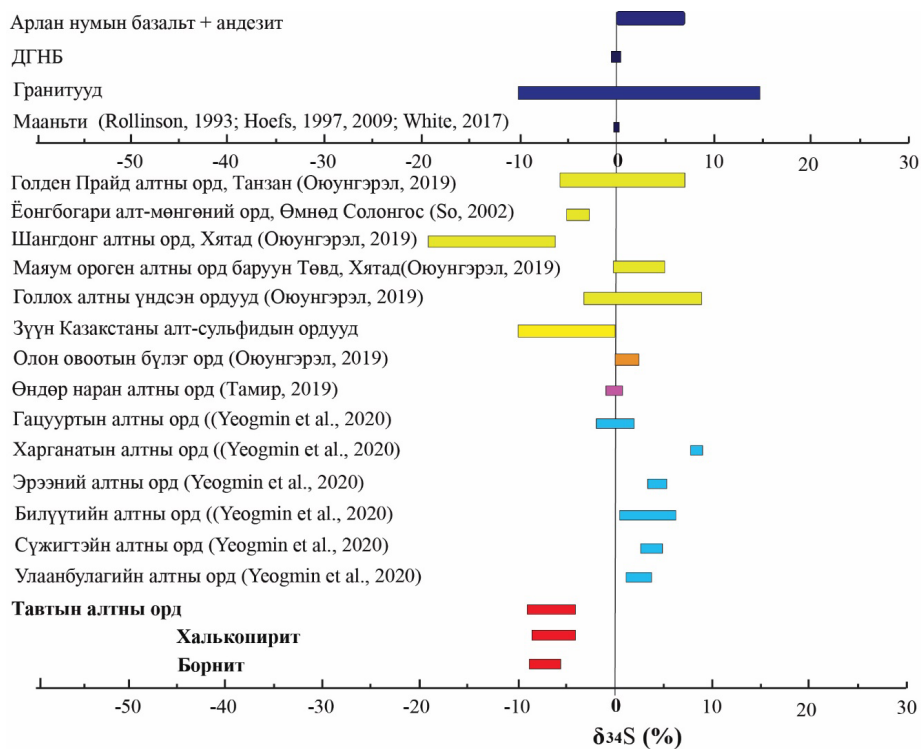
5.2. Хүхрийн изотопын судалгаа

Кварцын судлаас халькопирит, пирит, ковеллин болон борнит зэрэг сульфидийн бүлгийн эрдсүүдийг энэхүү судалгаанд зориулан түүж авсан.

Энэ судалгаан дахь бүх сульфидуудын хүхрийн изотопыг элементийн анализатор Isoprime-EA (Euro EA)-тэй үргэлжилсэн урсгалын горимоор нь холбосон, тогтвортой изотопын харьцааны масс спектрометр (Isoprime, OPTIMA EA software version 1.67; GV, Manchester, UK)-ээр хүхрийнх нь изотопоор хэмжиж авсан. Хүхэр нь магм, тунамал, хувирмал чулуулагтай холбоотой хүдрийн ордод сульфид байдлаар ангижирсан

хэлбэртэй оршдог ажээ. Энэ шалтгааны улмаас S-ийн изотопын найрлага ялангуяа сульфидийн хүдрийн ордын судалгаанд маш хэрэгтэй байдаг. Хүхрийн изотопын утгыг хүхрийн изотопын судалгаа харьцангуй сайн хийгдсэн Тавтын орд, Зуун модны хүдрийн дүүргийн Гацуурт, Харганат, Эрээн, Билүүт, Сүжигтэй, Улаанбулаг ордууд, Олон Овоотын алтны бүлэг ордууд, Өндөрнаран ордод хийгдсэн үр дүнгүүдийг харьцуулан үзсэн (Зураг 9).

Дээрх алтны ордуудаас Тавтын алтны орд дахь $\delta^{34}\text{S}$ ын утгын хэлбэлзэх хязгаар бусад Монголын алтны ордуудаас өөр бага утгыг зааж байгаа нь гарал үүслийн хувьд өөр ороген алтны ордуудаас ялгаатай болохыг зураг 9-өөс харж болно.



