

СУДАЛГААНЫ ӨГҮҮЛЭЛ

ШУВУУТАЙН МОЛИБДЕНЫ ОРДЫН ГЕОЛОГИЙН ТОГТОЦ, ХҮДЭРЖИЛТИЙН ОНЦЛОГ

Д.Өгөөдэй^{1,2} | Х.Уламбадрах^{1*} |

¹ МУИС, ШУС, Геологи-Геофизикийн тэнхим

² Алтайн чанад минералс ХХК

Abstract

Хүлээн авсан: 2022-01-11

Засварлагдсан: 2022-01-12

Зөвшөөрөгдсөн: 2022-01-14

Түлхүүр үг:

Шувуутай, порфирын орд, молибденит, эх газрын рифт.

The Shuvuutai Mo deposit is located in Huld soum, 70 km south-west of Mandalgovi, Dundgovi province. This paper summarizes the results of geological mapping, geochemical analysis and geophysical survey. The Shuvuutai Mo deposit is spatially related with Permian rhyolite porphyry sub-volcanic units and multi-phase stocks of monzonite-syenite-granite porphyry. Mo mineralization is hosted as an impregnation in porphyry units and mostly occurs in a hydrothermal stockwork quartz veins. Host rocks are altered weak-to-moderate chlorite-sericite, k-feldspar, propilite and pyrite alteration, apparently molybdenite, chalcopyrite, covellite and pyrite are identified.

Харилцах зохиогч:

Х.Уламбадрах МУИС, ШУС,
Геологи-Геофизикийн тэнхим

Имэйл: ulambadrakh@num.edu.mn

1. ОРШИЛ

Төв Азийн Ороген Бүс (ТАОБ (Jahn, 2004; Khain et al., 2002, 2003; Mossakovsky et al., 1993; Windley et al., 2007; Xiao et al., 2003; Xiao et al., 2018), мөн Алтайд хэмээн нэрлэгддэг бүс (Sengur et al., 1993; Sengur & Natal'in, 1996, 2004; Yakubchuk, 2004, 2017; Yakubchuk et al., 2001; Yakubchuk et al., 2005) нь дэлхий дээрх хамгийн том аккрецийн орогены нэг юм. ТАОБ-ийн эх газрын ба далайн улиран хувьслын явцад алт, мөнгө, зэс, полиметал, ховор метал зэрэг олон ашигт малтмалын ордууд үүссэн (Cooke et al., 2005; Xiao and Kusky, 2009; Windley et al., 1990, 2007; Sun et al., 2010; Xiao et al., 2015, 2018; Seltnmann et al., 2014; Yakubchuk et al., 2010, 2012; Goldfarb et al., 2014; Gao et al., 2017, Shen et al., 2018). Монгол Улс нь ТАОБ-ийн төвд оршдог, фанерозойн эх газрын хөгжлийн гол шалгуур бүс нутаг тул тухайн бүсэд үүссэн ашигт малтмалын ордын судалгаа шинжлэх ухаан, үйлдвэрлэлийн сонирхлыг

ихээхэн татдаг. Төв Монголын хэмжээнд алт, вольфрам, цагаан тугалганы хэд хэдэн орд нээгдсэн боловч молибдены ордыг үйлдвэрлэлийн түвшинд хараахан бэлдээгүй байсан юм.

Шувуутайн молибдены орд нь Улаанбаатар хотоос 330 км, Мандалговь хотоос баруун урагш 70 км-т Дундговь аймгийн Хулд сумын нутагт байрлана. Заботкин и др. (1983), Нармандах нар (1995)-ын хийсэн зураглалын ажлаар энд ямар нэгэн молибдены илрэл, эрдэсжсэн цэг тэмдэглэгдэж байгаагүй. Бидний гүйцэтгэсэн геологийн зураглалын ажлаар шинээр илрүүлж, шат дараалсан геологи-хайгуулын судалгааны ажлууд хийснээр молибдены порфирын төрлийн хүдэржилтийг тогтоосон.

Шувуутайн молибдены орд нь хожуу неопротерозойн настай Идэрмэгийн шельфийн гаралтай хотгорт байрлах (Төмөртоого, 2012) ба Монгол орны хэмжээнд тогтоогдоод буй Өндөр цахир, Мандал зэрэг молибдены ордуудыг агуулж

буй суурь стрүктүрийн хувьд мөн ижил нөхцөлд үүссэн нь сонирхолтой юм.

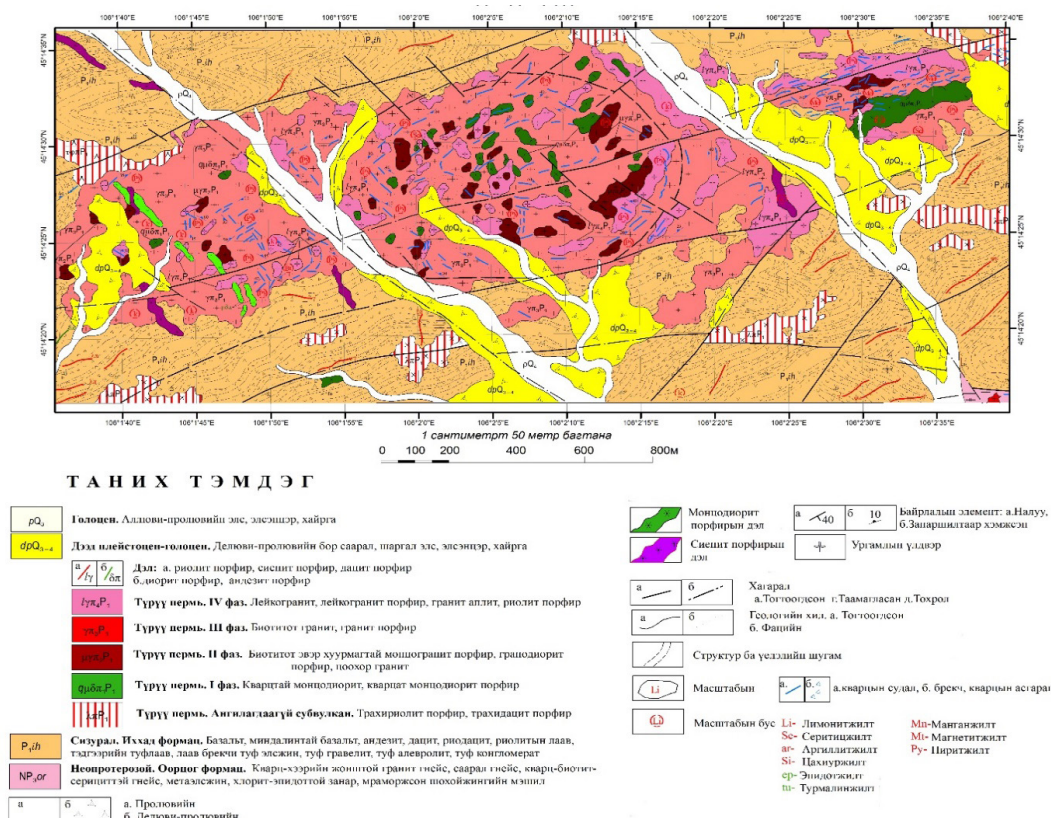
Ордын геологийн тогтоц, тектоник

Өмнөх судлаачид (Заботкин и др., 1983) талбайн хэмжээнд неопротерозойн настай Оорцог формац, доод пермийн Иххад формац болон дунд девон, түрүү пермь, хожуу пермийн субвулкан болон гүний бүрдлүүдийг ялгасан байдаг. Неопротерозойн Оорцог формац нь кварц-хээрийн жонштой гранит гнейс, кварц-биотит-серициттэй гнейс, метазэсэн чулуу, хлорит-эпидоттой занар, шохойн чулууны мэшил, ховроор кварцит зэргээс тогтдог. Хойд талаараа сизуралын Иххад формацийн вулканоген хурдастай тектоник хагарлаар хиллэж, урд хэсгээрээ ихэнхдээ дөрөвдөгчийн сэвсгэр хурдсаар хучигдсан байх бол талбайн зүүн урд хэсэгт түрүү пермийн гранитоидоор зүсгэгдэж, өргөргийн дагуу чиглэлтэй региональ хагаралд хянагдаж байршина. Доод пермийн Иххад формацийн хурдас нь трахибазальт, миндалинтай трахибазальт, трахиандезит, трахидацит, трахириодацит, трахириолитын лаав, тэдгээрийн туфлаав, лаав брекчи, туф элсэн чулуу, туф гравелит, туф алевролит, туф конгломерат зэргээс тогтох ба эдгээр туфоген үеүүд нь ургамлын үлдвэр (Ruf flora.) элбэг агуулдаг. Иххад формац нь Шувуутай уул орчимд изоклиналь байрлалтай блоклог атираат стрүктүрийг хэлбэржүүлнэ.

Шувуутайн молибдены орд нь сизуралын Иххад формацийн трахибазальт-трахириолитын эгнээний эрс ялгарсан вулканит, түрүү пермийн риолит порфирын субвулкан биет болон монцонит-сиенит-гранитын эгнээний олон фазат порфирын шток биеттэй орон зайн хувьд нягт холбоотой. Уг олон фазат порфирын шток биет нь зүүн хойш чиглэсэн хагарлуудад хянагдаж 300-400 м өргөн, 1500 м орчим урт талбайн хэмжээнд өргөргийн дагуу сунаж байрладаг. Биет нь монцонит, монцодиоритоос тогтох түрүү фазын үлдэгдэл маягийн биетүүд, тэдгээрийг зүссэн кварцат монцодиоритоос тогтох

удаах фаз, сиенит, кварцат сиенитээс монцогранит хүрсэн гол фаз, жижиг ширхэгт кварцат сиенит, шүлтлэгдүү гранит, аплитлаг лейкократ гранит порфироос тогтох төгсгөлийн фазаас бүрдэнэ. Эдгээр фазуудад бүгдэд нь калийн хээрийн жонш, плагиоклаз, ховроор эвэр хуурмагийн фенокристаллууд порфирлог текстурыг үүсгэх ба дөт гүнд талсжсан порфир бүтцийг илтгэнэ. Түрүү болон удаах фазын монцонит, монцодиорит порфир нь хүдэржилтийн хувьд харьцангуй сул бол гол болон төгсгөлийн фаз нь биетийн 90 орчим хувийг эзлэн тархах ба молибдены хүдэржилтийг агуулдаг. Фаз тус бүр нь хоорондоо эрс зүссэн заагийг үүсгэдэг бол дотроо ширхэгийн болон эрдэслэг бүрэлдэхүүний хувьд зөрүүтэй аажим шилжилтүүдийг үүсгэдэг онцлогтой. Мөн тэдгээрийг зүссэн микрогаббро, микродиорит, сиенит, гранит, риолит порфирын хүдэржилтийн дараах дэл, судлын биетүүд тогтоогддог (Зураг 1).

Биетийн төв хэсэгт зүүн хойш чигтэй шугаман хагарлууд болон баруун хойш чигтэй шилжил хагарлуудаар хэрчигдсэн цагариг хэлбэрийн хагарал тогтоогддог. Уг хагарлыг дагасан сулралын бүсүүд болон түүнээс салбарласан цагираг хэлбэрийн ан цавуудыг дагаж хүдэр агуулагч кварц-сульфидын судлууд мөн цагираг хэлбэртэй илэрдэг нь өвөрмөц байна.



Зураг 1. Шувуутайн молибдены ордын геологийн зураг, Масштаб 1:5000. Зохиосон Д.Өгөөдэй, 2019.

Сүүлийн 20-иод жилийн геохронологийн ба палео-соронзонгийн судалгаа Төв Монголын бичил тив (ТМБТ)-ийн зарим блокууд Родиниа тив нэгдэхээс өмнө Сибирь, Хойд Хятадын кратонуудын хооронд оршиж байсан болохыг заадаг. Зарим судлаачид (Didenko et al., 2001; Төмөртоогоо 2012) ТМБТ-ийг бүрдүүлж буй эртний блокууд Гондвана тивийг деструкцэд автахад түүнээс салсан блокууд тухайн үеийн Палеоазийн далайн дунд хөвж яваад одоогийн байрлалаа олсон гэж үзсэн бол мөн Төв Монголын массив нь Хангай-Хэнтийн далайн баруун урд эргийг хөвөөлдөн байрлаж уг далайн хөгжлийн эхний буюу хожуу протерозойн үед эдгээр массивуудын дотор талаар эх газрын идэвхтэй зах хөгжиж байсан гэж үзэх (Бямба нар, 2013) нь ч бий. Сүүлийн үед

ТМБТ Гондванаас тасран үүсээгүй, харин Неопротерозойн үед тогтвортой оршиж байсан болохыг дэвшүүлэн тавьсан нь дэмжигдэж байна (Khukhuudei et al., 2020). Шувуутайн Мо орд нь Төв Монголын бичил тивийн Идэрмэгийн эх газрын идэвхгүй хаяаны террейнд (Төмөртоогоо, 2012), Дундговийн вулкан-плутон бүс (Badarch et al., 2002)-ийн хэмжээнд байршиж байна. Бид Шувуутайн Мо ордын хүдэржилтийг түрүү пермийн цаг үед явагдсан тектоникийн үйл явцтай холбоотойгоор тайлбарлана гэж үзэж байна. Судлаачид түрүү пермийн цаг үеэс эхлэн Монгол-Агнуурын далайн плит Төв Монголын массивын доогуур шургаж эхлэсэн ба үүний дунд эх газрын захын шохойлог-шүлтлэг вулканит (Иххад), түүнтэй нэгэн эвшил үүсгэдэг шохойлог-шүлтлэг массивууд бий болсон, энэ нь Төв

Монголын вулкан-плутон бүслүүр бүрэлдэх үндэс болсон (Бямба нар, 2013) гэж үздэг байна. Түрүү пермийн настай анороген нумын шүлтлэг ба шүлтлэгдүү гранитоидтой алт-ховор металлын хүдэржилт холбоотой үүссэн (Бямба нар, 2013) гэж үзжээ.

Харин бид Тетисийн далай хожуу карбоны цаг үеэс эхлэн коллизид орон хаагдаж Өмнөд Монгол эх газрын горимд шилжихтэй зэрэгцэн түрүү пермийн цаг үед Төв Монголын массив уртрагийн дагуу чиглэлд язарч, тэлэлт явагдан эх газрын рифтийн эрс ялгарсан вулканит (Иххад), түүнтэй нэгэн эвшил үүсгэдэг шүлтлэг ба шүлтлэгдүү массивууд бий болсон байх магадлалтай гэж үзэж байна. Энэ үйл явц нь баруунаас зүүн тийш залуужих хандлагатай буюу пермээс хожуу мезозой хүртэлх цаг үед явагдсан уламжлагдсан рифтийн хотгорыг хэлбэржүүлсэн нь Төв-Дорнод Монголын вулкан-плутон бүслүүр бүрэлдэх үндэс болсон байж болох юм.

