

Эрдэм шинжилгээний өгүүлэл

Хошуу цав, Хоньчийн овоо уулс орчмын метаморф зузаалгийн нас, гарал үүслийн асуудалд

Ц.Наранцэцэг^{1*}, Б.Мөнхсүрэн¹, Б.Энхдалай¹, Д.Оролмаа¹, Гуо Лей², Тонг Ийнг²

¹ ШУА-ийн Геологийн хүрээлэн,

² Хятадын ГШУА-ийн Геологийн хүрээлэн

Хүлээн авсан: 2022-10-07

Зөвшөөрөгдсөн: 2022-10-12

Түлхүүр үг: Хутаг-Уул метакомплекс,
Норовзээг формац, гранулит, геохронологи,
геохими

* **Холбоо барих зохиогч:** Ц.Наранцэцэг,

ШУА-ийн Геологийн хүрээлэн

И-мэйл: ts_narangeo@yahoo.com

Abstract

Metamorphic strata mapped as Khutag-Uul metacomplex and Norovzeeg Formation in the Khoshuu tsav and Khonichiin ovoo uul areas, south-eastern part of the Tsagaan Suvarga deposits, have long been interpreted to represent the Precambrian basement, although reliable evidence was lacking. The rocks in this area are mainly schist and paragneiss with local orthogneiss, granulite, amphibolite and marble, with metamorphic grades ranging from greenschist to granulite facies.

Our new zircon U-Pb dating results of the muscovite-chlorite paragneiss and granulite samples constrained the depositional age of the metamorphic strata is younger than 547 ± 12 Ma and crystallization age of granulite at 451.6 ± 5.1 Ma. These new data suggest that the metamorphic strata were formed during the end of Late Neoproterozoic and that underwent granulite facies metamorphism and deformation during the Late Ordovician.

1. Оршил

Дорноговь аймгийн Мандах сумын нутагт Цагаан Суваргын ордын зүүн өмнө буюу Хошуу цав уулаас Хоньчийн овоо уул хүртэл зураглагддаг метаморф зузаалаг нь геологийн судалгааны эхэн үеэс эртний бичил тивийн суурийн цухуйцад тооцогдож нас нь архей ба протерозойн түвшинд ангилагдаж ирсэн байдаг. Голденберг нар. (1977, 2724Ф)-ын явуулсан 1:200000 масштабын геологийн зураглалын ажлаар тус зузаалгийн Хошуу цав уулын орчимд тархсан биотитот, биотит-гранатат занар, мигматит, кварцит болон гантиг салаавчилсан хэсгийг архейд анх ялгасан бөгөөд биотитот, биотит-гранатат гнейс, үеллэг мигматит болон гнейсийн биотитод $Ag-Ag$ -ны аргаар 156 ± 6 ба 212 ± 12 с.ж-ийн нас тогтоон тэдгээр өгөгдлүүдийг хожуу үеийн давхацмал процесстой холбоотой хэмээн үзсэн байдаг (Голденберг нар., 1977, 2724Ф). Харин Дагва-Очир нар. (2001, 5384Ф) 1:200000 масштабын геологийн зураглалын ажлаараа тус зузаалгийн зүүн үргэлжлэлийг доод протерозойн Норовзээг болон доод-дунд