Зураг 9. Монголын алтны ордуудын сульфидийн дээжүүд дэх хүхрийн ($\delta^{34}\text{S}$) изотопын хэлбэлзлийг бусад алтны ордууд болон чулуулгуудтай харьцуулсан диаграмм

6. Хэлэлцүүлэг

Янз бүрийн хүдрийн олон гидротермаль орд дундлагаас хүчиллэг магмын-гаралтай

чулуулагтай орон зай болон цаг хугацааны хувьд нягт холбоотой байдаг ажээ. Ishihara (1977)-гийн магнетит, ильменитийн эгнээний ангилал нь гранитоидын хувьд өндөр үр дүнтэй ангиллын схем юм. Энэ схемд гранитоидууд нь магнетит

агуулсан бол магнетит эгнээ, магнетитгүй бол ильменитийн эгнээнд ангилагдана (Ishihara, 1977). fO_2 -ийн ялгаатай байдлаас үүдэлтэй метал ба хүхрийн үйл ажиллагааны конвекцийн үр дүнд магнетитийн эгнээний гранитоидууд Cu, Pb-Zn, Mo-ны сульфидийн эрдэсжилттэй, харин ильменитийн эгнээний гранитоидууд нь Sn, W эрдэсжилттэй холбоотой байдаг. Шеелитийн эрдэсжилт нь мөн магнетитийн эгнээний гранитоидтой холбоотой байдаг. W нь хоёр эгнээтэй хоёулантай нь холбоотой боловч харьцангуй буурсан исэлдэлтийн төлөвтэй дундлаг гранитоидод хамгийн сайн хөгжсөн. Магнетит, ильменитийн эгнээний ангилал металоогенийн тайлбар хийх боломжийг олгодог. Blevin & Chappell (1992, 1995) нар гранитоидын химийн найрлага, эх үүсвэр ба эрчимтэй хувьсагч исэлдэлтийн төлөв ба эрдэсжилтийн эвшил хүдрийн элементийн бөөгнөрлийн хоорондын холбоог судалж үзсэн. Зэс-алтны хүдэржилт бүхий гранитоидийн хамрах хүрээ илүү суурилаг, W нь дундлаг найрлагын эгнээтэй эвшил үүсгэсэн ба Mo ($\pm$ W) ба Sn ($\pm$ W) хүчиллэг ялгарсан гранитоидтой холбоотой хандлага ажиглагддаг. Үүнээс гадна “Инtruзивтай холбоотой алтны ордууд” (Thompson *et al.*, 1999) -ийн гишүүн гэж үзэж болох ордуудыг гранитоид чулуулгийн металоогенийн схемийн хаана нийцэж байгааг ойлгохын тулд харьцуулж үздэг (Phillip, 2004). Инtruзивтэй холбоотой алтны ордыг дотор нь исэлдсэн болон ангижирсан гэж авч үзэх бөгөөд ангижирсан алтны ордод Cu-ийн агуулга бага, W-тай эвшил үүсгэдэг, бага сульфидтай. Ихэвчлэн ангижирсан ильменитын серийн гранитоидууд (Ishihara, 1981) байдаг. Ангижирсан инtruзивтэй холбоотой алтны ордын жишээ бол “Dublin Gulch” болон “Ford Knox” зэрэг олон ордууд хамаардаг (Craig, 2000). Ангижирсан инtruзивтэй холбоотой алтны ордын хүдрийн биетийн хэлбэр нь янз бүр байж болдог скарн, судал, сарнисан, штокверк, түрэлтийн, брекч маягийн байж болох онцлогуудыг хүснэгтээс харна уу (Хүснэгт 4). Исэлдсэн инtruзивтэй холбоотой ордуудад эпитеpmаль, скарн, Au-аар

баян порфирийн ордуудыг оруулж авч үздэг боловч инtruзив чулуулагт агуулагдсан алт, зэстэй судлын төрлийн орд байх боломжтой тул бусад инtruзивтэй холбоотой үүсдэг алтны ордуудтай харьцуулан хүснэгтлэж оруулаа (Хүснэгт 4). Энэ нь илүү суурилаг, исэлдсэн, магнетитын эгнээний инtruзив чулуулагтай холбоотой гэж үзэж байна. Инtruзивтэй холбоотой алтны судлын ордууд үүсдэг ба эдгээр нь өөр хоорондоо модел загварын хувьд жаахан ялгаатай байдаг. Иймээс тухайн ордын бүс нутгийн геологийн тогтцыг сайтар судлах нь чухал байдаг.

Алтны ордуудын хүдрийн уусмалын эх үүсвэр ба хүдэр үүссэн үе шатуудад түүний найрлагын хувьсал, хамаарлыг хүдрийн эрдсийн химийн болон тогтвортой изотопын судалгаагаар, мөн хүдэржилтийн орчин нөхцөл, гарал үүслийг тодруулахын тулд кварц дахь уусмалын төлөв бүтэц тэдгээрийн гомогенжих температур, уусмал дахь давсны агуулга зэргийг флюид ормын микротермометрийн судалгаа дээр үндэслэн дүгнэлт өгч, бусад инtruзивтэй холбоотой алтны ордуудын хүдэржилтийн геохимийн онцлог шинжүүдтэй хэрхэн дүйж байгааг харьцуулаа (Хүснэгт 3-4).