Судалгааны арга, аргачлал

Хээрийн судалгаа хийж талбайн хэмжээнд тархалттай хүдэр агуулагч гранитын фаз тус бүрээс, хүдэржилтийг төлөөлөх хэсгээс нийт цэглэн дээж 109, хоёрдогч геохими тороор 817, ховилон дээж 59, силикат 19 дээж авч, аншлиф 13, шлиф 25 тус тус бэлдэн арга аргачлалын дагуу судалгаа хийж үр дүнг боловсруулсан.

Петрографи болон минераграфийн судалгааг ШУТИС-ийн ГУУС-ийн дэргэдэх Нагояа хээрийн судалгааны лабораторид бэлдсэн шлиф, аншлифийн дээжинд тус сургуулийн Эрдэс судлалын лабораторийн Nikon-50 загварын ойсон болон нэвтэрсэн гэрлийн микроскопоор тодорхойлж, петрографийн болон минераграфийн хураангуй бичиглэл хийсэн.

Геохимийн судалгаанд талбайн хэмжээнд 50х50 м тороор хоёрдогч геохимийн 817 дээж авч SGS лабораторид масс спектрометрийн шинжилгээ хийлгэсэн. Үр дүнг Surfer программ ашиглан ашигтай элементүүдээр сарнилын хүрээний зураг гаргах, хүдрийн биетийг хүрээлэх, элементүүдийн хамаарлыг тогтоох, бусад

дээжлэлтүүдийн үр дүнтэй нэгтгэн ашигт малтмалын тархалт, зүй тогтлын зургийг зохиосон.

Ормын судалгаанд зориулж хүдэржилттэй кварцын судлуудаас төлөөлөл болгон 3 дээж сонгож авсан. Сонгосон дээжүүдийг ШУТИС-ийн ГУУС-ийн дэргэдэх Нагояа хээрийн судалгааны лабораторид зүсэж 0.5-1.0 мм зузаантай хоёр талыг өнгөлсөн ялтас (пластинк) болгож бэлдсэн. Үг бэлдсэн дээжүүдийг Японы Акита их сургуулийн лабораторид ахин өнгөлгөө хийж, ацетонд хийж шилнээс нь салгасан. Тус сургуулийн Nikon Eclipse LV100N POL маркийн 50х-1000х дахин өсгөгчтэй микроскопоор ормын дээжүүдийг харж, LINKAM-10002L загварын төхөөрөмж дээр ормуудыг -100өС хүртэл хөлдөөж +600өС хүртэл халааж хий-шингэн ормын судалгааг хийсэн. H₂O-NaCl системийн флюид ормын давсжилтыг Bodnar et al. (1993) нарын мөс хайлж дуусах температур ашиглан дараах томьёогоор бодов.

Давсжилт (wt% NaCl) = $1.78 \times \theta - 0.0442 \times \theta^2 + 0.0005572 \times \theta^3$

Үүнд, θ - мөс хайлж дуусах сүүлийн цэг, H₂O-CO₂-NaCl системийн флюид ормын давсжилт.

H₂O-CO₂-NaCl фазтай ормууд нь геологийн янз бүрийн нөхцөлд олон тооны чулуулгуудад тохиолддог бөгөөд тэдгээрийн судалгаа тайлал нь сүүлийн үеийн гол судлагдахуун болж байна (Bowers and Helgeson, 1983; Parry, 1986; Brown and Lamb, 1989). Энэхүү ормын судалгааны микротермометрийн гол хэмжилтүүдийн нэг нь эцсийн CO₂-клатерет хайлалтын температур юм. Ормын уусмалын давсны агууламжийг тодорхойлохын тулд эцсийн клатерет температурыг хэрхэн ашиглаж болохыг анх Collins (1979) тайлбарласан. Тэрээр Collins нь Chen (1972) болон Bozzo (1973, 1975) нарын давсны агууламжаас хамааралтайгаар CO₂-хий болон CO₂-шингэн фазуудад харагдах CO₂-клатеретийн задралын температурыг тодорхойлсон туршилтын үр дүнг график аргаар дахин байгуулж боловсруулалт хийсэн байна. Бид энэхүү судалгаанд

FLINCOR программыг ашиглан CO₂-клатеретийн задралын температураар давсжилтыг тодорхойлов.

Судалгааны үр дүн

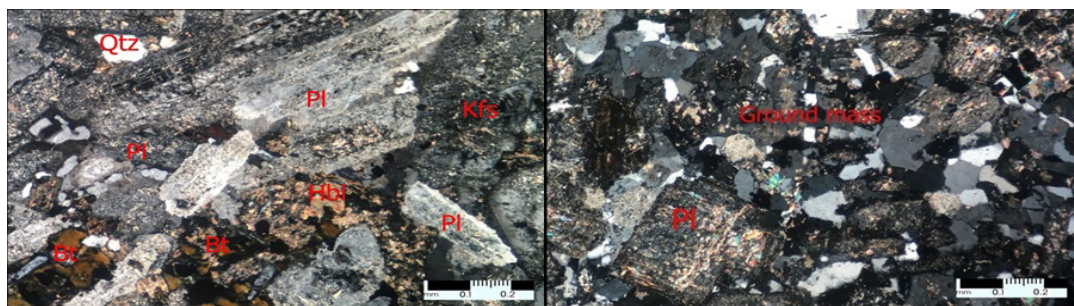
Петрографийн судалгаа

Порфирын штокын фаз тус бүрийн петрографийн бичиглэлээс харахад порфирын фазууд нь эрдсийн найрлагын хувьд ялгаа багатай боловч зөвхөн нэг эрдсийн оролцооноос хамаарч ялгардаг байна. Тухайлбал, түрүү фазын монцодиорит порфирт эвэрхуурмаг 15% оролцож байсан бол удаах фазад

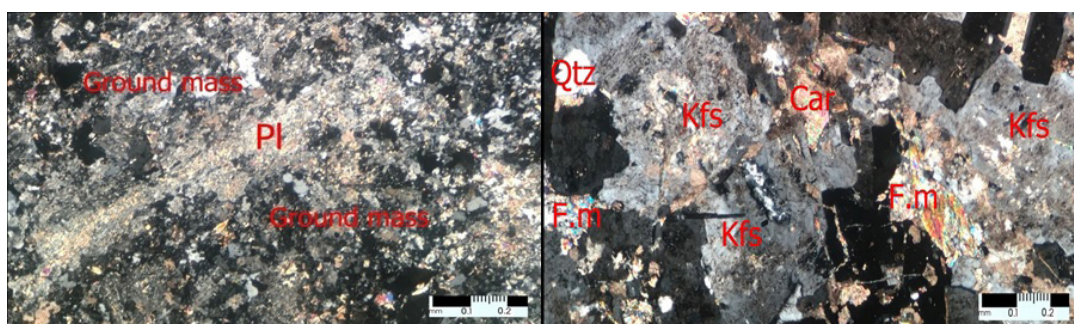
эвэрхуурмаг үгүй болж кварц 10-15%, биотит үзэгдэж эхэлжээ. Харин гол фазын монцогранит порфирт калийн хээрийн жонш, биотитын агуулга өсөх бол, төгсгөлийн фазын сиенит порфирт калийн хээрийн жонш давамгайлж плагиоклазгүй болох зүй тогтол ажиглагдаж байна. Энэ нь маагмын дифференциацийн эхэн үе шатанд натриар ханасан, калийг багаар агуулж байсан бол сүүл шатанд натри шавхагдаж буй зүй тогтолыг илэрхийлж байгаа юм. Порфирын фаз тус бүрийн петрографийн найрлагыг доор харуулав (Хүснэгт 1, Зураг 2, 3).

Хүснэгт 1. Порфирын фазуудын петрографийн найрлага

Порфирын фазууд	Гол эрдэс	%	Хоёрдугаар зэргийн эрдэс	%	Хоёрдогч	%	Дайвар	%
Түрүү фаз	Плагиоклаз	60-65	Биотит	10	Пелит		Хүдрийн эрдэс	2-3
					Серицит		Апатит	0.5
	Эвэр хуурмаг	15	Калишпат	5	Эпидот		Сфен	Цөөн
					Соссюрит		Циркон	Г.н
Удаах фаз	Плагиоклаз	68-73	Кварц	10-15	Пелит		Хүдрийн эрдэс	0.5
					Серицит		Сфен	Г.н
			Калишпат	10-15	Карбонат		Апатит	Цөөн
					Альбит			
					Хлорит			
Гол фаз	Плагиоклаз	75	Калишпат	5-7	Пелит		Хүдрийн эрдэс	2-3
					Серицит		Апатит	Цөөн
			Хувирсан биотит	5	Альбит		Циркон	Г.н
					Хлорит			
					Карбонат			
					Төмрийн усан исэл			
Төгсгөлийн фаз	Калишпат	75-80	Хувирсан өнгөт эрдэс	10	Пелит		Хүдрийн эрдэс	
					Альбит		Апатит	Цөөн
			Кварц	Цөөн	Карбонат	10	Сфен	0.5
					Хлорит			Цөөн
					Мусковит			



Зураг 2. Sh-04-01-75. Түрүү фаз монцодиорит порфир, Sh-04-01-55. Удаах фаз. Кварцат монцодиорит порфир, Pl-плагиоклаз, Hbl-эвэр хуурмаг, Bt-биотит, Qtz-кварц, Kfs-калийн хээрийн жонш, Ground mass-үндсэн хэсэг.

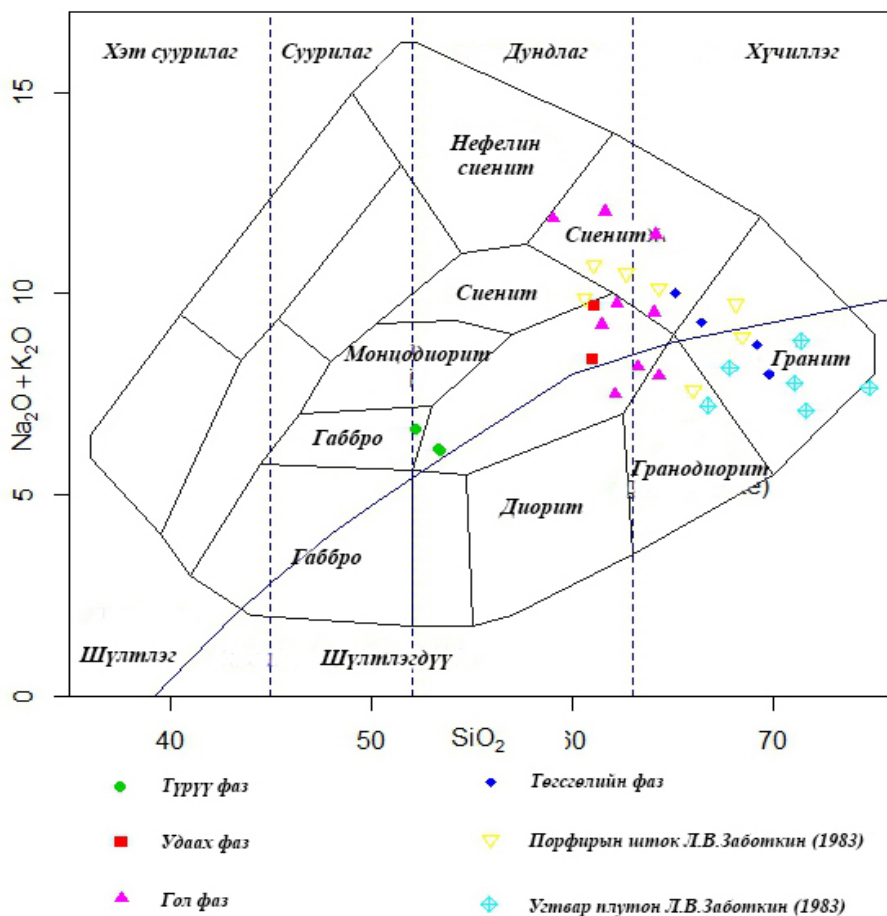


Зураг 3. Sh-04-01-20. Гол фаз. Монцогранит порфир, Sh-04-01-36. Төгсгөлийн фаз. Сиенит порфир. Pl-плагиоклаз, Hbl-эвэр хуурмаг, Bt-биотит, Qtz-кварц, Kfs-калийн хээрийн жонш, Ground mass-үндсэн хэсэг, F.m-хувирсан өнгөт эрдэс, Car-хожуу гарал үүсэлтэй карбонат.

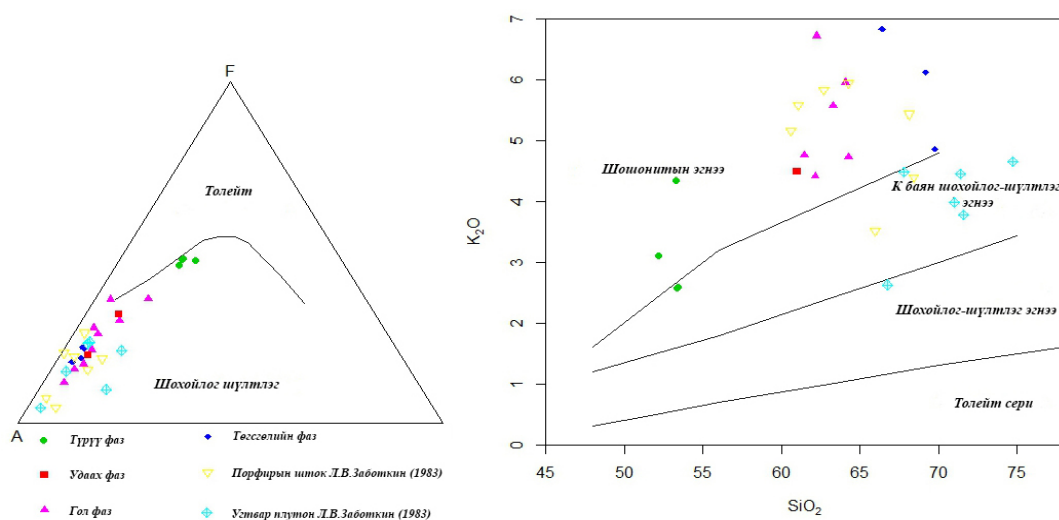
Агуулагч чулуулгийн геохимийн судалгаа

Хүдэр агуулагч порфирын штокын фаз тус бүрийн петрохими, геохимийн найрлагыг тогтоох зорилгоор силикатын анализ хийж чулуулгийн ерөнхий ангилал, үүслийн геодинамик орчныг тодорхойлов. Маагмын чулуулгийн ерөнхий ангиллын TAS диаграмм дээр монзонит, монцодиорит, кварцат монцодиорит, сиенит, кварцат сиенит, шүлтлэгдүү гранитын талбайд бууж байна (Зураг 4). Эдгээр нь петрографийн