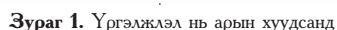
рифейн Өргөн формацад тус тус ялгажээ. Тус зузаалаг тархсан талбай нь 1:50000 масштабын зураглалын ажлуудад хамрагдаагүй бөгөөд Улсын Геологийн зураг зохиох “УГЗ-200” төслийн ажлаар Норовзээг формацад ялгасан хэсгийг палеопротерозойн Хутаг-Уул метакомплексод, харин Өргөн формацад зураглагдаж байсан хэсгийг дунд-дээд мезопротерозойн Норовзээг формацад тус тус ялгасан бол хамгийн сүүлд хийгдсэн Монгол орны 1:500000 масштабын геологийн зурагт тэдгээрийг нэгтгэн дээд болон доод хоёр мэмбэртэй палеозойн² Хүрэнцав хэмээх формацад ангилжээ (Эрдэнэчимэг нар., 2017, 8480Ф). Ийнхүү өмнө хийгдсэн геологийн зураглалын ажлуудаар тус метаморф зузаалгийг тодорхой насны үндэслэлгүйгээр архейгаас палеозойн төвшинд, өөр өөр формац, метакомплексод ангилж ирсэн нь тус зузаалгийн нас, формацын хамаарал болон гарал үүслийн асуудлыг шийдвэрлэх зайлшгүй шаардлагыг бий болгосон юм. Мөн тус метаморф зузаалаг тархсан талбай нь Монгол орны террейний зурагт Хутаг Уулын террейнд ангилагдаж байсан (Badarch et

Иймээс бид АМГТГ ба Үндэсний Геологийн Албанаас хэрэгжүүлсэн “Монгол орны “К” хавтгайн хэмжээнд зохиогдсон улсын геологийн 1:200000-ны масштабын иж бүрдэл зургуудыг нэгтгэх төсөл болон ШУА-ийн Геологийн хүрээлэн дээр хэрэгжсэн “Хатанбулагийн ба Өмнөд говийн эртний массивуудын суурь болон хучаас бүрдлүүд: Геологийн хөгжил, хүдэржилт” суурь судалгааны төслийн хүрээнд хийгдсэн 2 удаагийн хээрийн судалгааны ажлын явцад авагдсан нийт 40 гаруй дээж сорьцонд петрографи, геохими болон геохронологийн шинжилгээ явуулсан үр дүнгүүдийг нэгтгэн дүгнэж метаморф чулуулгуудын эрдсийн бүрэлдэхүүн, бодисын найрлага, үүссэн цаг хугацаа болон гарал үүслийн геодинамик нөхцлийг тодруулах чиглэлээр бий болгосон шинэлэг мэдээллүүдийг энэхүү өгүүлэлд тусган харууллаа.

Тус метаморф зузаалаг нь Монгол орны
сүүрь бүтцүүдийн сүүлийн үеийн ангилалаар

Монгол Улсын Геологийн 1:200000 масштабын зургийн дагуу (Бөмбөрөө нар., 2004) судалгааны талбайн хэмжээнд палеопротерозойн Хутаг-Уул метакомплекс, дунд-дээд мезопротерозойн Норовзээг формац болон силурийн ангилагдаагүй зузаалаг ялгагдах бөгөөд тэдгээр нь дунд-дээд палеозой ба мезо-кайнозойн тунамал, вулканоген формацуудаар хучигдаж дунд неопротерозойн Харангад бүрдлийн гранитоидуудоор түрэгдэнэ (Зураг 16).

Хээрийн судалгааны ажлын явцад бид Хутаг-Уул метакомплексоор зураглагдаж ирсэн зузаалгийн ажиглалт судалгааг хоёр зүсэлтийн дагууд хийсэн. Эхний зүсэлтийг Ширээ Толгойн баруун хойд талаас эхлэн зүүн урагш Цахирын толгод хүртэл хийсэн бөгөөд энд зузаалаг нь баруун хойш 330-355°-аар унасан, литологийн ялгаатай үеүд нь өөр хоорондоо нийцлэг байрлалтай бөгөөд багахан тасалдалтайгаар илэрнэ.