Магм дахь шингэний уусамтгай байдал CO_2 -ээс бага байдаг. Талсжиж байгаа хайлмалаас ялгардаг хамгийн эхний уусмал CO_2 -оор баян байдаг ч тэдгээр нь талсжих явц үргэлжлэхийн хэрээр улам л усаар-баян найрлагатай болж хувьсдаг байна. Энэ уусмал мэдэгдэхүйц хэмжээний хлор, хүхэр агуулдаг. CO_2 -тэйгээс ус-давамгайлсан бол уусмалын найрлага өөрчлөгдөх байдал нилээд хурдтай явагддаг. Тийм учраас энэ уусмал анхандаа их хэмжээний метал уусгаж чадахаар байгаагүй ч уусмал дахь усны эзлэх хувь хэмжээ нэмэгдэхийн хэрээр энэ байдал өөрчлөгдөнө (Robb, 2005). Ерөнхийдөө системийг аваад үзэхэд гидротермаль уусмал хөрөөд давсжилт нь ихсэх тусам нүүрсхүчлийн хий бага оролцож, Au-аас гадна Bi, Cu, As, Pb, Zn, Sb зэрэг металлууд ихэсдэг (Robb, 2005), (Maloof *et al.*, 2001) (Хүснэгт 3-4).

Монгол оронд харьцангуй сайн судлагдсан,

Бороо № 6 (Dejidmaa, 2012; Khishgee, 2015; Tamir, 2019), ашиглаж байгаа Олон Овоотын (Oyungerel *et al.*, 2017, 2018), Өндөрнараран (Tamir, 2019), Чандмань Уул (Oyunjargal *et al.*, 2019) болон Зуунмодны хүдрийн дүүргийн Гацуурт, Сүжигтэй, Эрээний алтны (Khishgee, 2015; Yeongmin *et al.*, 2020) ордуудтай геологи-минералогийн ба хүдэр үүссэн орчноор харьцуулж дараах хүснэгтээр (Хүснэгт 3-4) үзүүлээ. Зарим судлаачдын үзэж байгаагаар хүдрийн эрдсүүд химийн найрлагын судалгааг сайн хийснээр хүдрийн эрдсийн найрлага дээр нь үндэслэн хүдэр үүсгэгч уусмалын эх үүсвэрийг тодорхойлох боломжтой болсон. Тухайлбал гандмал хүдрийн найрлага дээр үндэслэн теннантиттай бол магмын гидротермаль уусмалаас үүсэлтэй, тетраэдриттэй бол метаморф уусмалаас үүсэлтэй (Staude *et al.*, 2010) гэж үзсэн. Энэ судалгааг монгол оронд судлагдсан зарим алтны ордууд дээр ашиглахад таарч байна гэж үзэж байна. Тухайлбал: Зуунмодны хүдрийн дүүрэгт тархсан алтны ордуудын хүдрийн эрдэст тетраэдрит, мөн бусад хүдрийн эрдсүүд болох арсенопирит, пирит тархалттай байдаг. Энд тархсан алтны ордуудад хийгдсэн флюид ормын болон хүхрийн изотопын судалгаагаар судлаачид (Khishgee, 2015; Yeongmin *et al.*, 2020) гарал үүслийн хувьд метаморф уусмалаас үүссэн гэж тодорхойлсон байдаг. Харин Тавтын ордын хувьд теннантит байгаа нь магмын уусмалаас үүссэн орд байж болохыг харуулж байна (хүснэгт 4). Тус ордод арсенопирит агуулагддаггүй, учир As нь теннантитийн найрлаганд орсон байдагтай холбоотой юм.

Интрузивтэй холбоотой алтны ордуудыг дотор нь ороген, ангижирсан интрузивтэй холбоотой үүссэн судлын орд, исэлдсэн интрузивтэй холбоотой үүссэн судлын орд, алтны порфир орд, төмрийн исэл-зэс-алтны ордуудыг геологи-минералог, флюид ором, изотопын найрлагаараа хэрхэн ялгагдаж байгааг хүснэгтэд 4-д харууллаа.

7. Дүгнэлт

Монгол орны ороген алтны ордууд гэж үзэж буй Бороо, Зуун модны хүдрийн дүүргийн алтны ордууд нь арсенопирит, пириттэй эвшил үүсгэсэн байдаг ба Олон-Овоотын бүлэг ордод арсенопирит минераграфийн болон ЕРМА судалгаагаар тогтоогдоогүй ч пирит болон алтанд мышьякийн агуулга тогтоогдсон. Пиритийн талстын энгийн дүрс ромбодекаэдр, пентагондодекаэдр, тригонтриоктаэдр талстууд бидний судалгааны явцад алтжилттай холбоотой ба Зуунмодны хүдрийн дүүргийн алтны ордуудын пиритүүд нь пентагондодекаэдр хэлбэртэй байдаг бол Олон-Овоотод ромбодекаэдр хэлбэртэй пирит байна, харин Тавтын ордын алт нь ромбодекаэдр хэлбэртэй байдаг. Гацуурт, Тавт, Өндөрнараран, Олон-Овоот алтны ордуудын хүдрийн минераграфийн болон ЕРМА-ийн судалгааны үр дүнгээс харахад алтны химийн найрлагын хувьд Тавтын ордын алт нь электрумын найрлагатай, бусад ордуудын хувьд алтны химийн найрлага 88-99.3%-ийн хооронд хэлбэлзэж, харин Чандмань Уул ордод зөвхөн химийн шинжилгээгээр алт нь илэрдэг.