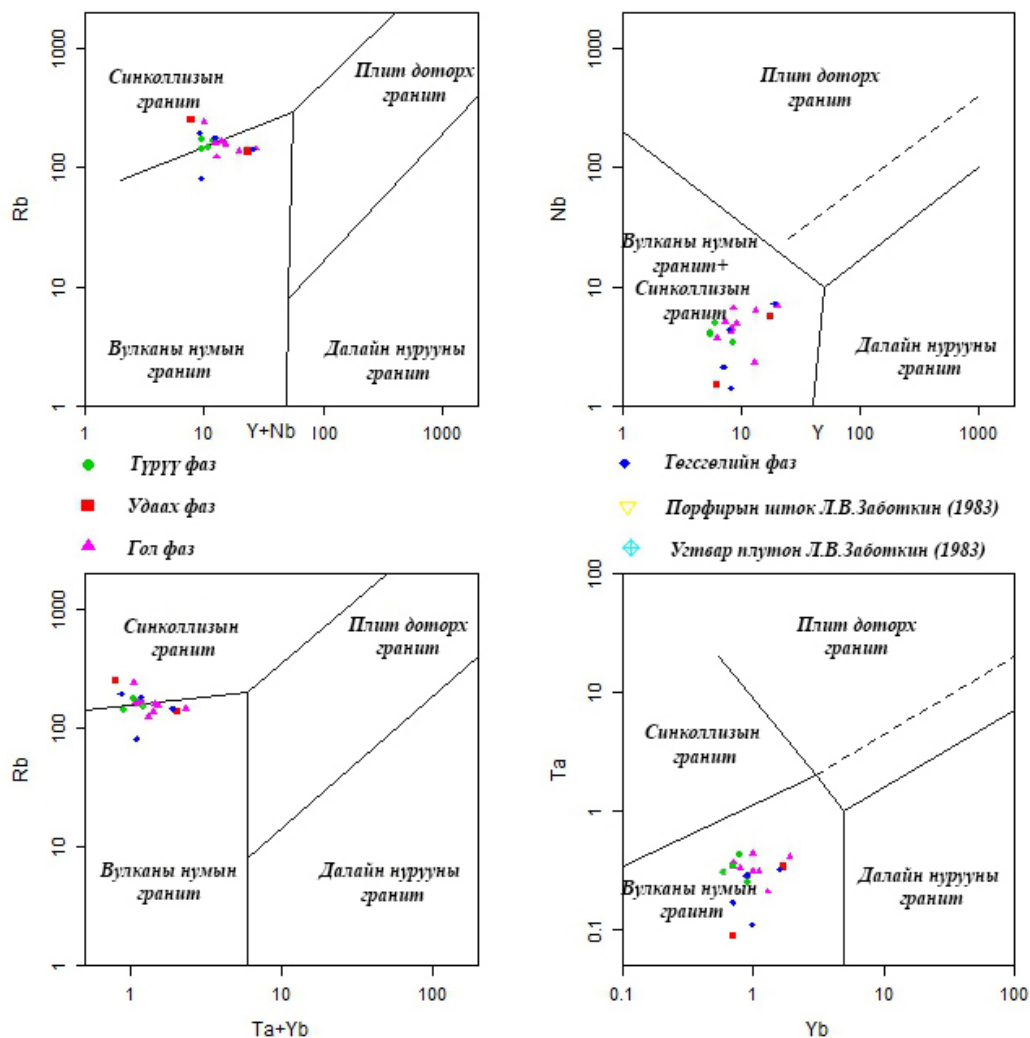
судалгааны үр дүнтэй ижил байна. Петрографийн судалгаагаар диорит, монзонит, монцодиоритоос тогтох түрүү (I) фаз, кварцат монцодиорит порфироос тогтох удаах (II) фаз, сиенит, кварцат сиенитээс монцогранит порфир хүрсэн гол (III) фаз, жижиг ширхэгт кварцат сиенит порфир, шүлтлэгдүү гранит порфир, аплитлаг лейкократ гранит порфироос тогтох төгсгөлийн (IV) гэсэн фазууд ялгагдсан.



Зураг 4. Маагмын чулуулгийн ерөнхий ангиллын TAS диаграмм дээр буусан байдал



Зураг 5. Маагмын чулуулгийн SiO₂-K₂O, AFM диаграммууд дээр байршиж буй байдал

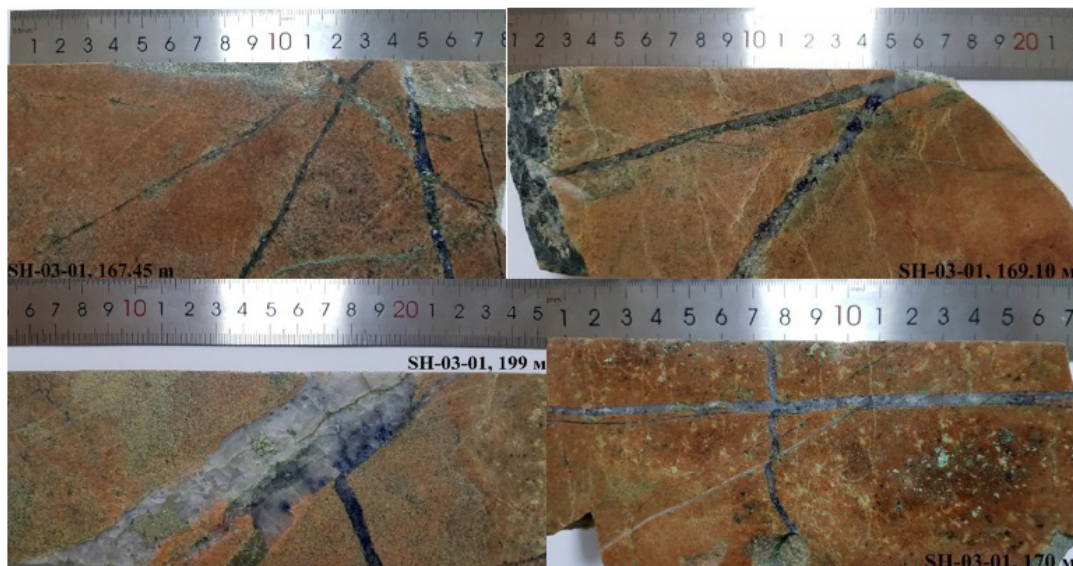


Зураг 7. Маагмын чулуулгийн Пирсийн диаграмм дээр байршиж буй байдал

Маагмын чулуулгийн үүслийн геодинамик орчныг тодорхойлох Пирсийн диаграмм дээр синклизитов болон вулканы нумын гранитоидын талбайг дамнан байршиж байна (Зураг 7). Иймд уг магматизмын идэвхжил нь тектоникийн идэвхтэй үед шилжилтийн геодинамик нөхцөлд явагдсан байж болох юм.

Судлын төрөл

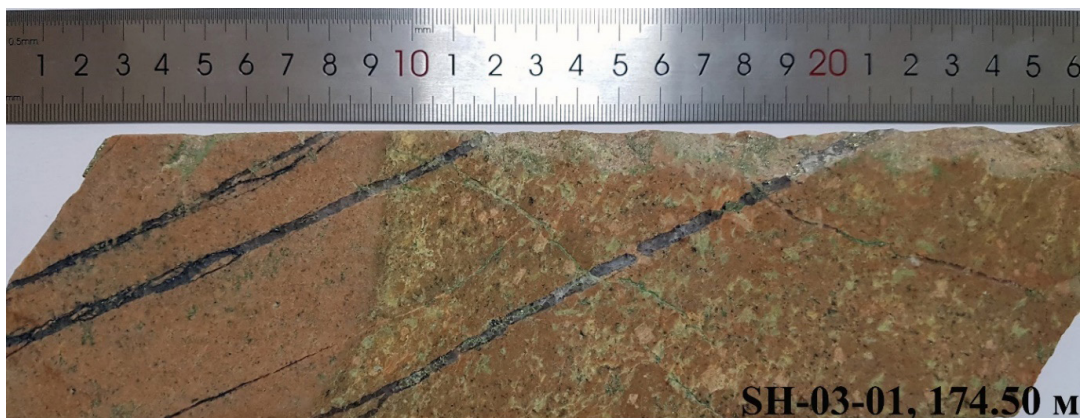
Ордын судалгаанд бидний анхаарал хандуулсан асуудал нь штокверк судлуудын хоорондын харьцааг тогтоох явдал байсан бөгөөд порфирын фазтай холбоотой судлууд өмнөх фазуудтай холбоотой судлуудыг зүссэн харьцаа тогтоогддог (Зураг 8).



Зураг 8. Молибдены хүдэржилтийг агуулж буй штокверк кварцын судлууд (167-199 м-ийн гүнд, цооногийн дугаар #SH-03-01)

Гол фазын монцогранит порфирын зүссэн төгсгөлийн фазын кварцат сиенит порфирын контактыг харуулж байна. Төгсгөлийн фазын кварцат сиенит порфиртой холбоотой зэрэгцээ кварц-молибденитын судлууд гол фазын хлоритын болон кварцын хялгасан судлыг

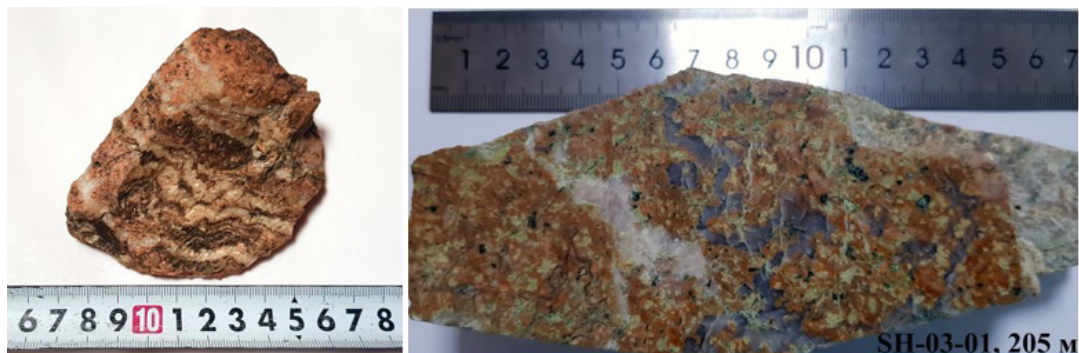
зүсдэг (Зураг 9). Энэ мэтчилэн порфирын фазуудын харьцаа, тэдгээртэй холбоотой штокверк судлуудын хоорондын харьцаа, дарааллыг тогтоох нь эрлийн болон хүдэржилтийн үүсэл, дарааллыг тогтоох практик ач холбогдол өндөртэй юм.



Зураг 9. Порфирын фазуудын хоорондын харьцаа (174.50 м-ийн гүнд, цооногийн дугаар #SH-03-01)

Гадаргад болон цооногт үелэн судалтсан текстуртай кварцын судлууд илэрч байгаа дээрээс үндэслэн бид Шувуутайн ордод

элэгдлийн түвшин харьцангуй бага байна гэх дүгнэлтийг хийж байгаа юм.



Зураг 10. UST текстуртай кварцын судал (205 м-ийн гүнд, цооногийн дугаар #SH-03-01)

Минераграфийн судалгаа

Хүдрийн минераграфийн судалгаа нь геологи, петрографийн судалгааны үр дүнгийн хамт хүдрийн эрдэслэг бүрэлдэхүүн, улмаар ордын гарал үүслийг тодорхойлоход чухал үүрэг гүйцэтгэдэг.

Аргачлалын дагуу 13 дээжинд минераграфийн бичиглэл хийснээр, хүдрийн эрдсийн эрдэслэг бүрэлдэхүүн, микроструктур, микротекстур, оптик шинж чанарууд, эрдсүүдийн үүссэн дэс дараалал, хоёрдогч хувирал, эрдсийн эвшлийг тодорхойлж өгөх юм.

Порфирын штокын фаз тус бүрийн минераграфийн найрлагыг тогтоох зорилгоор аншлиф бэлтгэн минераграфийн бичиглэл хийв. Эндээс харахад түрүү фазын монцодиорит порфир нь молибдены хүдэржилт сул, халькопирит, магнетит болон түүний ислүүд их хэмжээгээр оролцож байгаа бол удаах фаз нь 1-2% молибденит, пирит мөн тийм хэмжээгээр оролцож байна. Харин гол фазын чулуулаг нь 5-6% хүртэл пирит, 2-3% молибденит, халькопирит, ковелин багаар агуулдаг бол төгсгөлийн фазад 15% хүртэл харьцангуй их пирит, 2-3% молибденит зэрэг хүдрийн эрдсүүд тогтоогджээ. Эдгээрээс гадна бүх

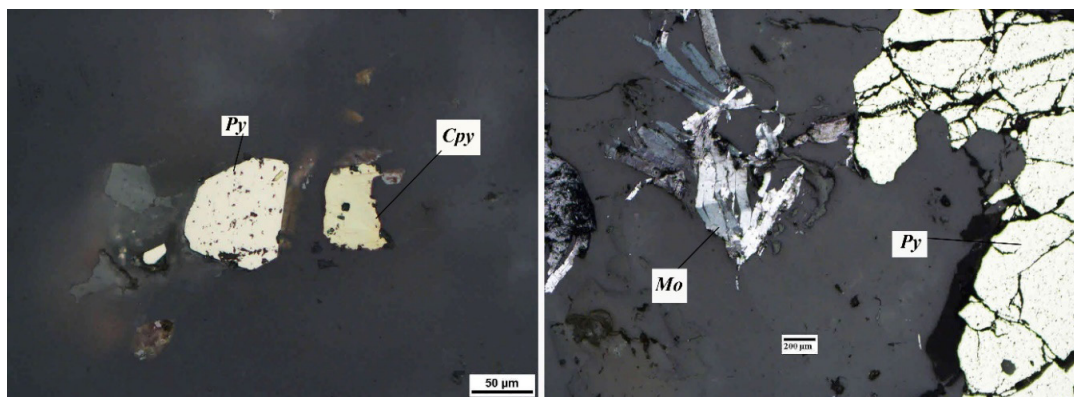
фазын чулуулагт титанит, гётит, гидрогётит тогтоогдсон байна. Дээрх хүдрийн эрдсүүд нь Титанит→ Пирит→ Халькопирит→ Ковелин→ Гётит→ Молибденит→ Гидрогётит гэсэн дарааллаар үүсжээ. Молибденит нь призмлэг, хавтгай, зүүлэг, мурийж тахийсан хэлбэртэй мөхлөгүүдээр тааралдах ба мөхлөгийн хэмжээ 0.01-2.29 мм хүртэл хэмжээтэй ажээ. Заримдаа нэг дор бөөгнөрсөн бөөгнөрлийг үүсгэсэн ба пириттэй ассоциац үүсгэдэг байна.

Халькопирит нь ногоовтор шар өнгөтэй, зөв бус хэлбэртэй, 0.01-1.9 мм хэмжээтэй мөхлөгүүдээр тааралддаг. Пирит нь тэгш өнцөгт, изометрлэг хэлбэртэй мөхлөгүүдээр тааралдах ба мөхлөгийн хэмжээ 0.02-7.0 мм байдаг.