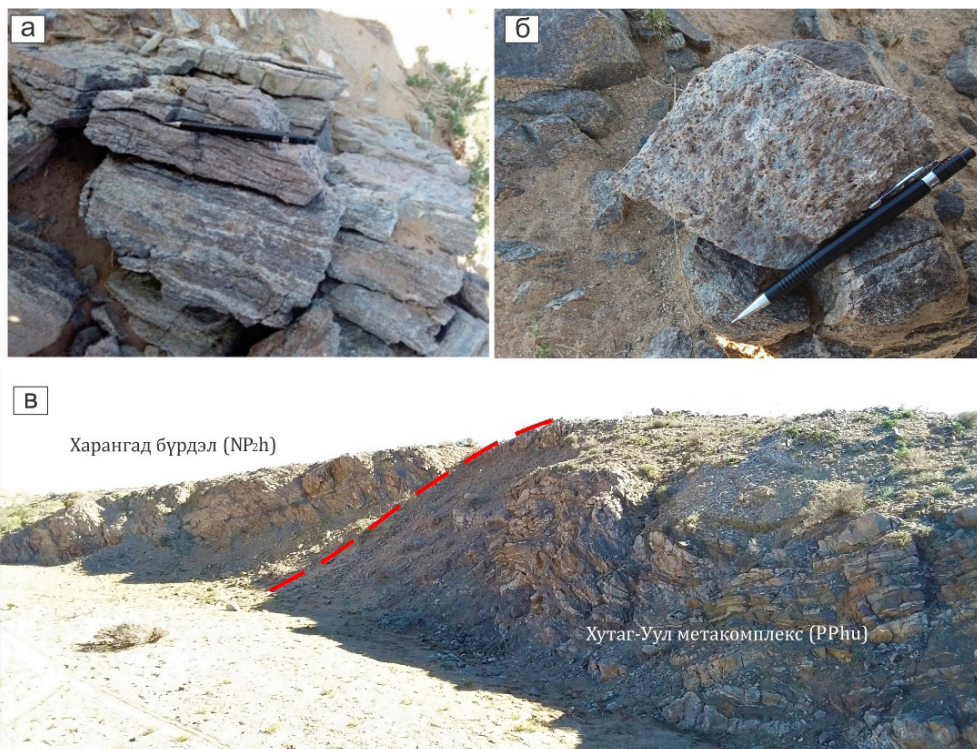


K_{bs}	Баянширээ формац. Элсжин, гравелит, жижиг хайргат конгломерат, шавар, мергель	C_{ss}	Ангилалдаагүй. Андезит, андезибазальт, андезидацит, риолит, гравелит, туф элсжин
K_{ss}	Сайншанд формац. Том хайргат конгломерат, элсжин, гравелит, алевролит, шавар, мергель	C_{cs}	Цагаансуварга мэмбэр. Элсжин, алевролит, гравелит, конгломерат, дацит, риолит, андезит, шохойн чулуу
K_{mn}	Манлай формац. Улаавтар өнгөтэй том ширхэгт конгломерат, элсжин, шавар, мергель	S	Ангилалдаагүй зузаалаг. Дундлаг суурилаг найрлагатай, занаржсан туф, шаварлаг ба цахиурлаг занар, метазэлсжин, метаандезит, андезибазальт
K_{cc}	Цагаан цав формац. Хүчиллэг туф, туфэлсжин, аргиллит, конгломерат	MP₃, az	Норовээг формац. Занар, метаандезит, метазэлсжин, шохойн чулуу, гантигжсан шохойн чулуу, кварцит, гнейс
J_{ul}	Өлгий формац. Трахит, трахитийн найрлагатай брекчи, агломерат туф	PPhu	Хутаг-Уул метаконгломерат. Бiotит-мусковитот гнейс, гранит гнейс, мигматит, гантиг, кварцит, плагиогнейс
J_{ch}	Хамархөөвөр формац. Конгломерат, гравелит, элсжиг алевролит, нүүрслэг аргиллит	Интрузив	
P_{do}	Дэл-Овоот формац. Андезит, андезибазальт, дацит, туфэлсжин, гравелит, конгломерат	Y.N.P.D	Харангад бүрдэл. Гранит, гранодиорит, диорит
P_{hu}	Харнудан формац. Элсжин, туф элсжин, алевролит, гравелит, конгломерат, шохойн чулуу		Хагарал
			Дээжийн байршил