Флюид ормын болон хүхрийн изотопын судалгаануудаас харахад Тавтын ордод хийн CO₂ ба шингэн CO₂ агуулсан ормууд нь ховор, давсжилт нь харьцангуй өндөр, δ³⁴S ын сөрөг байгаа нь Зуун модны хүдрийн дүүргийн Гацуурт, Харганат, Эрээн, Билүүт, Сүжигтэй, Улаанбулаг ордууд, Олон Овоотын алтны бүлэг ордууд, Өндөрнараран ордуудаас гарал үүслийн хувьд өөр болохыг харуулж байна.

Хүснэгт 3. Монгол орны зарим алтны ордуудын геологи, хүдэржилт үүссэн орчны харьцуулалт

Орд	Ноог	Элсэлтийн эвшилүүд	Хүдрийн эргүүд	Хүдрийн бистийн морфологи	Орны структур	Агуулг чумуулг	Хүдэржилтэй холбоотой нйгууц	Хүдрийн эх үүсвэр	Даралт- Температурын нохцлууд	Хувираа	Нас сн-жила	Ашигласн материал
Тавт	7.8 г/тн 5601.6 кг Ал: 36.2 г/ тн 25.834.3 кг Аг: 1.21 % 8675.3 тн Cu	Au, Bi, Te, Cu, As (Au, Ag, Sb, Pb, Zn)	Халькопирит, борит, алт, тениангит, халькозин, ковеллин, пирит, галенит, сфалерит, мөнгө, гессит, зэс	Кварцын судал	Баруун хошпо өрөөртөийн болон уурлагийн дагуух халарууд	Габбро, диорит, гранодиорит, плагитгранит	Кембрийн Зад бурдлаж хүдрийн эхтэй, пермийн Сэлэнгэ бүрдлийн түрэлгээр хүдэржилт нь идэвхсэн	$\delta^{34}\text{S}$ ийн утга (-8.6‰ ~ -3.6‰) мтмын Өцөр давсжилт	200-332°C, <125 бар, <1.5км, Өцөр давсжилт	Филитийн (Серцитжилт ба хоритжилт) Дэд Кембри Илант-мусковит	1.Итриуан У-Рб Дунд- Дэд Кембри 2.Мусковит Түрүү Перм	Oyungeel, 2020
Бороо №6	-	Au, As	Алт, пирит, арсенопирит	Эрдэсжсэн бүс (судал)	Тохроа халарал	Элсэж, Алсиролит, мета- элсэж	Диорит, мигродиорит	Гидротемаль ²	(I) CO ₂ -хийгээр бант ором 317- 362°C, 3-6 жин % ; (II) хий-шингэн ором, 237-305°C, Давсжилт NaCl 3.6-5.4 жин %	Метасоматоз (Берингитжилт)	Ar/Ar 186.2±1.6	Dejdnal, 2012; Kishigee, 2015; Tamir, 2019
Олон- Овоот	18.5 тн шигтгээлэг хүдэрт 63.2 г/тн кварцын судал 374 г/тн	Au, As	пирит Алт, пирит, арсенопирит	шигтгээлэг Кварцын судал	Халарын бүс	Завир, Алсиролит, элсэн чулуу	Диорит, табродиорит	Матмн $\delta^{34}\text{S}$ изотопын утга 0.1‰-2.4‰ Давсжилт NaCl 8.2-+11% хооронд $\delta^{34}\text{S}$ С изотопын утга -5.7-аас -7.6	280-290°C, 300-310°C; Давсжилт NaCl 2-7.8 жин %	Серцитжилт, архалитжилт, пиритжилт, цэцэржилт	Хүдэржилтэй холбоотой итриуэвн нас түрүү перм K-Ar 2005; Dorligav et al., 1991	Oyungeel et al., 2017, 2018; Bayarsaikhan et al., 2005;
Өндөр наран	12.4 тн	Au, As	Алт, пирит, арсенопирит	Эрдэсжсэн бүс (судал)	Нуман мөнгийн салбар халарал	Алсэит, андсэит-дагит, андсэит порфир	Диорит, дворит порфир	Матмн -1-0.6	335-308°C, 231-183°C	Берингитжилт, кварц-карбонатын метасоматит	Хүдэржилтэй холбоотой итриуэвн нас 303.5±5.3 /U-Pb/ Ar/Ar 178	Tamir, 2019
Гашуурт	50,036 тн	Au, As, Ag Te, Sb, Pb, Fe	Алт, пирит, арсенопирит Алт, пирит, арсенопирит, халькопирит, атимонит, сфалерит, галенит, тетраэдрит пирит, арсенопирит, халькопирит, галенит, алт, алт, тетраэдрит	Сумардэжсэн бүс Цамуражсан бүс	Сунягтэйн халарал- босоо уналтай	Боржин, элснчулуу, диорит, риолит	-	Метаморф $\delta^{34}\text{S}$ -2.6 to 17.2 $\delta^{34}\text{S}$ 14.7 to 17.7	Давсжилт NaCl 7.6‰the Yдсэн бүс: I -194-327°C, II- 194 -282°C, III – 208- 240°C; Төв бүс: I- 289-355°C, II-254-292°C	Цамуражилт, калий хэрийн жоншинал, серцитжилт, хоритжилт, карбонитжилт	Ar/Ar 178	Basandolgor et al. 2013; Kishigee, 2015; Yongmin et al, 2020