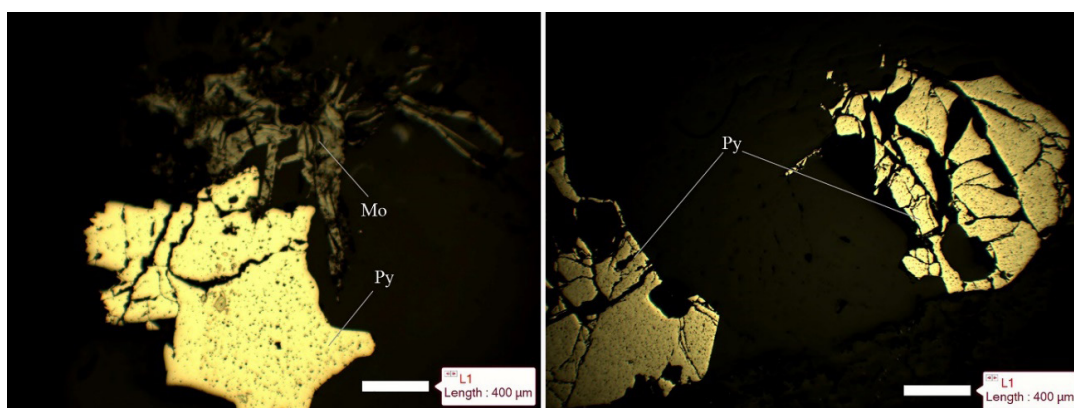
Порфирын фаз тус бүрийн болон тэдгээртэй холбоотой судлуудын минераграфийн найрлагыг үзүүлэв (Хүснэгт 2, Зураг 11-14).

Хүдэр агуулагч порфирын штокын фаз тус бүрийг зүссэн штокверк судлуудад 4 төрлийн хүдрийн эвслүүд ялгагдсан. Үүнд:

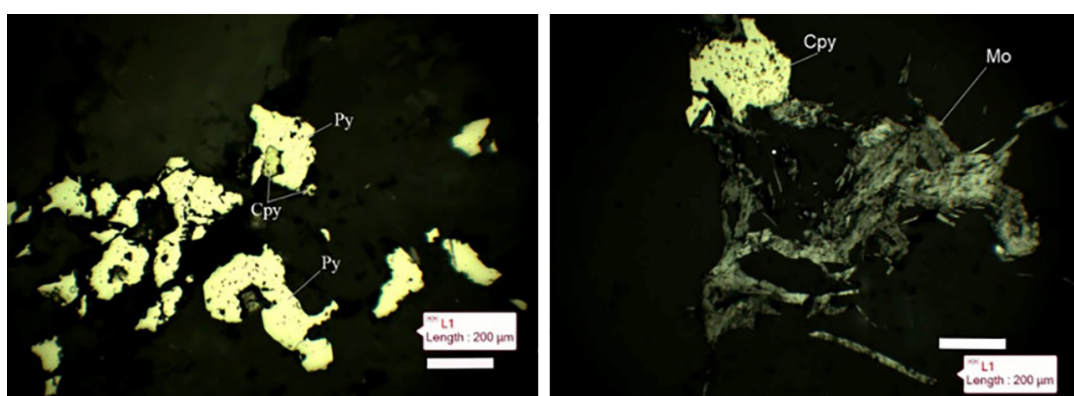
1. Молибденит-пирит-халькопирит (Зураг 11)
2. Пирит- молибденит (Зураг 12)
3. Пирит- халькопирит (Зураг 13)
4. Молибденит-халькопирит (Зураг 14)



Зураг 11. Судал дахь шигтгээлэг молибденит-пирит-халькопирит. Товчилсон үгс: Молибденит (Mo), Пирит (Py), Халькопирит (Cpy), Өсгөлт 20 $\times$.



Зураг 12. Судал дахь шигтгээлэг пирит- молибденит. Товчилсон үгс: Молибденит (Mo), Пирит (Py), Өсгөлт 20 $\times$.



Зураг 13, 14. Судал дахь шигтгээлэг пирит- халькопирит (баруун), молибденит-халькопирит (зүүн). Товчилсон үгс: Молибденит (Mo), Халькопирит (Cpy), Пирит (Py), Өсгөлт 20 $\times$.

Хүснэгт 2. Порфирын фазуудын судлын төрөл болон эрдсийн эвшил

#	Судлын төрөл	Эрдсийн эвшил	Хүдрийн төрөл	Хүдэржилт-ийн эрчим
Түрүү (I) фаз	Магнетит-гематит, кварц-халькопирит судал	магнетит-гематит, халькопирит	сул шигтгээлэг сарнимал хүдэр	сул
Удаах (II) фаз	Кварц-молибденит-пиритийн судал	Пирит-молибденит	судал болон шигтгээлэг	дунд-сайн
Гол (III) фаз	Кварц-молибденит, кварц-молибденит-халькопирит-пириттэй В төрлийн судал	молибденит-пирит-халькопирит, пирит-халькопирит		сайн
Төгсгөлийн (IV) фаз	Кварц-молибденит-пирит, кварц-пирит-халькопиритийн судал	молибденит-пирит-халькопирит,		сайн

Молибдены хүдэржилт нь агуулагч порфирынштоктшигтгээгээр агуулагдахаас гадна плутоноген гидротермаль гаралтай штокверк кварцын судлуудад дийлэнх нь агуулагдана. Ихэвчлэн В төрлийн буюу кварц-молибденит-халькопирит-пиритийн (Sillitoe, 2010) судлуудад агуулагдана. Дээрх зураг болон хүснэгтээс харахад пирит-молибденитийн эвшил түрүү (I)

фазаас бусад бүх порфирын штокын фазуудад тохиолдоно. Харин молибденит-пирит-халькопирит, пирит-халькопиритийн эвшил гол (III) болон төгсгөлийн (IV) фазын чулуулалт тохиолдоно.

Порфирын фаз тус бүрийн болон тэдгээртэй холбоотой судлуудын минераграфийн найрлагыг нэгтгэн харвал доорх байдалтай байна (Хүснэгт 3).

Хүснэгт 3. Порфирын фазуудын минераграфийн найрлага

Түрүү (I) фаз		Удаах (II) фаз		Гол (III) фаз		Төгсгөлийн (IV) фаз	
Хүдрийн эрдэс	%	Хүдрийн эрдэс	%	Хүдрийн эрдэс	%	Хүдрийн эрдэс	%
Магнетит	8-10	Пирит	1-2	Пирит	5-7	Пирит	15
Гематит	0.5-0.8	Молибденит	1	Молибденит	2-3	Молибденит	2-3
Пирит	1-2	Титанит	0.5	Титанит	1	Халькопирит	Цөөн
Титанит	0.7	Гётит	Цөөн	Халькопирит	0.1	Титанит	0.5
Гётит	Цөөн	Гидрогётит	Цөөн	Гётит	Цөөн	Гётит	Цөөн
Халькопирит	Цөөн			Гидрогётит	Цөөн	Гидрогётит	Цөөн
				Ковеллин	Г.н		

Молибденит нь призмлэг, хавтгай, зүүлэг, мурийж тахийсан хэлбэртэй мөхлөгүүдээр тааралдах ба мөхлөгийн хэмжээ 0.01-2.29 мм хүртэл хэмжээтэй ажээ. Заримдаа нэг дор бөөгнөрсөн бөөгнөрлийг үүсгэсэн ба пириттэй ассоциаци үүсгэдэг.

Халькопирит нь тод шар өнгөтэй, зөв бүс хэлбэртэй, 0.01-1.9 мм хэмжээтэй мөхлөгүүдээр тааралддаг. Пиритийн томхон мөхлөг дотор зөв бүс хэлбэртэй мөхлөгүүд шигтгээ байдлаар тааралдаж байна.

Пирит нь цайвар шар өнгөтөй, тэгш өнцөгт, изометрлэг хэлбэртэй мөхлөгүүдээр тааралдах ба мөхлөгийн хэмжээ 0.02-7.0 мм байдаг. Цөөн тооны мөхлөгүүд нь захаасаа гидрогётитоор түрэгдэж түүн дотор реликт байдлаар тааралдаж байна. Хааяа молибдениттой харилцан ургалт үүсгэжээ.

Титанит нь зүүлэг, зөв бүс, урт сунасан призмлэг хэлбэртэй мөхлөгүүдээр тааралдах ба мөхлөгийн хэмжээ 0.01-0.72 мм байна. Зүүлэг, призмлэг хэлбэртэй

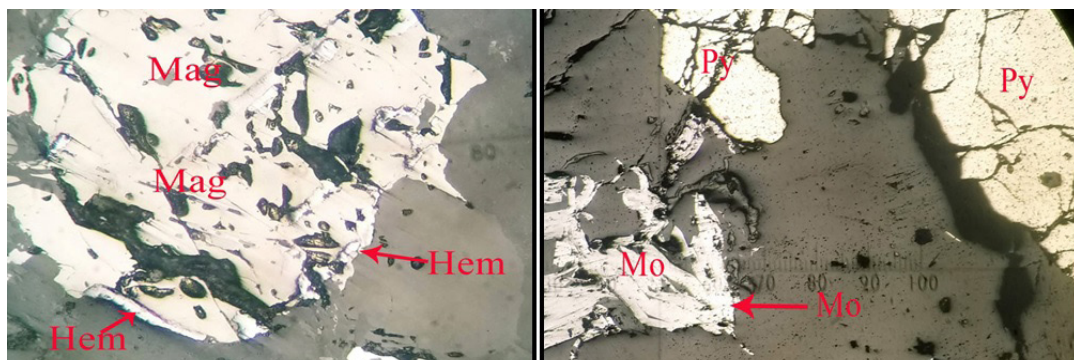
мөхлөгүүд нь өнгөт эрдсийн ан цав дотор ялгарсан байна.

Гидрогётит нь пиритийг түрж үүссэн байхаас гадна чулуулагт жигд нэвчиж, чулуулгийг улбар шаргал өнгөтэй болгосон байна. Гидрогётитийн мөхлөгийн хэмжээ 0.03-0.15 мм байна.

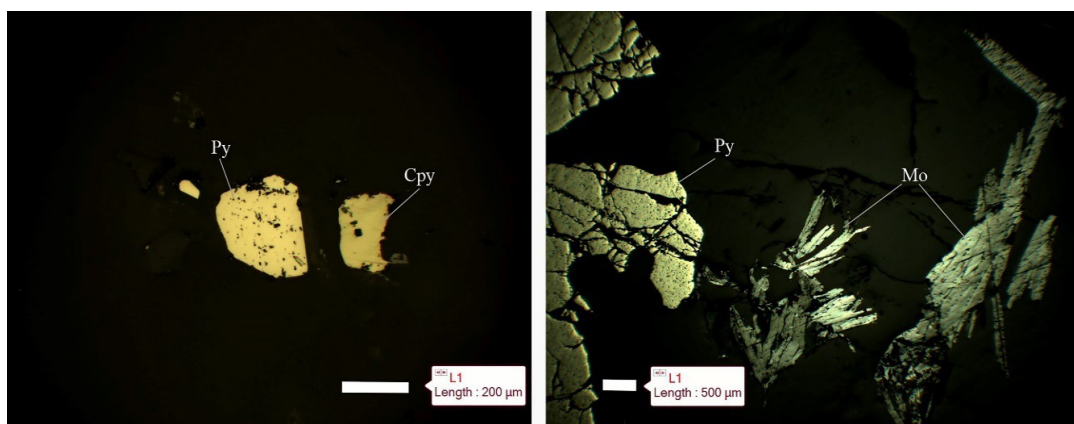
Магнетит нь тэгш өнцөгт, изометрлэг хэлбэртэй мөхлөгүүдээр тааралдах ба мөхлөгийн хэмжээ 0.02-0.45 мм байна. Ихэнх мөхлөгүүд нь захаасаа гематитаар түрэгдсэн байхаас гадна заримдаа пириттэй ассоциаци үүсгэжээ. Тэрхүү түрсэн гематитийн мөхлөгийн хэмжээ 0.01-0.18 мм байна.

Хүдэр агуулагч порфирын штокт мөн өөр найрлагатай судлуудын эвслүүд ажиглагддаг. Эдгээр нь порфирын штокын фаз тус бүрт харилцан адилгүй тохиолдоно.

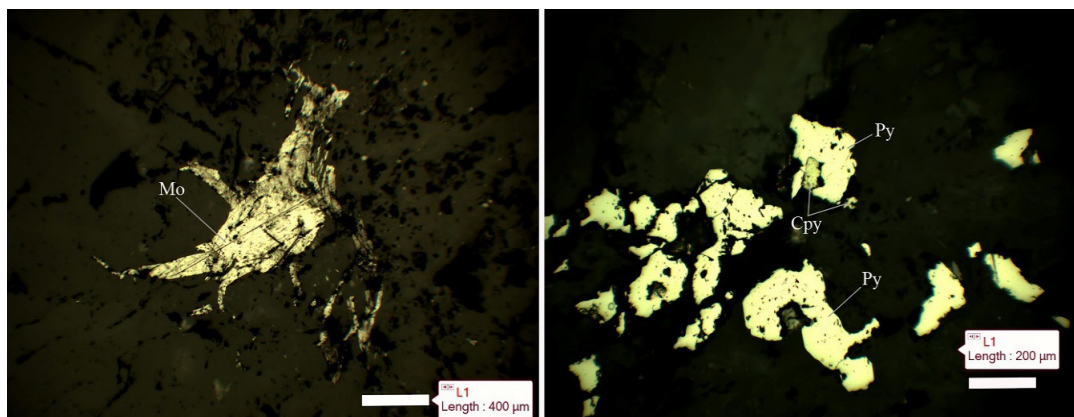
1. Магнетит-гематитийн судал (Түрүү фазын чулуулагт, Зураг 15)
2. Кварц-молибденит-пиритийн судал (Удаах фазын чулуулагт, Зураг 15)
3. Кварц-молибденит, кварц-молибденит-халькопирит-пириттэй В төрлийн судал (Гол фазын чулуулагт, Зураг 16-18)
4. Кварц-молибденит-пирит, кварц-пирит-халькопиритийн судал (Төгсгөлийн фазын чулуулагт, Зураг 19)



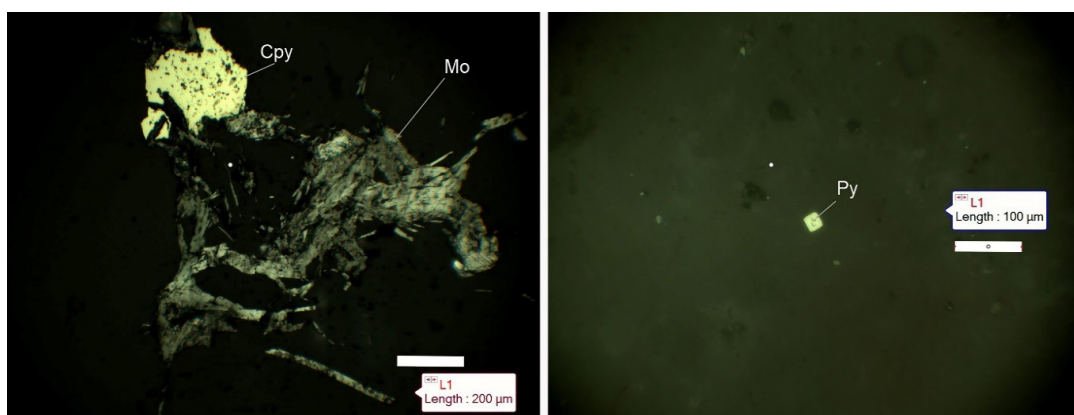
Зураг 15. Sh-04-01-75.Түрүү фаз. Магнетит-гематитийн судал Sh-04-01-55. Удаах фаз. пирит-молибденитийн судал. Магнетит (Mag), Гематит (Hem), № Өсгөлт 50^x. Молибденит (Mo), Пирит (Py) .