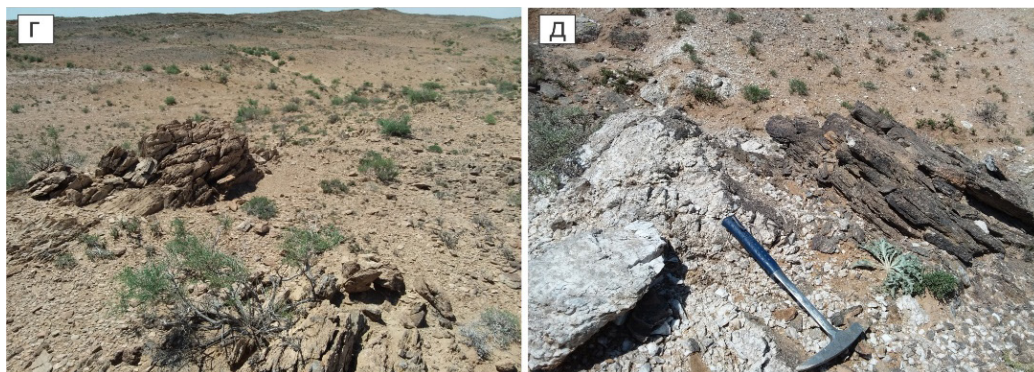
Зураг 1. Судалгааны талбайн байршил (а) ба геологийн тогтоцын (б) зураг. Жич: Геологийн зүсэлт ба дээжлэлт хийсэн цэгүүдийн байршилг геологийн зураг дээр харуулсан болно. Энэ зурагт судалгааны талбайн байршилг нэмж оруулаа.

Энд хийсэн ажиглалт судалгаагаар зузаалгийн бүрэлдэхүүнд гранат агуулсан хар саарал ба цайвар саарал гнейс (дээж 2551, 2551-2), занар (дээж 2551-5, 2552), занаржсан шохойлог элсэн чулуу (дээж 2551-3), хар ногоовтор амфиболитийн (дээж 2551-1) салаавчлал илрэх бөгөөд тэдгээр нь цайвар саарал кварцит ба шохойн чулууны нимгэн үе ба мэшил агуулна (Зураг 2а). Мөн 1 см хүртлэх хэмжээний гранат агуулсан том

мөхлөгтэй хар сааралдуу өнгөтэй гранулитийн будин тогтоогдсон (дээж 2552, 20/1, 20/2, 20/3). Ерөнхийдөө зузаалаг нь ногоон занараас гранулитийн төвшний метаморфизмд автсан, зарим хэсэгтээ эрчимтэй атираажсан байх бөгөөд харин будины хувьд хязгаарлагдмал тархалттай, хэмжээний хувьд жижиг (50 x 80 см) байгаа нь ажиглагдана (Зураг 2б).



Зураг 2. Үргэлжлэл арын хуудсанд



Зураг 2. Хутаг-Уул метакомплексэд зураглагдсан метаморф зузаалгийн чулуулгуудын гаршийн зураг. а) Цайвар саарал гнейс (дээж 2551-2), б) Гранат агуулсан пироксен-амфиболтой гнейс (2552), в) Деформацад эрчимтэй автаж атираажсан гнейс ба Харангад бүрдлийн гнейсжсэн гранит, г) Бор саарал занаржсан шохойлог элсэн чулуу (дээж SM27/16), д) Хар бараан кварц-биотиттой гнейс (дээж SM27/17)