Сүжиг тэй	2.9 тн	Au, As	пирит, арсенопирит, алт. гальцит, халькопирит, сфалерит, тетраэдр	Кварцын судал	Сүжигтэй хачраал- босоо уналтай	Риолит	-	Метаморф $\square^{34}\text{S}$ 2.7, $\square^{36}\text{S}$ 7.2-оос 15.5	-	Цамууржилт, серцитжилт, калийн хээрийн жоншжилт	-	Yeungmin et al, 2020
Эрэвч	14.08 тн	Au, As	пирит, арсенопирит, алт. гальцит, халькопирит, сфалерит, малахит, азурит, тетраэдр	Кварцын судал	Тохроа хачраал	Риолит	-	Метаморф $\square^{34}\text{S}$ 4.2-ээс 4.4 $\square^{36}\text{S}$ 7.7-оос 16	-	Цамууржилт, серцитжилт, калийн хээрийн жоншжилт	-	Yeungmin et al, 2020
Чандмань Уул ТНЗА (IOCG)	Fe-25000 тн, Cu-1000 тн, Au-3 тн	Fe, Cu, Au	Мунгетонит, магнетит, багт зэргийн халькопирит, пирит	Линзэлж	Хачраамын бүс	Андезит, андезит туур, хуирсан андезит	Диорит, гранодиорит, гранит	Матман ус нь хур тунадасны устай холигдсон (магнетитууд $\square^{59}$ — 2.8 ‰, кварц 10.5—14.9 ‰, эпидот 3.6—6.6 ‰)	Кварц- магнетитын хослолоор тодорхойлсон температур ~300°C	Серцитжилт, серцит- хоритжилт, жидогтжилт, потассик	Кембрийн гранитоидуудтай холбоотой үүссэн	Ounjangal et al, 2020