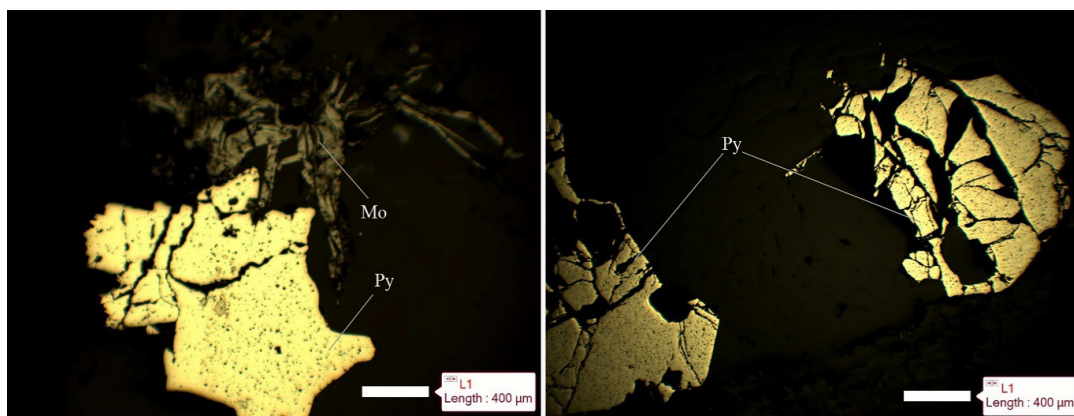
Зураг 16. Sh-04-01-55. Гол фаз. Кварц-молибденит-халькопириттэй-пириттэй В төрлийн судал. Молибденит (Mo), Халькопирит (Cpy), Пирит (Py). № Өсгөлт 20^x



Зураг 17. Sh-04-01-20. Гол фаз. Кварц-молибденитийн судал. Sh-04-01-36 . Төгсгөлийн фаз кварц-пирит-халькопиритийн судал. Молибденит (Mo), Халькопирит (Cpy), Пирит (Py).Өсгөлт 20^x.



Зураг 18. Sh-04-01-15. Гол фаз. Кварц-молибденит-халькопириттэй-пириттэй В төрлийн судал Молибденит (Mo), Халькопирит (Cpy), Пирит (Py).Өсгөлт 20^x.



Зураг 19. Sh-04-01-18. Төгсгөлийн фаз. Кварц-молибденит-пириттэй судал

Хүснэгт 4. Порфирын фазууд дахь хүдрийн эрдэс үүслийн дараалал

Хүдрийн эрдэс	Түрүү (I) фаз	Удаахь (II) фаз	Гол (III) фаз	Төгсгөлийн (IV) фаз
Молибденит				
Пирит				
Халькопирит				
Ковеллин				
Магнетит				
Гематит				
Титанит				
Гётит				
Гидрогётит				

Минераграфийн судалгаанаас харахад түрүү фазын монцоидиорит порфир нь молибдены хүдэржилт сул, халькопирит, магнетит болон түүний ислүүд их хэмжээгээр оролцож байгаа бол удаах фаз нь 1-2% молибденит, пирит мөн тийм хэмжээгээр оролцож байна. Харин гол фазын чулуулаг нь 5-6% хүртэл пирит, 2-3% молибденит, халькопирит, ковеллин багаар агуулдаг бол төгсгөлийн фазад 15% хүртэл харьцангуй их пирит, 2-3% молибденит зэрэг хүдрийн эрдсүүд тогтоогджээ. Эдгээрээс гадна бүх фазын чулуулагт титанит, гётит, гидрогётит тогтоогдсон байна. Дээрх хүдрийн эрдсүүд нь Титанит→ Пирит→ Халькопирит→ Ковеллин→ Гётит→ Молибденит→ Гидрогётит гэсэн дарааллаар үүсжээ. Хүдэр агуулагч порфирын штокын фаз тус бүрийг зүссэн штокверк судлуудад молибденит-пирит-халькопирит, пирит-молибденит, пирит-халькопирит, молибденит-халькопирит гэсэн 4 төрлийн хүдрийн эвслүүд ялгагдсан. Хүдэр агуулагч порфирын штокт дараах хүдэржилттэй судлуудын эвслүүд ажиглагддаг. Эдгээр нь порфирын штокын фаз тус бүрт харилцан адилгүй тохиолдоно. Магнетит-гематитийн судал (Түрүү фаз), кварц-молибденит-пиритийн судал (Удаах фаз),

кварц-молибденит, кварц-молибденит-халькопирит-пириттэй В төрлийн судал (Гол фаз), кварц-молибденит-пирит, кварц-пирит-халькопиритийн судал (Төгсгөлийн фаз)-ын чулуулагт тохиолддог.

Кварцын флюид ормын судалгааны үр дүн

Энэхүү судалгаанд хагас тунгалагаас тунгалаг, мозайк текстуртай хүдрийн эрдэс агуулсан кварцын судал болон хагас тунгалаг нэг тийш чиглэн талсжсан UST кварц хамрагдсан. Уг судалгааг:

1. UST текстуртай кварцын судал
2. Кварц-молибденитын судлыг зүссэн кварц-пирит-молибденитийн судал
3. Кварц—молибденит-пирит-халькопиритийн судлыг зүссэн кварц-пиритийн судлуудад хийсэн.

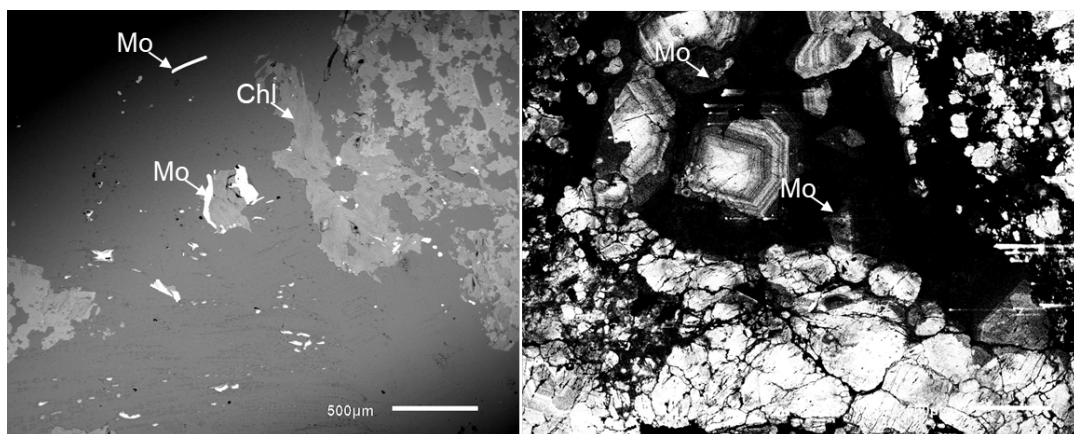
UST текстуртай кварцын судлыг порфирын ордуудад онцлог учир хүдэр агуулаагүй ч хүдэртэй судлаас ором, давсжилт, температураараа ямар ялгаатайг харуулах, харин хүдэр агуулагч 2 төрлийн судлыг үүссэн талсжилтын температур, хүдрийн уусмалын эх үүсвэр найрлагыг судлах гэсэн үндэслэлээр ормын судалгааг хийсэн. Судалгаанд хамрагдсан дээжүүдэд хийсэн катодолюминесценци судалгаагаар хүдэр үүсгэгч гидротермаль судлуудын 2 үе шатыг ялгаж болохоор байна, Үүнд;

(А) үндсэн хүдрийн үе шат кварц + калийн хээрийн жонш ± молибденит ± пирит; (Б) кварц + хлорит + пирит + халькопирит + молибденит агуулсан судлууд. Дээрх 2 үе шатны судлууд нь порфирын штокын гол (III) болон төгсгөлийн (IV) фазын чулуулагт ихэвчлэн тохиолдоно. Ихэнх хүдэр 2 ба 3-р үе шатанд үүссэн ажиглагдана.

UST кварцын SEM-CL-дүрс нь үеийн оройн хэсэгтээ долгиолсон ургалтын бүсүүд эрчимтэй хөгжиж байсан бол үеийн

төгсгөлд цагаан өнгөтэй микромозайк текстур бүхий бүтэцтэй болохыг харуулж байна. Мөн уг кварц нь дараа үеийн бараан өнгөтэй кварцуудаар ан цавууд дүүргэгдсэн болон микро ан цавуудаар торлогдон хэрчигдсэн байна (Зураг 20).

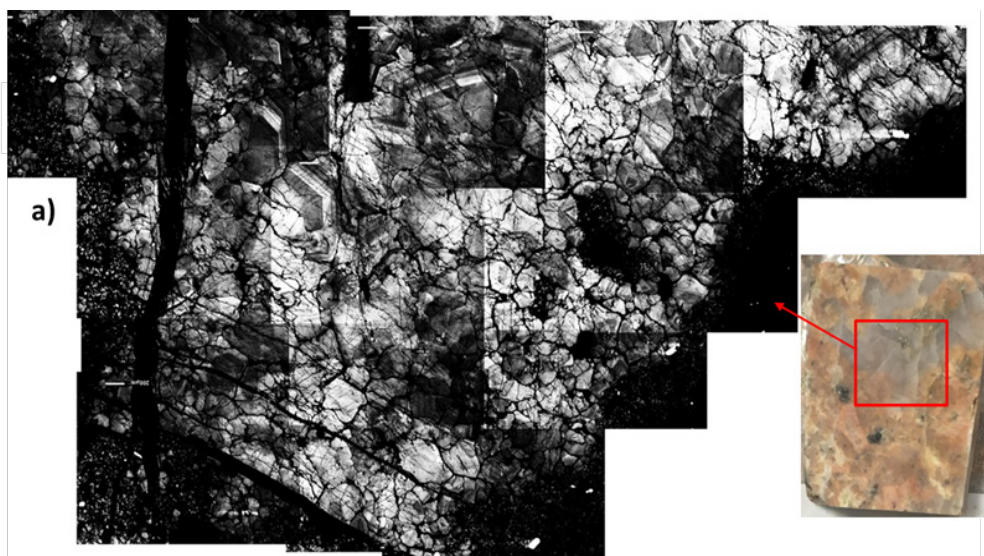
Порфирын төрлийн хүдэржилттэй зэс-алтны ордуудад хий шингэн ормын гомогенжих температур 200°C-700°C байдаг бөгөөд давсжилт нь голдуу 0-70 wt,% байдаг байна (Wilkinson, 2001).

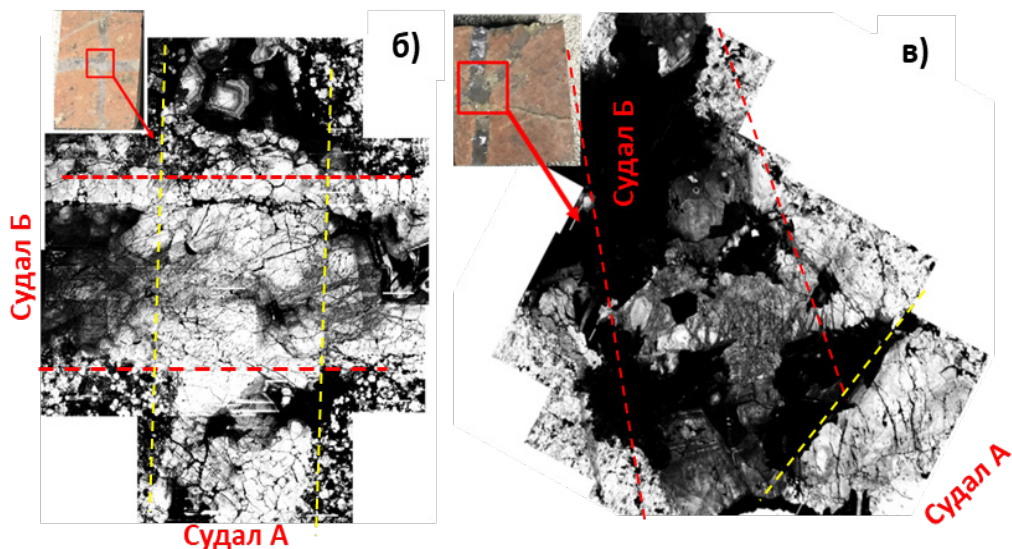


Зураг 20. А судлын SEM-CL дүрсийн үр дүн

SEM-CL судалгаагаар А судалд дотоод бүтцийн хувьд 2 генерацийн кварц ажиглагдана. 1-р генерацийн кварц нь цайвар өнгөтэй ургалтын бүсүүд сайн

хөгжсөн сайтар талсжсан кварцаас тогтох ба харин 2-р генерацийн хүдрийн эрдэс агуулсан кварц нь бараан хар өнгөтэй тохиолдож байна (Зураг 20).