Зүсэлтийн дунд хэсэгт зузаалаг нь мөн деформацид эрчимтэй автаж атираажсан байх бөгөөд ховроор Харангад бүрдлийн гнейсжсэн гранитаар түрэгдсэн байхын зэрэгцээ деформацид автаагүй хожуу үеийн калишпат-плаггиоклазат пегматитийн биетийг (дээж 2561) агуулна (Зураг 2в). Мөн заримдаа гнейсжилтийн шугамшилтай нийцлэг 5-10 см зузаантай кварцын судлуудыг агуулна. Харин зүсэлтийн доод хэсэг буюу Хошуу цав уулын зүүн талд зузаалгийн бүрэлдэхүүнд гранат агуулсан хар сааралдуу өнгийн биотиттой занар ба мөн гранат агуулсан цайвар саарал гнейс (дээж 2562, 2563) зонхилно. Энд тэмдэглэхэд Харангад бүрдлээр зураглагдсан гранит-гнейс ба түүнийг агуулж буй метаморф зузаалгийн гнейсжилт ижил чиглэлтэй байгааг хэд хэдэн ажиглалтын цэгийн хэмжээнд тогтоосон бөгөөд энэ нь тэдгээрийг нэгэн цаг үед хамтдаа деформацид автсаныг илэрхийлнэ. Хутаг-Уул метакомплексар зураглагдсан тус зузаалгийн зүүн талд буюу Хатавчийн булгийн орчимд хийсэн зүсэлтэнд цайвар саарал гнейс (дээж SM27/12, SM27/20, SM27/22), хар саарал кварц-биотиттой гнейс (дээж SM27/14, SM27/17), боровтор болон бор саарал занаржсан шохойлог элсэн чулуу (дээж SM27/11, SM27/16, SM27/13, SM27/16) зэрэг чулуулгууд ээлжлэн салаавчилсан байх бөгөөд бага хэмжээгээр цайвар саарал кварцитийн (дээж SM27/18) үе тохиолдохоос гадна нилээд зузаантай цагаан

өнгийн гантигний үе (дээж SM27/15) илэрнэ (Зураг 2г, д).

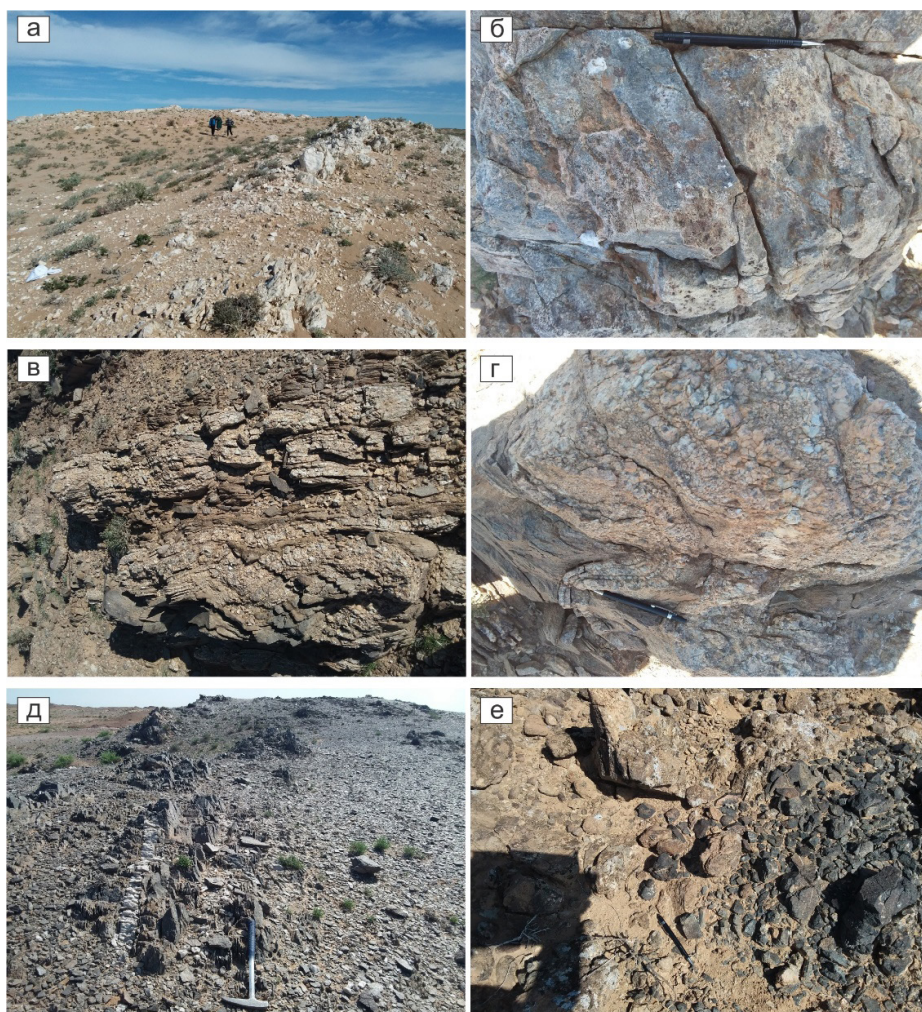
Хутаг-Уул метакомплексар зурагласан дээр дурдсан зузаалаг нь хойд талд байрлах Норовзээг формацаар зураглагдсан хурдсаас тектоник хагарлаар зааглагдана.