Хүснэгт 4. Интрузивтэй холбоотой алтны ордуудын онцлог шинж, харьцуулалт

Ордын төрөл	Ороген алтны ордын онцлог	Ангижирсан интрузивтэй холбоотой алтны ордын онцлог	Исэлдсэн интрузивтэй холбоотой Au-Ag-Cu-ийн судлын ордын онцлог ТАВТ	Порфирын алтны ордын онцлог	Төмрийн исэл-зэс-алтны ордын онцлог
Металууд	Au, Ag, Bi, Te, W, Mo, As (Sb, Sn, Pb, Cu)	Au, Bi, Te, W, Mo, As (Sb, Sn, Ag, Pb, Zn)	Au, Bi, Te, Cu, As (Au, Ag, Cu±Pb, Zn)	Au, Cu, Ag, Mo±Bi-Te-Re	Fe, Cu, Au, ± U, REE, Co, Ni, Zn, Pb, Ag, P, S
Хүдрийн эрдсүүд	Тетраэдрит, Стибнит, галенит, халькопирит, пирит-арсенопирит	Пирит, пирротин, арсенопирит, шеслит, висмутинит, молибденит, халькопирит, сфалерит, галенит, касситерит, теллуридовисмутин	Халькопирит, борнит, алт, теннантит, халькозин, ковеллин, жижиг сарнисан байдлаар пирит, галенит, сфалерит, мөнгө, гёссит, зэс, ховроор аргентит, пирротин	Их сульфидтэй, исэлдсэн Халькопирит, борнит, халькозин, ковеллин, молибденит, шеслит, вольфрамит, касситерит	Магнетит, гематит, халькопирит, пирит, борнит, халькозин, сфалерит, галенит
Хувирал	Кварц-серцитийн хувирал; КХН-х, Промитжит	-Хээрийн жонш (Na>K), Филлик, Карбонатжит	Филлитжих (Серцитжит ба хлоритжит) Иллит-мусковит	K (±Na) цахиураг хувирал; голлон филлитжих (фенгит) арталлитжих ба эрчимтэй арталлитжих хувиралтай	серцитжит, серцит-хлоритжит, эпидотжит, потассик
Хүдрийн биетийн хэлбэр	Хавтгайлаг, хавтанлаг, заримдаа ганц үргэжилсэн кварцын судал, судлуудын сүлжээ, судлууд, бутралын бүсийн дагуух парамел судлууд	-Интрузив дотор агуулагдсан хуудсархаг судлууд, үелсэн, брекчи, штокверк, хавтгайлаг судал, сарнисан	Интрузив дотор агуулагдсан кварцын судлууд	Штокверк ба жижиг судланцарууд	Линзэлэг, судал, брекчилэг
Магм	Агуулагч нь ямар ч чулуулал байж болно.	Дундлагаас хүчиллэг (Гранодиоритоос гранит хүртэл)-I төрлийн (царцдасын оролцоотой) шүтлэгдүү интрузив. - Магнетит-Ильменитийн этнээний хил заагт (Lang and Baker, 2001)	I-төрөл, Габбро, габбродиорит, диориттэй (гранодиорит) холбоотой	Исэлдсэн I-төрөл, өндөр Fe-ийн агуулгатай Төрөл: суурилаг дундлаг найрлагатай порфирлог текстуртэй диорит, кварц моноклит интрузивтэй холбоотой Вулкан-паутон бүс, Шохойлог-шүтлэгээс шүтлэг	Суурилагаас хүчиллэг найрлагатай гранитоидууд шохойлог-шүтлэгээс шүтлэг, I болон A төрлийн гранитоидууд.
Хүлэржилтийн нас	Архей-Түрүү Протерозойн ногоон чулууны бүслүүрийн болон Панерозойн	Фанерозойн (Кембрийн өмнөх-Архейн) дунд Цэрд	Хожуу палеозой Түрүү Перм	Ихэнхидээ <75сая.жи	Неоархейгаас Плейстоцен хүртлэх

Тектоник орчин	Тектоникийн ноёрх структуруудад байрладаг; Кратонууд Ороген ба колизийн бүсэд оршдог	-Эх газрын захын нум Орогены сүүдэс эсвэл пост колизийн тогтоцод үүснэ. Шүтлэг, хөнгөнцагаанаар дунд зэрэг ханасан шохойлог- шүтлэг ба хөнгөнцагаанаар хэт ханасан нэг үед үүссэн эх газрын магматизм агуулсан конвергент хил заагт	Эх газрын захын нумын тогтоцтой Шүтлэг, хөнгөнцагаанаар дунд зэрэг ханасан шохойлог- шүтлэг ба хөнгөнцагаанаар хэт ханасан нэг үед үүссэн эх газрын магматизм агуулсан	Ан-аар баян Си-Ал-ны порфир орд нь эх газрын нумтай холбоотой	Эх газрын нум болон нумын хойд хотгор
Хүдрийн уусмалын найрлага	2-10 жин.% давсжилттай, CO ₂ ихтэй ором; CH ₄ , N ₂ саармаг рН исэлдэлтийн зэрэг хүчтэй, өөр биш хувирмал чулуулагт агуулагдсанаасаа магмын, хувирмал, хурдас тунадасны уснаас үүсэлтэй байж болно.	Хүдрийн уусмалын найрлага: CO ₂ -ээр баян, <10 жин.% давсжилттай, CO ₂ -H ₂ O 10-40 жин.% NaCl энэ нь магмын гарал үүсэлтэйг заана (Baker, 2002).	Өндөр давсжилттай 6.5 ~22.0 жин.%; хий-шингэн хоёр фазтай ормууд, хийгээр баян шингэн- хийн хоёр фазтай ормууд, хий- шингэн-хатуу гурван фазтай ором зэрэг ормууд давамгайлж, харин CO ₂ агуулсан ормууд ховор юм. рН=4.05-3.6 буюу илүү хүчлэлэг уусмал болно.	Өндөр давсжилттай (зарим уусмал нь >35 жин.%) усан, CO ₂ бага	Өндөр давсжилттай (15-50 жин.% NaCl eq.) CO ₂ агуулсан ором ихэнхдээ их байх боловч зарим ордуудад бага байдаг
Хүдэр үүслийн T _v	250-450°C	Өндөр температурт үүснэ (>350 °C)	200-332°C	300-700°C	100-500°C
Хүдэр үүслийн P	1-5 кбар	0.3-аас 3.5 кбар (e.g. Baker & Lang, 2001; Mair, 2004), 4-6 км (1-8 км) C.J.R. Hartl and R.J. Goldfarb (5-9 км; Baker and Lang, 2001; Mair et al., 2006a).	<125 бар <1.5 км	0.5 кбар 2 км-т 1-10 км	- Эрнест Хэдри >6 км, байхад Ла Канделариад <3 км
Хүдэр үүсэх гүн	3-10 км (2-20 км)				
Жийшээ ордууд	Golden Mile-Yilgarn Craton W Australian, Sigma-Lanaque- Canada, Мурунтай, Кумтор, Олимпиада, Сухой лог (Ridley & Diamond, 2000) Khishgee, 2015; Oyungere et al., 2017, 2018, 2019; Tamir, 2019	Fort Кнох, Dublin Gulch, Timbaga, Pogo, Tintina алтны бүслүүр, Аляска-Юйкон (James & Timothy, 2001)	Тавтын орд, Монгол (Oyungere, 2020)	Cadia Hill, Australia (Holliday et al., 2002), Shotgun (Mose) Tintina алтны бүслүүр Аляска-Юйкон (James & Timothy, 2001)	Чандмань Уул ТИЗА (Oyungere et al., 2020)