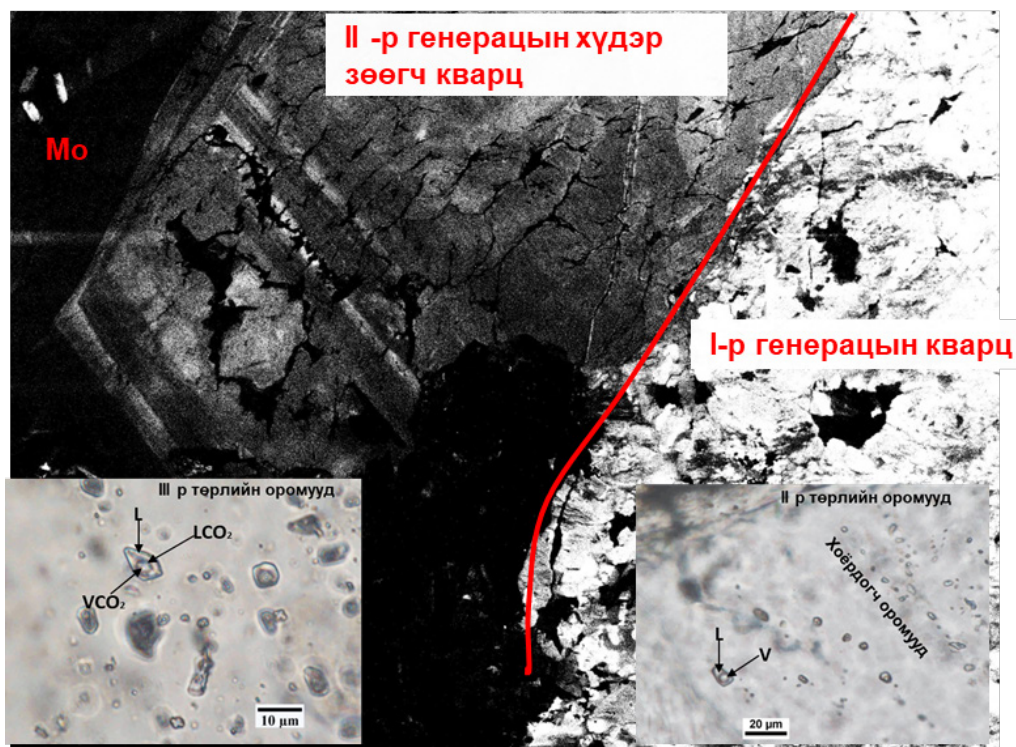
Зураг 21. SEM-CL-дүрсийн үр дүн: а) UST кварцын SEM-CL дүрс, б болон в). Гол хүдэржилт агуулсан гидротермаль кварцын судлуудын SEM-CL дүрс.

Флюид ормын судалгааны үндсэн судалгаа бол ормын петрографийн судалгаа бөгөөд тасалгааны температурт ормын петрографийн судалгааг хийхдээ энгийн петрографийн дээжүүдээс зузаан буюу 50 μm -ээс зузаангүйгээр 2 талыг өнгөлсөн нимгэн пластинк дээж бэлтгэх бөгөөд флюид ормыг судлахад тохиромжтой тунгалаг эрдэс болох кварцад хийв. Судалгааг хийхдээ энгийн петрографийн микроскопд 5х-50х хүртэл өсгөлттэй линзүүдээр флюид ормуудыг ажиглан микротермометр хэмжихэд тохиромжтой хэмжээтэй буюу 5 μm болон түүнээс дээш хэмжээтэй фазын өөрчлөлт сайн харагдах анхдагч ормуудыг сонгон тодорхойлон бичив.

Судалгаанд хамрагдсан кварцын судлуудад хий-шингэн (ХШ), хийн (Х) болон хий-шингэн-хатуу (ХШХ), ганцаас олон фаз бүхий хийн компонентээр баялаг уусмалаас тогтох ба тэдгээр нь хийн фазыг Х-10-30% болон Х-30-60% агуулсан байна. Мөн CO_2 агуулсан ормууд цөөнгүй тохиолдож байв. Ормын петрографи болон микротермометрийн шалгуур үзүүлэлтэд үндэслэн доорх 4 төрлийн флюид ором ангилав.

- I. CO_2 хий бүхий нэг фазат хийн
- II. Хий- шингэн хоёр фазат
- III. $\text{CO}_{2\text{L}}$ - $\text{CO}_{2\text{H}}$ – шингэн гурван фазат
- IV. Охин эрдэс-хий-шингэн гурван фазат

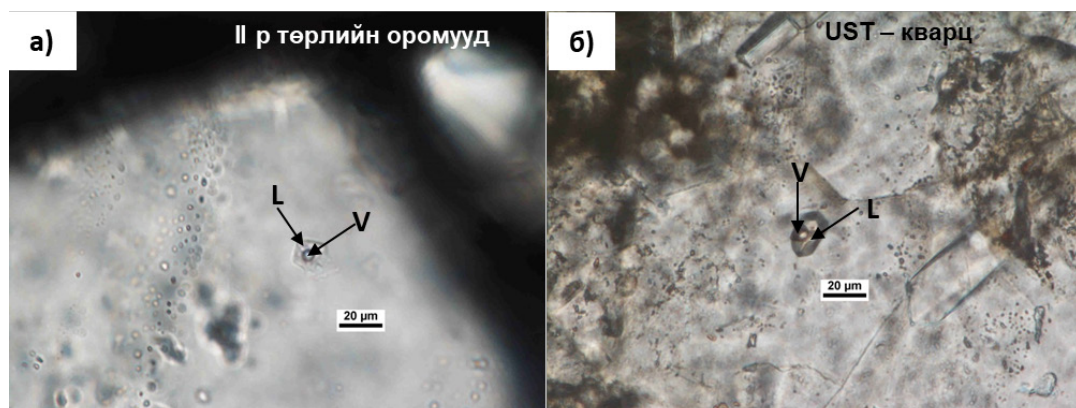
А, Б-р үе шатанд үүссэн гидротермаль кварцад дээрх 4 төрлийн ормыг бүгдийг нь ажиглаж болно. UST кварцад зөвхөн I болон II-р төрлийн ормууд тохиолдоно. II-р төрлийн ормууд нь нь 260-438°C-ийн хооронд гомогенжих температур, 5-19.9 wt.% NaCl Equiv давсжилттай байна. III-р төрлийн ормууд 250-аас 380°C-ийн хооронд гомогенжиж, 5-13wt.% Equiv давсжилттай байна. IV-р төрлийн ормууд 135-226°C-ийн хооронд гомогенжих температур, 11-18.6 wt.% Equiv давсжилттай байна. Охин эрдэс бодис болох галит болон зарим үл мэдэгдэх эрдэс бодисууд нь IV-р төрлийн ормуудад ажиглагдах бөгөөд ормууд нь хий шингэнээр баялаг NaCl- H_2O найрлагатай давсжилт өндөртэй, гомогенжих температур багатай байна (Хүснэгт 5). UST-кварцын судалд зөвхөн I (CO_2 хий бүхий нэг фазат хийн), II (Хий- шингэн хоёр фазат) төрлийн ормууд тохиолдоно. UST-кварцын судлын ором нь 550-600°C-ийн хооронд гомогенжих температур, 3-10 wt.% давсжилттай байна.

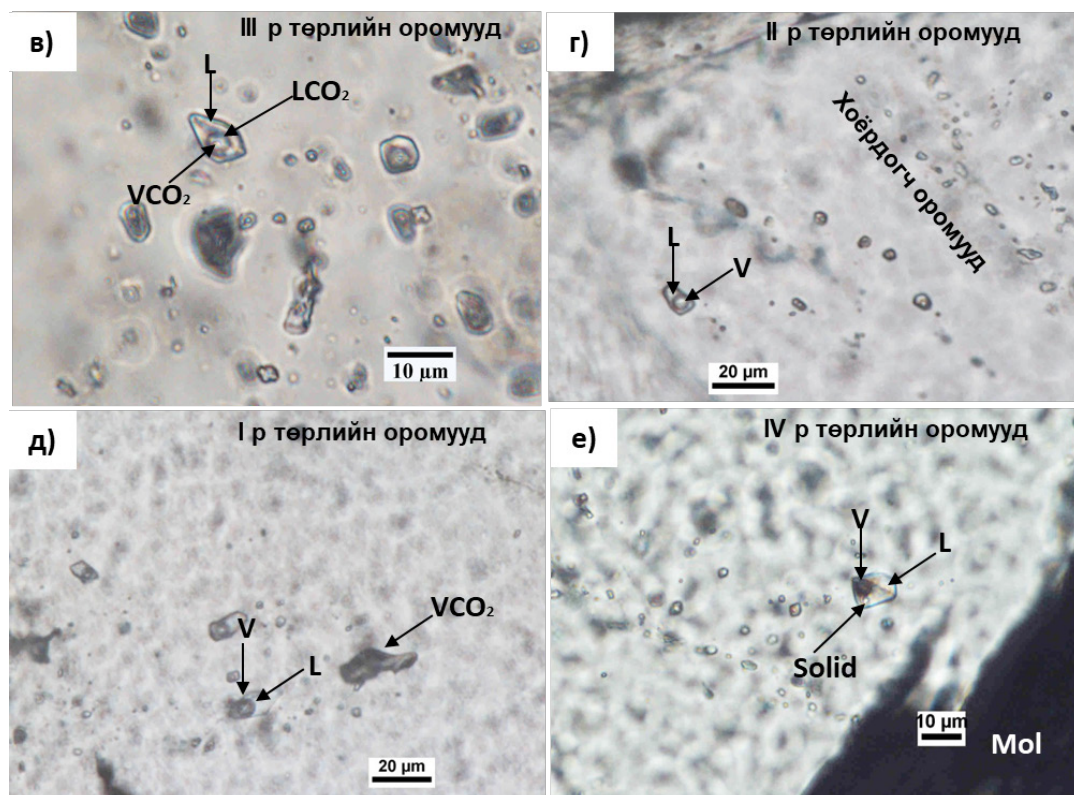


Зураг 22. Судалгаанд хамрагдсан дээжүүдэд тохиолдох флюид ормуудын байршлын тогтоц болон флюидын найрлага (А судал дээр).

Судалгааны үр дүнгээс харахад гол хүдэржилт зөөгч кварцын ормууд нь $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}-\text{CO}_2$ найрлагатай флюидээр баяжсан маагмын гидротермаль уусмалын шилжилтийн бүсэд үүссэн байна.

Эхэн үеийн хүдэржилт флюидээр баялаг харьцангуй бага давсжилт, хэмжээ том 8-18µм ба гомогенжих температур $T_g = 220-489^\circ$, II-р төрлийн $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$ системийн ормууд тохиолдоно (Зураг 23).



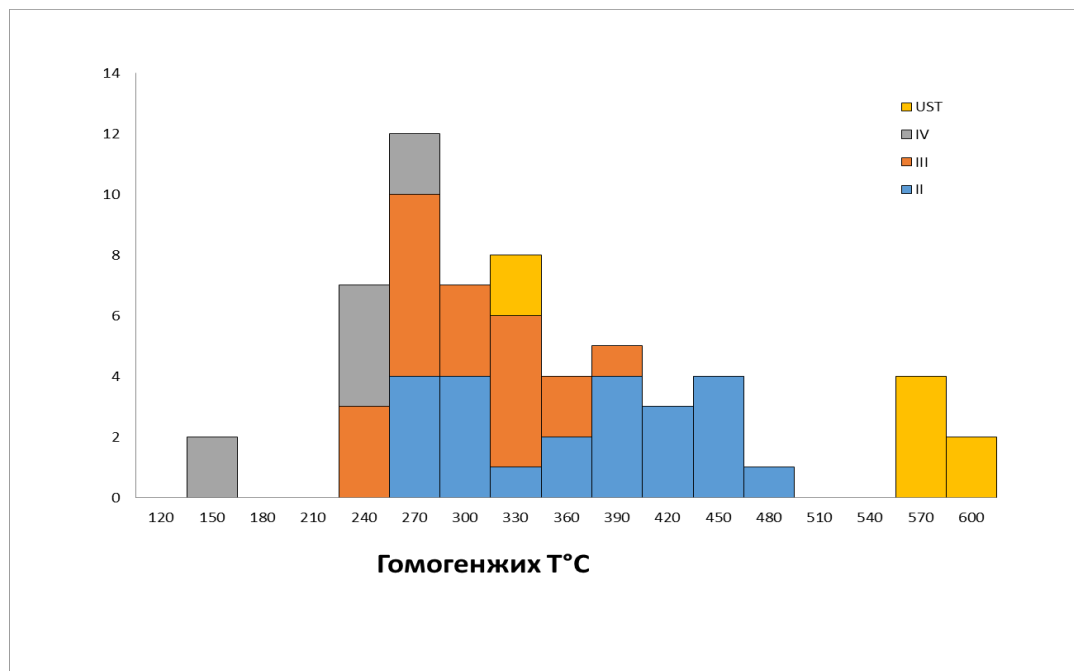


Зураг 23. Судалгаанд хамрагдсан дээжүүдэд тохиолдох флюид ормууд. Товчилсон үгс: (L)-шингэн, (S)-хатуу, (V)-уур. а) Хийн фазыг 10-20% хүртэл агуулсан шингэн давамгайлсан 2 фазтай ормууд, б) UST кварцын өндөр температурын хоёр фазат ормууд, в) Бараан өнгөтэй хий - шингэн 3 фазат III-р төрлийн ором, г) Хийн фазыг 10-20% хүртэл агуулсан шингэн давамгайлсан 2 фазтай II-р төрлийн ормууд, д) CO_2 хий бүхий нэг фазат хийн I-р төрлийн ормууд, е) Хийн фазыг 10-20% хүртэл агуулсан шингэн давамгайлсан 3 фазтай ормууд. Хоёрдогч ормуудын кварцын мөхлөгт тохиолдох байршил.

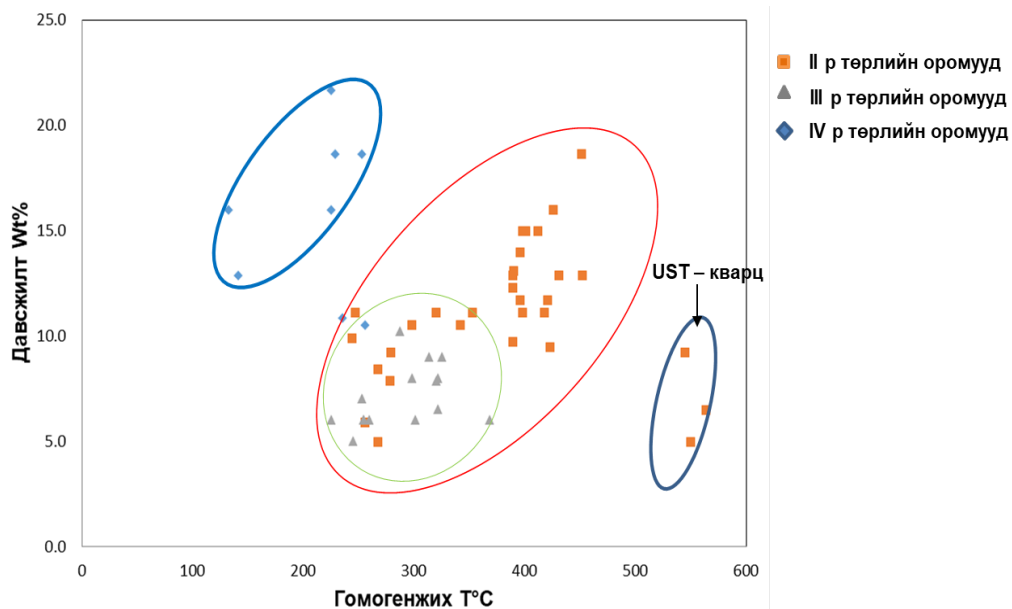
Хүдэржилтийн сүүлийн шатанд флюидын найрлага өөрчлөгдөн III-р төрлийн ормууд буюу $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}-\text{CO}_2$ системийн ормууд тохиолдож байна (Зураг 23).