Мезопротерозойн Норовзээг формацаар зураглагдсан талбайн хэмжээнд бид мөн 2 зүсэлтийн дагуу ажиглалт судалгааг явуулсан (Зураг 1а).

Баруун талд буюу Хөтөлийн Ягаан толгойгоос урагш байрлах зузаалгийн бүрэлдэхүүнд цагаан өнгийн гантиг (дээж 2565), гранат агуулсан хөхөвтөр саарал гнейс (дээж 2566), мөн тунамал протолиттой байх магадлал бүхий бараавтар саарал өнгийн кварц-мусковиттой занар (дээж 2567) илэрнэ (Зураг 3а, б).

Занар нь пегматитын багахан зузаантай судлуудыг агуулах бөгөөд зааг хэсэгт нь гранат болон 0.8 см хүртлэх хэмжээтэй цагаан өнгийн гялтгануур үүссэн байна. Мөн пегматит ба занар нь хамтдаа деформацид автаж атриажсан байгаа нь ажиглагдав (Зураг 3в, г). Норовзээг формацаар зураглагдсан зузаалгийн зүүн хэсэг буюу Сухайтын худгаас өмнө зүгт хийсэн зүсэлтийн хэмжээнд хар саарал (дээж SM27/1), цайвар саарал (дээж SM27/2, SM27/9), цайвар шаргал (дээж SM27/7) жижиг болон дунд мөхлөгт гнейс, боровтор шаргал занаржсан шохойлог элсэн чулуу (дээж SM27/4), хар

ногоон амфиболит (дээж SM27/5) зэргийн салаавчлал тогтоогдоно (Зураг 3д, е).



Зураг 3. Норовзээг формацаар ангилагдсан зузаалгийн гаршийн зураг. а) Гантигний үе, б) гранат агуулсан хөхөвтөр саарал гнейс, в-г) Кварц-мусковиттой занар ба пегматитийн хил зааг, тэдгээрийн деформациад автсан байдал, д) Хар саарал гнейс, е) Занаржсан шохойлог элсэн чулуу ба амфиболит

Гнейсүүд нь ихэнхдээ гранат агуулах бөгөөд шугамшлийн чиглэлтэй нийцлэг кварцын 10 см хүртлэх зузаантай нимгэн судлуудаар нэвчигдсэн, мөн зарим хэсэгтээ пегматит агуулж байгаагийн зэрэгцээ зарим тохиолдолд Харангад бүрдлээр зураглагдсан гнейсжсэн гранитын биетийн дунд үлдэц байдалтайгаар илрэнэ.

3. Материал ба судалгааны арга зүй

Хээрийн судалгааны ажлын явцад судалгааны

талбайн хэмжээнд тархалттай метаморф чулуулгуудын эрдсийн бүрэлдэхүүн, бодисын найрлага, нас, гарал үүслийн онцлогийг тодруулах зорилгоор нийт 30 гаруй дээж сорьцыг цуглуулсан. Судалгаа явуулсан талбайд дээжлэлт хийсэн цэгүүдийн байршлыг Зураг 16-д харуулав. Судалгаанд хамрагдсан дээжүүдийн шлиф бэлтгэх, петрографийн судалгааг явуулах, геохронологийн шинжилгээнд зориулан циркон ялгах, геохимийн шинжилгээнд зориулан дээж сорьцуудыг бутлах, нунтаглах,