Ишлэл

- Baasandolgor, L., Altanzul, Ch., Burentogs, J., Ulziibayar, J., Usna-Eh, Ts., Batbaatar, S., Mongolmaa, G., 2013. Report on the results of the exploration work carried out in 1998-2010 in the Gatsuurt gold deposit in the Mandal Sum, Selenge Province. "Logex" LLC. Ulaanbaatar.
- Blevin, P. L., Chappell, B. W., 1992. The role of magmasources, oxidation states and fractionation in determining the granitoid metallogeny of eastern Australia. *Trans.Roy. Soc. Edinburgh: Earth Sci.* 83: 305–316.
- Blevin, P. L., Chappell, B. W., 1995. Chemistry, origin and evolution of mineralised granitoids in the Lachlan Fold Belt, Australia; the metallogeny of I- and S-type granitoids. *Economic Geology*, 90: 1604–1619.
- Davidson, G. J., Large, R. R., 1994. Gold metallogeny and the copper-gold association of the Australian Proterozoic. *Mineralium Deposita*, 29: 208-223.
- Dorligjav, I., Baasandorj, Sh., Enkhtuvshin, H., 1993. Report on the results of the 1:50000 scale survey of Mushgian P. Ulaanbaatar.
- Dejiddmaa, G., 2012. Gold deposits. Ulaanbaatar. *Mongolian Geology and Minerals Book*. p. 204-251.
- Dejiddmaa, G., Byambaa, J., Makhbadar, Ts., Tovuuudorj, D., Tumurtogoo, O., Badarch, G., Dandar, S., Bold-Erdene, G., Dorjnamjaa, D., Tuuruul, N., Dorjsuren, B., Ganbaatar, T., Bumburuu, G., Delgertsogt, B., Avid, H., & Enkhtuya, Ch., Enkhtuya, B., Bujinkham, B., Munkhbat, Y., 2003. Legend of 1: 200,000 scale geological map of Mongolia and its commentary.
- Dejiddmaa, G., 1996. Gold metallogeny of Mongolia. *Mongolian Geoscientist*, 1, 6–29.
- Dejiddmaa, G., Jargalan, S., Gantsetseg, O., Ariunbileg, S., Bold-Erdene, B., Khurelbaatar, B., 2020. Report on the results of the 1:1 000 000 scale map of the distribution and location of regional metallogeny and mineral deposit types in Mongolia.
- Ganbaatar, T., Bataa, Ch., 2021. There is a history of gold mining in Mongolia. Ulaanbaatar, Mongolia, Pages 123.
- Gordienko, I. V., Filimonov, A. V., Minina, O. R., Gornova, M. A., Medvedev, A. Y., Klimuk, V. S., Elbaev, A. L., & Tomurtogoo, O., 2007. Dzhida island-arc system in the Paleoasian Ocean: structure and main stages of Vendian-Paleozoic geodynamic evolution. *Russian Geology and Geophysics*, 48(1), 91–106. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2006.12.009>
- Huston, D. L., Large, R. R., 1989. A chemical model for the concentration of gold in volcanogenic massive sulphide deposits. *Ore Geology Reviews*, 4: 171-200.
- Ilyin, A. V., 1982. Geological development of Southern Siberia and Mongolia in the late Precambrian—Cambrian. *Nauka*.
- Ishihara, S., 1977. The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks. *Mining Geology*, 27: 293–305.
- Ishihara, S., 1981. The granitoid series and mineralization. *Economic Geology*, 75th Anniversary Volume: 458–484.
- Khishgee, C., & Akasaka, M., 2015. Mineralogy of the Boroo Gold Deposit in the North Khentei Gold Belt, Central Northern Mongolia. *Resource Geology*, 65(4), 311–327. <https://doi.org/10.1111/rge.12073>
- Makoto, M., 2012. Investigation of Gold Mineralization around Gatsuurt Gold Deposit, Northern Mongolia. Graduation thesis. 4th Grade, Economic Geology Lab, Department of Resources Engineering, Faculty of Engineering, Kyushu University.
- Maloof, T.L., Baker, T., Thompson, J. F., 2001. The Dublin Gulch intrusion-hosted gold deposit, tombstone plutonic suite, Yukon Territory, Canada. *Mineralium Deposita*, Volume 36, Pages 583–593.
- Oyungerel, S., Altanzul, Ch., Jargal, L., Insung, Lee., Yeongmin, Kim., 2018. Geological, geochemical and ore genetic study of the Dzuun Mod area gold deposit in north-central Mongolia for the economic exploration and exploitation. Korea-Mongolia joint research programe on science and technology, 2015- 2017. COR_03/2015.
- Oyungerel, S., Jargalan, S., Batbayar, B., Nakanishi, T., Watanabe, K., 2017. Ore mineralization and paragenesis of the Olon-Ovoot gold deposit. *Explorer*, 59: 200-210.
- Oyungerel, S., Jargalan, S., Batbayar, B., Watanabe, K., 2018. Study of fluid inclusion in Olon-Ovoot gold deposit. *Explorer*, 59: 200-210.
- Oyungerel, S., Jargalan, S., Batbayar, B., Watanabe, K., Andrian., B. 2019. Results of stable isotopes (S, O, C) and fluid inclusion studies of Olon-Ovoot gold group deposits. *Explorer*, 61: 132-141.
- Oyungerel, S., Lee, I., Jargal, L., Tegshbayar, B., & Maibayar, O., 2018. SHRIMP U-Pb zircon geochronology of the Dhzida intrusive rocks in the Tavt ore field, northern Mongolia. *Journal of Geological Issues*, 446(14), 104–110.
- Oyungerel, S., (2020). Ore genesis and geology of the Tavt deposit. National University of Mongolia.
- Oyunjargal, L., Ken-ichiro, H., Teruyuki, M., 2020. Geological and mineralogical outline of the Chandmani Uul Fe-Cu-Au deposit in southeastern Mongolia. *Resource Geology*. DOI: 10.1111/rge.12232.
- Poty, B., Leroy, J., Jachimowicz, L., 1976. A new device for measuring temperature under the microscope. The Chaixmeca microthermometry apparatus. *Bull Soc Fr Minéral Cristallogr*, 99:182–186.