Хүдэр үүсгэгч уусмал нь байгаль дээр ихэвчлэн өндөр температуртай, давсжилт

ихтэй, $f\text{O}_2$ их, CO_2 өндөр агууламжтай байдаг ба шингэнийг буцалгахад CO_2 ялгарч, $f\text{O}_2$ буурч, хүдрийн эрдсүүд зөөвөрлөгдөх боломж ихсэн ордуудыг үүсгэдэг (Зураг 24, 25).



Зураг 24. Флюид ормуудын гомогенжих температурыг харуулсан гистограмм



Зураг 25. Флюид ормуудын гомогенжих температур болон давсжилтыг харуулсан диаграмм

Хүснэгт 5. Флюид ормын хэмжилтийн үр дүн

Sample No.	F.I. No.	Homogenization temperature	Equivalent to NaCl	hold minerals	Final Ice melting	Freezing T	Type
			Salinity				
Төгсгөлийн (IV) фаз	1	353	11.1	Quartz	-7.5	-85	II
	2	398	11.1	Quartz	-7.5	-85	II
	3	325	9	Quartz	2	-85	III
	4	389	9.7	Quartz	-6.2	-85	II
	5	372	11.1	Quartz	-7.5	-85	II
	6	389	12.28	Quartz	-8.5	-85	II
	7	423	9.45	Quartz	-6.2	-85	II
	8	321	8	Quartz	3	-85	III
	9	298	8	Quartz	3	-85	III
	10	225	15.96	Quartz	-12	-85	IV
	11	296	8	Quartz	3	-85	III
	12	421	11.7	Quartz	-8	-85	II
	13	418	11.1	Quartz	-7.5	-85	II
	1	451	18.63	Quartz	-15	-90	II
	2	426	15.96	Quartz	-12	-90	II
	3	412	14.97	Quartz	-11	-90	II
	4	398	14.97	Quartz	-11	-90	II
	5	398	6	Quartz	5	-90	III
	6	287	10.2	Quartz	1	-90	III
	7	452	12.9	Quartz	-9	-90	II
	8	313	9	Quartz	2	-90	III
	9	342	10.5	Quartz	-6	-90	II
	10	256	10.5	Quartz	-7	-90	IV
	11	235	10.9	Quartz	-7.5	-90	IV
	12	396	11.7	Quartz	-8	-90	II
Гол (III) фаз	1	298	10.5	Quartz	-6.7	-100	II
	2	279	9.2	Quartz	-6	-100	II
	3	254	6	Quartz	5	-100	III
	4	259	6	Quartz	5	-100	III
	5	301	6	Quartz	5	-100	III
	6	389	12.9	Quartz	-9	-100	II
	7	390	13.1	Quartz	-9.2	-100	II
	8	401	15	Quartz	-11	-100	II
	9	225	21.7	Quartz	-19	-100	IV
	10	253	18.6	Quartz	-15	-100	IV
	11	396	13.9	Quartz	-10	-100	II
	12	431	12.9	Quartz	-9	-100	II

Удаах (III) фаз	1	245	5	quartz	6	-90	III
	2	545	9.2	quartz	-5	-90	II
	3	550	5	quartz	-3	-90	II
	4	564	6.5	quartz	-4	-90	II
	5	320	7.9	quartz	-5	-90	III
	6	321	6.5	calcite	-4	-90	III
	7	594	5	quartz	6	-90	II
	8	597	6	calcite	5	-90	II
	9	584	1.74	calcite	-1	-90	II
	10	571	3.39	quartz	-2	-90	II
Төгсгөлийн (IV) фаз	1	278	7.9	quartz	-5	-90	II
	2	267	5	quartz	-3.8	-90	II
	3	229	18.6	quartz	-15	-90	IV
	4	132	16	quartz	-12	-90	IV
	5	141	12.9	quartz	-9	-90	IV
	6	256	5.9	quartz	-3.6	-90	II
	7	267	8.41	quartz	-5.4	-90	II
	8	244	9.86	quartz	6.5	-90	II
	9	247	11.1	quartz	-7.5	-90	II
	10	225	6	quartz	5	-90	III
	11	254	6	quartz	5	-90	III
	12	253	7	quartz	4	-90	III

Гомогенжих температур болон давсжилтыг харьцуулсан диаграмаас харахад уг судлуудын ормууд нь молибдены порфирын төрлийн хүдэржилт гэдгийг илтгэж болохоор байна.

Хүдэржилтийн төрөл

Шувуутайн молибдены хүдэржилт нь түрүү пермийн настай олон фазат порфирын штоктой орон зай, гарал

үүслийн хувьд нягт холбоотой. Молибдены хүдэржилт нь агуулагч порфирт шигтгээгээр агуулагдахаас гадна плутоноген гидротермаль гаралтай штокверк кварцын судлуудад дийлэнх нь агуулагдана. Ихэвчлэн В төрлийн буюу кварц-молибденит-халькопирит-пиритийн (Sillitoe, 2010) судлуудад агуулагдана (Зураг 26, 27).



Зураг 26. Молибдены хүдэржилтийг агуулж буй В төрлийн буюу кварц молибденит-халькопирит-пиритийн судлууд (120 м-ийн гүнд, цооногийн дугаар #SH-04-01)



Зураг 27. Молибдениттэй судлууд (154 м-ийн гүнд, цооногийн дугаар #SH-05-01)

Хэлэлцүүлэг. Шувуутайн молибдены ордын хүдэржилт, гарал үүслийн асуудал

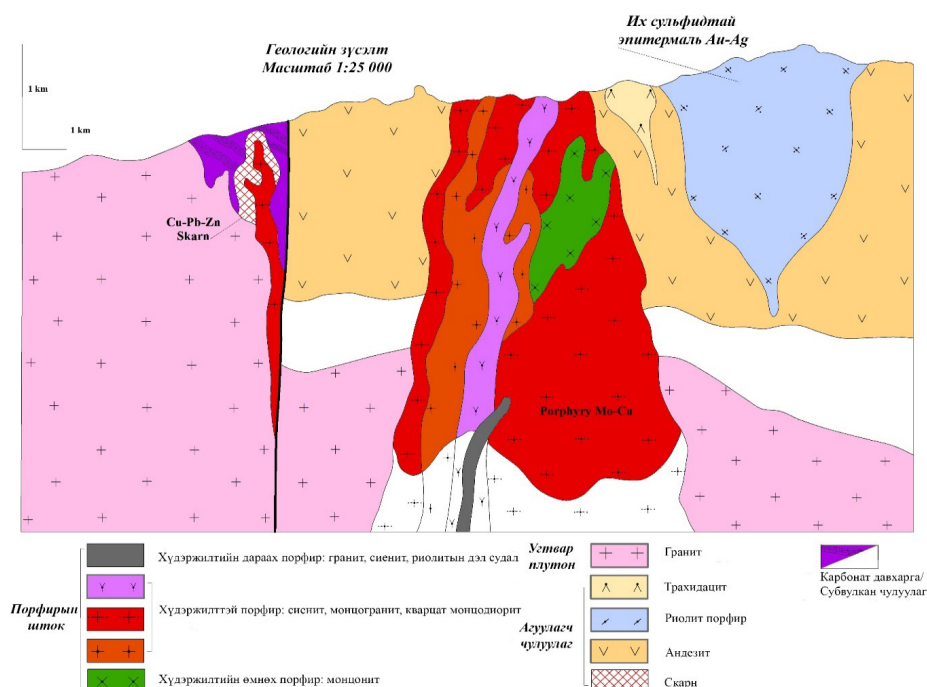
Судлаачдын дэвшүүлсэн порфирын ордын загвар (Sillitoe, 2010)-тай харьцуулж үзэхэд Шувуутайн гранитоидын шток биетийг порфирын штоктой (porphyry stock), Солгой худгийн массивыг угтвар плутоной (precursor pluton) дүйцүүлж үзэх боломжтой юм. Молибден агуулсан порфирын зэс,

зэс-молибден, молибден-зэс, молибдены ордууд нь арлан нум, эх газрын нум, эх газрын рифтийн вулкан-плутон бүсүүдээр порфирын интрузивтэй гарал үүсэл, орон зайн нягт холбоотой үүсдэг.

Эх газрын рифтийн нөхцөлд үүссэн молибдены порфирын хүдэржилтийг дэлхий нийтэд Клаймакс төрөлд хамааруулж үздэг байна (Хүснэгт 6).

Хүснэгт 6. Молибдены штокверк төрлийн ордуудын харьцуулалт

Шувуутайн порфирын шток	Молибдены штокверк төрлийн ордууд (Клаймакс орд)
400 x 1500 м хэмжээтэй цагираг бүтэцтэй	300 x 1500 м хэмжээтэй цагираг бүтэцтэй
Босоо чиглэлд: 1 km	Босоо чиглэлд: 1 km
Олон фазтай. 4 фазын бүтэцтэй Түрүү фаз. Монцонит порфир Удаах фаз. Кварцтай монцодиорит порфир Гол фаз. Монцогранит порфир, сиенит, кварцат сиенит порфир Төгсгөлийн фаз. Кварцат сиенит порфир, шүлтлэгдүү гранит порфир	Хүчиллэг найрлагатай олон фазтай интрузив (монцонит порфир, аплит порфир, гранит порфир)
Цагариг хэлбэрийн хагарал тогтоогдсон. Хүдэржилт агуулагч кварц-сульфидын судлууд нь мөн цагираг хэлбэртэй илэрдэг	Судлууд нь цагариг болон цацраг хэлбэртэй хагаралд байрласан
Магнетит-гематитийн судал Кварц-молибденит-пиритийн судал Кварц-молибденитийн судал Кварц-молибденит-халькопирит-пириттэй B төрлийн судал Кварц-молибденит-пиритийн судал Кварц-пирит-халькопиритийн судал	Штокверк нь нийлмэл олон төрлийн судлууд хөгжсөн
Хүдрийн гол эрдэс нь молибденит-пирит-халькопирит	Хүдрийн гол эрдэс нь молибденит-пирит-халькопирит
Хүдэр нь шигтгээ болон судал хэлбэрээр агуулагдана.	Хүдэр нь шигтгээ-судаллаг текстуртай
Молибдены дундаж агуулга 0.04-0.05%	Молибдены дундаж агуулга 0.1-0.3%



Зураг 28. Шувуутайн ордын хүдэржилтийн гарал үүслийн загвар

Шувуутайн молибдены хүдэржилт нь Төв Монголын вулкан-плутон бүсийн пермийн цаг үед хэлбэржсэн эх газрын рифтийн нөхцөлд хамаарна. Шувуутайн молибдены ордын хүдэржилт нь түрүү пермийн настай олон фазат порфирын штоктой орон зай, гарал үүслийн хувьд нягт холбоотой. Молибдены хүдэржилт нь агуулагч

порфирт шигтгээгээр агуулагдахаас гадна плутоноген гидротермаль гаралтай штокверк кварцын судлуудад дийлэнх нь агуулагдана. Ихэвчлэн В төрлийн буюу кварц-молибденит-халькопирит-пиритийн (Sillitoe, 2010) судлуудад агуулагдана (Зураг 28).

Хүснэгт 7. Шувуутайн молибдены ордыг Монгол орны болон Клаймакс төрлийн молибдены порфирын төрлийн ордуудтай харьцуулсан байдал

#	Шувуутай	Зуун мод	Өндөр Цахир	Мандал	Клаймакс
Хүдэржилт агуулж буй интрузивийн нас	Түрүү пермь Шувуутай	Хожуу карбон-Түрүү Пермь Бага- Овоот	Түрүү пермь Боом	Түрүү пермь	Цэрд-Кайнозой
Чулуулгийн төрөл	Монцонит-сиенит-гранит	Монцонит-граносиенит-лейкогранит	Гранит-лейкогранит	Гранит-лейкогранит	Риолит порфир, гранит порфир, аплит порфир
Агуулагч формац, нас	Сизурал серийн Иххад, Неопротерозой Оорцог формац	Доод карбон Хөвийнхар формац	Доод кембри Баянгол формац	Неопротерозой	-
Геодинамик орчин	Эх газрын рифт	Эх газрын идэвхт хаяа (Рифт)	Эх газрын идэвхт хаяа	Эх газрын идэвхт хаяа	Рифт
Суурь структур	Идэрмэгийн эх газрын идэвхгүй хаяа	Алтайн чанадын арлан нум	Завханы хотгор	Хөвсгөлийн хотгор	-
Формацын найрлага	Терриген-карбонат	Андезит-граувакк	Терриген-карбонат	Терриген-карбонат	-
Террейн	Идэрмэг	Алтайн чанад террейний Хөвийн хар суб террейн	Завхан-Орхон	Дархад	-
Гарал үүсэл	Мо-порфир	Мо-Su порфир	Скарн, Мо-порфир	Скарн, Мо-порфир	Мо-порфир
Хүдрийн эрдэс	Молибденит	Молибденит-халькопирит	Молибденит-пирротин	Молибденит	Молибденит
Гомогенжих температур, давсжилт	200-600°C 3-20 wt%				200-600°C 3-30 wt%
Геофизик					
Соронзон	Өндөр	Дунд-өндөр	Дунд-өндөр	Дунд-өндөр	-
Туйлшрал	Дунд	Дунд	Өндөр-дунд	Дунд	Дунд
Эсэргүүцэл	Дунд-сул	Дунд-сул	Сул	Дунд	Дунд-сул

Хүснэгт 7-оос харахад Шувуутайн молибдены орд нь бусад молибдены ордуудаас террейн, гарал үүсэл, агуулагч чулуулаг гэх мэт шинжүүдээрээ өөр байгаа боловч нас, найрлага, геодинамик орчин, хүдрийн эрдэс, геофизикийн шинжүүдээрээ ижил төстэй байна. Энэ нь Шувуутайн молибдены ордыг порфирын төрлийн хүдэржилт мөн гэж болох нэг үндэслэл юм.

Порфирын шток биетийн ерөнхий шинж тэмдэгүүдтэй (Sillitoe, 2010) Шувуутайн порфирын штоkyг харьцуулж үзэхэд мөн нийцэж байна.

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү өгүүлэлд Шувуутайн молибдены порфирын төрлийн хүдэржилтийн эрчим, цар хүрээ, ашигт бүрдвэрүүдийн агуулга, эдийн засаг-үйлдвэрлэлийн ач холбогдлыг дүгнэхийг урьтал болгосонгүй. Харин геологийн тогтоц, байрлаж буй стрүктүрийн болоод магмын шалгуурууд, гарал үүслийн загвар болоод хүдэржилтийн төрөл, хүдэржилтийг дагуулагч порфирын штоkyн дотоод бүтэц, геохими, петрографи, минераграфи, петрохимийн найрлага, хүдэр үүсгэгч гидротермаль уусмалын хийшингэн ормын судалгааг тодруулан цогцоор дүгнэхэд гол анхаарлаа хандууллаа. Үүний дүнд дараах дүгнэлтүүдийг хийж болохоор байна.