өндөр нарийвчлалтай багажит шинжилгээний үр дүнг боловсруулах зэрэг ажлуудыг ШУА-ийн Геологийн хүрээлэн дээр хийж гүйцэтгэсэн. Нийтдээ 21 гаруй дээжинд петрографийн судалгаа явуулснаас гадна эдгээр дээжнүүдийн чулуулаг бүрдүүлэгч ислүүд ба сарнимал элементүүдийн агуулгыг Улаанбаатар хот дахь “Эс Жи Эс” лабораторид рентгенфлуоресценцийн (XRF) болон масс спектрометрийн (ICP-MS) аргуудаар тус тус тодорхойлуулсан. Мөн 2 дээжний цирконуудын U-Pb геохронологийн шинжилгээг Хятадын “Langfang” Үнэмлэхүй насны лабораторид хийлгэсэн болно.

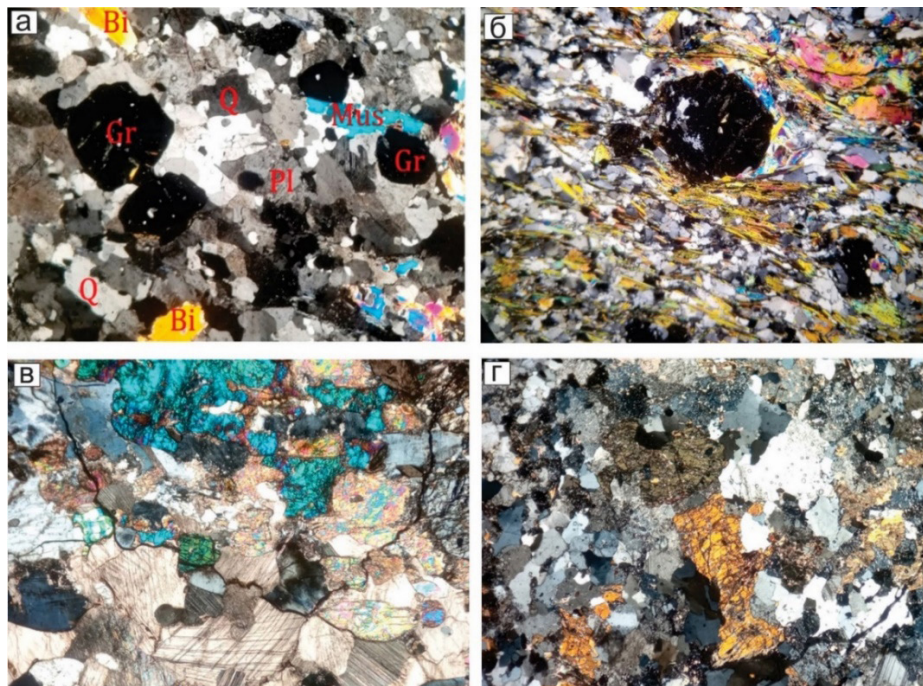
4. Үр дүн

4.1 Петрографи

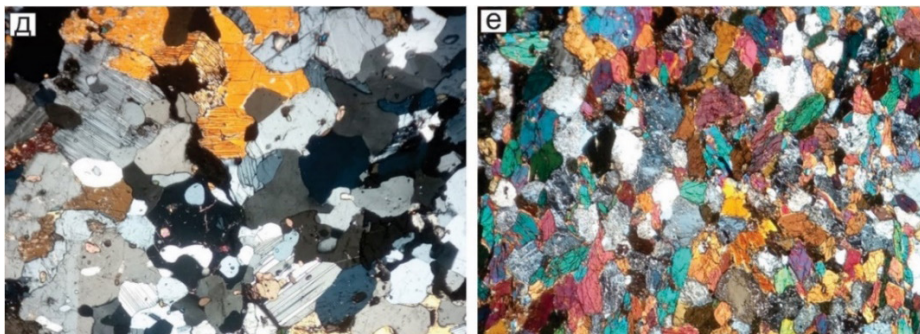
Палеопротерозойн Хутаг-Уул метакомплекс ба мезопротерозойн Норовзээг формацад ангилагдсан зузаалгуудыг бүрдүүлж буй чулуулгуудын петрографийн судалгааны дүнгээс

төлөөлөл болгон товч харуулав.