- Ridley, J. R., & Diamond, L. W., 2000. Fluid Chemistry of Orogenic Lode Gold Deposits and Implications for Genetic Models. In S. G. Hagemann & P. Brown (Eds.), *Gold in 2000* (Vol. 13, pp. 141–162). Society of Economic Geologists. <https://doi.org/10.5382/rev.13.04>
- Robb, L. J., 2005. *Introduction Ore-Forming Processes*. Blackwell Publishing, 386 pp.
- Roedder, E., 1984. Fluid Inclusions: Reviews in Mineralogy 12. Mineralogical Society of America
- Tamir, B., 2019 “Geological setting and gold mineralization of the Undurnaran Deposit” Doctoral Dissertation, Pages 105.
- Tamir, B., Battogtoh, B., Badral H., 2015. Report on the results of additional exploration work of the Undurnaran lode gold deposit located in the Saikhandulaan area of Dornogovi province carried out in 2012.
- Tamir, B., Enkhbat, Ch., Khishigbaatar, J., 2012. The results of the exploration work of the Undurnaran lode gold deposit located in the Saikhandulaan area of Dornogovi province carried out in 2009-2011.
- Thompson, A. J. B., & Thompson, J. F. H. (Eds.), 2012. *Atlas of alteration (Re-released 2012) A field and petrographic guide to hydrothermal alteration minerals*. Geological Association of Canada.
- Thompson, J. F. H., Sillitoe, R. H., Baker, T., Lang, J. R., & Mortensen, J. K., 1999. Intrusion-related gold deposits associated with tungsten-tin provinces. *Mineralium Deposita*, 34(4), 323–334. <https://doi.org/10.1007/s001260050207>
- Tomurtogoo, O., 2002. Tectonics settings of Mongolia. A brief description of the scale of 1:1000000 tectonic mapping of Mongolia.
- Tsend-Ayush, J., & Buldakov, H. G., 1998. Result of the prospecting and reserve estimation of Tavat gold deposit.
- Wilkinson, J. J., 2001. Fluid inclusion in hydrothermal ore deposits. *Lithos*, 55: 229-272.
- Yeogmin, K., Insung, L., Oyungerel, S., Altanzul, Ch., Jargal, L., Nak, K. Kim., 2020. Geology, mineralogy and stable isotope geochemistry of the Dzuunmod area in northern Mongolia: Constraints for gold ore genesis and sources. *Ore Geology Reviews*, 118: 103213. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2019.103213>