- Петрографийн судалгаагаар түрүү болон удаах фазын чулуулгууд нь хлорит-серицитийн хувиралд, гол ба төгсгөлийн фазын чулуулгууд нь калийн хээрийн жоншжих хувиралд өртсөн байна.
- Минераграфийн судалгаагаар түрүү фазын монцодиорит порфир нь молибдены хүдэржилт сул бол удаах фаз нь 1-2% молибденит, пирит мөн тийм хэмжээгээр оролцож байна. Харин гол болон төгсгөлийн фазын чулуулагт пирит-молибденит, пирит-халькопирит гэсэн хүдрийн эрдсүүд эвшил үүсгэсэн.
- Петрохимийн судалгаагаар шүлтлэг

эгнээний гранит-граносиенит, шохойлог шүлтлэг маагмаас эхтэй, хожуу орогены шатанд үүссэнийг тогтоов.

- Ормын петрографи болон микротермометрийн шалгуур үзүүлэлтэд үндэслэн 4 төрлийн флюид ором ангилав. Үүнд: UST кварцад зөвхөн I болон II-р төрлийн ормууд тохиолдоно. II-р төрлийн ормууд нь нь 260-438°C-ийн хооронд гомогенжих температур, 5-19.9 wt.% NaCl Equiv давсжилттай бол III-р төрлийн ормууд 250-аас 380°C-ийн хооронд гомогенжиж, 5-13wt.% Equiv давсжилттай байна. IV-р төрлийн ормууд 135-226°C-ийн хооронд гомогенжих температур, 11-18.6 wt.% Equiv давсжилттай байна.
- Геологийн зураглалын үед өөр хоорондоо найрлагын хувьд ойролцоо ч бие биенийгээ зүссэн геологийн хилтэй 4 фазын бүтэцтэй порфирын штоkyг зураглав. Хүдэр агуулагч гранитын биетийн төв хэсэгт зүүн хойш чигтэй шугаман хагарлууд болон баруун хойш чигтэй шилжээс хагарлуудаар хэрчигдсэн цагариг хэлбэрийн хагарал тогтоогдсон.
- Порфирын ордуудын шинж тэмдэг, хүдэржилт, гарал үүслийн загвар дагуу Мо-порфирын төрлийн шинжийг илэрхийлж байна.
- Шувуутайн талбайн молибдены хүдэржилт нь эх газрын рифтийн нөхцөлд бүрэлдсэн гранитоидтой холбоотой тул эх газрын рифтийн буюу Клаймакс төрлийн порфирын хүдэржилтэд хамааруулж үзэх боломжтой байна.

ТАЛАРХАЛ

Энэхүү өгүүллийг бичихэд зөвлөгөө өгч тусалж дэмжиж байсан доктор Б.Дэлгэрцогтод талархал илэрхийлье. Судалгааг МУИС-ийн Өндөр түвшний судалгааны төсөл (P2021-4178)-н хүрээнд гүйцэтгэв.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- Алтанхуяг, Г., Жаргалан, С., Энхжаргал, Б., Бат-Эрдэнэ, Г., Хачиа, Ж., Зуун модны Мо-Си порфирийн ордын хүдэр агуулагч интрузивийн насны асуудал. Алтанхуяг, Г., 2018. Молибдений порфирын ордын ангилал, гарал үүсэл. Хайгуулчин 59, х. 243-521.
- Батжаргал, Ш., 2006. Егүзэрийн молибден-ховор металлын ордын үелэн судалтсан боржинцор чулуулгийн гарал үүслийн тухай. Монгол орны ашигт малтмалын ордын геологи минералоги, металлогенийн асуудал номонд, Улаанбаатар, Мөнхийн үсэг, х. 264-268.
- Буянбадрах, Р., “Алмаас” ХХК-ны Өмнөговь, Дундговь аймгуудын нутагт 1992 онд хийсэн пироксилитийн эрэл. Тайлангийн дугаар #4797ф.
- Бямба, Ж., Дэлгэрцогт, Б., 2013. Монголын нутаг дэвсгэрийн геодинамик ба металлоген, Хайгуулчин 48, х.73-99.
- Бямба, Ж., 2012. Геотектоник. Улаанбаатар, Соёмбо принтинг, 484 х.
- Бямба, Ж., 2013. Литосферийн плитийн тектоник. Монголын геологи ба ашигт малтмал цуврал, боть IV, Улаанбаатар, Соёмбо принтинг, 494 х.
- Гүндсамбуу, Ц., 2004. Геология и закономерности размещения месторождений олова, вольфрама и молибдена Монголий. Улаанбаатар, 189 с.
- Жаргалан, С., Энхжаргал, Б., Алтанхуяг, Д., 2017. Молибден. Металл ашигт малтмал, Улаанбаатар, х. 51-60.
- Заботкин, Л.В. и др. 1979-1982. О результатах групповой геологической съёмки масштаба 1:200000 проведённой в Средне-Гобийском районе Монгольской Народной Республики. Тайлангийн дугаар #3676ф.
- Киселев, Н.П., Стельмах, А.И., Арвис-Эрдэнэ, П., 1976. 1:500 000-ны масштабын гидрогеологийн тайлан. Тайлангийн дугаар #2385ф.
- Коваленко, В.И., Кузьмин, М.И., Зоненштейн, Л.П., 1987. Редкометалльные гранитоиды Монголии.
- Нарантуяа, П., Ухнаа, Г., Бат-Өлзий, Д., 2016. Харганы ам молибдений ордын геологи, эрдэслэг бүрэлдэхүүн. Хайгуулчин 56, х 33-43.
- Нармандах, Ж. нар, 1992-1994 онуудад Сант-Уулын талбайд 1:50000-ны масштабтай явуулсан шлих, литохимийн сорьцолтын үр дүнгийн тайлан. Тайлангийн дугаар #4800ф.
- Оюунгэрэл, С., Мягмарсүрэн, С., 2010. Хүдрийн эрдсийг ойсон гэрлийн микроскопоор судлах. Хүдрийн эрдсийг тодорхойлох минераграфийн аргууд, Улаанбаатар, ШУТИС, Геологи Газрын Тосны Сургууль, II бүлэг, х 87-89.
- Оюунгэрэл, С., Жаргалан, С., Батбаяр, Б., Ватанабэ, К., 2019. Олон овоот алтны ордын хүдрийн уусмалын оромын судалгаа. Хайгуулчин 60, х 132-142.
- Оюунгэрэл, С., Жаргалан, С., Батбаяр, Б., Ватанабэ, К., Адриан, Б., 2018. Олон овоотын алтны бүлэг ордуудын тогтвортой изотоп (S, O, C) ба флюид оромын судалгааны үр дүн. Хайгуулчин 59, х. 200-210.
- Сувд-Эрдэнэ, Л., Жаргалан, С., Ватанабэ, Я., 2016. Улааны худаг талбайн геологийн тогтоц, кварц дахь хий шингэн оромын судалгаа. Хайгуулчин 56, х-44-54.
- Төмөртоогоо, О., 2012. Монгол орны ороген мужуудын тектоник мужлалт. ГЭБХ-ийн бүтээл 21, 5-25.
- Якжин, А.А., 1959. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Москва
- Bachelor, R.A., Bowden, P., 1985. Petrologic interpretation of granitoid rocks series using multicationic parameters. Chemical Geology 48, 43-55.
- Badarch, G., Cunningham, W.D., 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.

- Bodnar, R.J. 1993. Revised equation and table for determining the freezing point depression of H₂O-NaCl solutions.
- Bowers, T.S., Helgeson, H.C., 1999. Adaptation of the Bowers and Helgeson (1983) equation of state to the H₂O-CO₂-CH₄-N₂-NaCl system. *Chemical Geology* 154 (1-4), 225-236.
- Brown, P.E., Lamb, W.M., 1989. P-V-T properties of fluids in the system H₂O ± CO₂ ± NaCl: New graphical presentations and implications for fluid inclusion studies. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 53, 1209-1221.
- Cooke, D.R., Hollings, P., Walshe, J.L., 2005. Giant porphyry deposits: characteristics, distribution, and tectonic controls. *Economic Geology*, 100 (5), 801-818.
- Cox, K.G., 1979. *The Interpretation of Igneous Rocks*. Allen and Unwin, London, 450 p.
- Didenko, A.N., Kazansky, A.Yu., Khain, E.V., 2001. Vendian Paleasian Ocean: New Paleomagnetic Results from Daribi and Khantaishiri Ophiolites (Western Mongolia). *Gondwana Research* 4, 606-607.
- Goldfarb, R.J., Taylor, R.D., Collins, G.S., Goryachev, N.A., Orlandini, O.F., 2014. Phanerozoic continental growth and gold metallogeny of Asia. *Gondwana Research* 25, 48-102.
- Herrington, R., *Geological Features and Genetic Models of Mineral Deposits*
- Irvine, T.N., Barager, W.R.A., 1979. A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks. *Canadian Journal of Earth Science* 8, 523-548.
- Jahn, B.-M., 2004. The Central Asian Orogenic Belt and growth of the continental crust in the Phanerozoic. In: Malpas, J., Fletcher, C.J.N., Ali, J.R., Aitchison, J.C. (eds.), *Aspects of the Tectonic Evolution of China*. Geological Society, London, Special Publications 226, 73-100.
- Khain, E.V., Bibikova, E.V., Kruner, A., Zhuravlev, D.Z., Sklyarov, E.V., Fedotova, A.A., Kravchenko-Berezhnoy, I.R., 2002. The most ancient ophiolite of Central Asian fold belt: U-Pb and Pb-Pb zircon ages for the Dunzhugur Complex, Eastern Sayan, Siberia, and geodynamic implications. *Earth and Planetary Science Letters* 199 (3-4), 311-325.
- Khain, E.V., Bibikova, E.V., Sal'nikova, E.B., Kruner, A., Gibsher, A.S., Didenko, A.N., Degtyarev, K.E., Fedotova, A.A., 2003. The Palaeo-Asian ocean in the Neoproterozoic and early Palaeozoic: new geochronologic data and paleotectonic reconstructions. *Precambrian Research* 122, 329-358.
- Khukhuudei, U., Kusky, T., Orolzodmaa, O., Wang, L., 2020. The Early Palaeozoic mega-thrusting of the Gondwana-derived Altay-Lake zone in western Mongolia: Implications for the development of the Central Asian Orogenic Belt and Palaeo-Asian Ocean evolution. *Geological Journal* 55, 2129-2149.
- Ludington, S., Plumlee, G.S., 2009. Climax-Type Porphyry Molybdenum Deposits.
- Mossakovsky, A.A., Ruzhentsev, S.V., Samygin, S.G., Kheraskova, T.N., 1993. Central Asian fold belt: geodynamic evolution and history of formation. *Geotectonics* 6, 3-33 (in Russian).
- Ni, P., Pan, J., Wang, G., Chi, Zh., Qin, H., Ding, J., Chen, H., A CO₂-rich porphyry ore-forming fluid system constrained from a combined cathodoluminescence imaging and fluid inclusion studies of quartz veins from the Tuncun Mo deposit, South China.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W., Tindle, A.G., 1984. Trace Element Discrimination Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks. *Journal of Petrology* 25, 956-983.
- Peccerillo, A., Taylor, S.R., 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu... 58, 63-81.
- Şengör, A.M.C., Natal'in, B.A., Burtman, V.S., 1993. Evolution of the Altaid tectonic collage and Palaeozoic crustal growth in Eurasia. *Nature* 364, 299-306.
- Şengör, A.M.C., Natal'in, B.A., 1996. Paleotectonics of Asia: fragments of a

- synthesis. In: Yin, A., Harrison, T.M. (eds.), *The Tectonic Evolution of Asia*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 486-640.
- Şengör, A.M.C., Natal'in, B.A., 2004. Phanerozoic analogues of Archaean oceanic basement fragments: Altaid ophiolites and ophiirags. In: Kusky, T.M. (ed.), *Precambrian Ophiolites and Related Rocks*. Elsevier, Amsterdam, pp. 675-726.
- Sillitoe, R.H., 2010. Porphyry copper system. *Economic Geology* 105, 3-41.
- Spencer, E.T., Wilkinson, J.J., Creaser, R.A., Seguel, J., The Distribution and Timing of Molybdenite Mineralization at the El Teniente Cu-Mo Porphyry Deposit, Chile.
- Sun, W.D., Ling, M.X., Yang, X.Y., Fan, W.M., Ding, X., Liang, H.Y., 2010. Ridge subduction and porphyry copper-gold mineralization: an overview. *Science China Earth Science* 53, 475-484.
- Windley, B.F., Alexeiev, D., Xiao, W., Krüner, A., Badarch, G., 2007. Tectonic models for accretion of the Central Asian Orogenic Belt. *J. Geol. Soc. Lond.* 164, 31-47.
- Xiao, W.J., Kusky, T.M., 2009. Geodynamic processes and metallogenesis of the Central Asian and related orogenic belts. *Gondwana Research* 16, 167-361.
- Xiao, W., Windley, B.F., Hao, J., Zhai, M., 2003. Accretion leading to collision and the Permian Solonker suture, Inner Mongolia, China: termination of the Central Asian Orogenic Belt. *Tectonics* 22, 1069.
- Xiao W., Windley, B.F., Han, C., Liu, W., Wan, B., Zhang, J., Ao, S., Zhang, Zh., Song, D., 2018. Late Paleozoic to early Triassic multiple roll-back and oroclinal bending of the Mongolia collage in Central Asia. *Earth Science Reviews* 186, 94-128.
- Yakubchuk, A., 2004. Architecture and mineral deposit settings of the Altaid orogenic collage: a revised model. *Journal of Asian Earth Sciences* 23, 761-779.
- Yakubchuk, A., 2017. Evolution of the Central Asian Orogenic Supercollage since Late Neoproterozoic revised again. *Gondwana Research* 47, 372-398.
- Yakubchuk, A.S., Seltmann, R., Shatov, V.V., Cole, A., 2001. The Altaids: Tectonic evolution and metallogeny. *Society of Economic Geologists Newsletter* 46, 7-14.
- Yakubchuk, A.S., Shatov, V.V., Kirwin, D., Edwards, A., Tomurtogoo, O., Badarch, G., Buryak, V.A., 2005. Gold and Base Metal Metallogeny of the Central Asian Orogenic Supercollage. *Economic Geology, 100th Anniversary Volume*, 1035-1068.
- Zonenshain, L.P., Kuzmin, M.I., Natapov, L.M., 1990. *Geology of the USSR: A Plate Tectonic Synthesis*. Geodynamic Series 21. American Geophysical Union, Washington, D.C., 242 p.
- Zonenshain, L.P., Amantov, V.A., Borzakovsky, Yu.A., Mikhailov, E.V., Suetenko, O.D., Khasin, R.A., 1973. Central Mongolian folded system. In: Khasin, R.A., Borzakovsky, Yu.A., Zonenshain, L.P. (eds.), *The Geology of People's Republic of the Mongolia*. Nauka, Moscow, pp. 609-645 (in Russian).