Гранат агуулсан биотитот гнейс (Дээж SM27-1, SM2552-1). Чулуулаг нь дунд-том мөхлөгтэй, кварц (60-65%), плагиоклаз (10-15%), биотит (15-20%), гранат (5-10%) зэргээс тогтоно. Гранобласт структуртай, гнейслэг текстуртай. Кварцын мөхлөгүүд нь 0.1-1.25 мм хүртэл хэмжээтэй ба зарим мөхлөгүүд нь деформацийн нөлөөгөөр долгиолог унтралттай болсон байна. Плагиоклаз нь 0.2-0.75 мм хэмжээтэй, зарим мөхлөгүүд нь бага зэрэг серицитжсэн, полисинтет ихэрлэлт тод ажиглагдана. Биотитын мөхлөгүүд 0.3-1.0 мм хүртэл хэмжээтэй, урт нарийн хуудсархаг агрегатууд нь гнейсжилтийн чигийн дагуу сунаж тогтсон байна. Гранатын мөхлөгүүд нь изометрлэг хэлбэртэй, 0.2-2.2 мм хүртэл хэмжээтэй, мөхлөгүүд нь ихэнхдээ эвдэрч бутарсан, ан цавууд нь серицитээр түрэгдсэн байх ба хагарч бутарсан хоосон орон зайг нь хоёрдогч кварцын жижиг мөхлөгүүд дүүргэжээ (Зураг 4а).



Зураг 4. Үргэлжлэл нь арын хуудсанд



Зураг 4. Метаморф зузаалгийн голлох чулуулгуудын шлифийн зураг. а) Гранат агуулсан биотитот гнейс (дээж SM27/1), б) Хоёр гялтгануурт гнейс (Дээж SM27-4), в) Занаржсан шохойлог элсэн чулуу (Дээж 2551-3), г) Амфибол-пироксент гнейс (Дээж SM27-14), д) Пироксен-плагиоклазат гнейс (Дээж 2552-1), е) Амфиболит (Дээж SM2551-1).Өсгөлт 4х.

Хоёр гялтгануурт гнейс (Дээж SM27-4). Чулуулаг нь жижиг-дунд мөхлөгтэй, кварц (55-60%), мусковит (30-33%), гранат (8-10%), биотит-хлорит (5-7%)-оос тогтоно. Ксеноморф структуртай, гнейслэг текстуртай. Хоёрдогч кварцын мөхлөгүүд нь харьцангуй жижиг 0.1-0.2 мм хүртэл хэмжээтэй, зөв бус хэлбэртэй, мөхлөгүүд нь метаморфизмын нөлөөгөөр долгиолог унтралттай болсон бөгөөд чулуулагт жигд тархсан байна (Зураг 4б). Мусковит нь 0.1-0.5 мм хэмжээтэй, урт нарийн агрегатууд гнейсжилтийн чигт сунаж тогтоно. Гранатын мөхлөгүүд нь изометрлэг хэлбэртэй, 0.1-1.25 мм хүртэл хэмжээтэй, деформацид орсны нөлөөгөөр хагарч бутарсан байх бөгөөд хоёрдогч кварцаар түрэгдэж зах хэсгээрээ серицитээр түрэгдсэн байна. Биотит болон хлорит нь 0.05-0.1 мм хүртэлх хэмжээтэй, урт нарийн жижиг зүүлэг агрегатууд нь мөн адил чулуулгийн гнейсжилтийн дагуу сунаж тогтжээ.

Занаржсан шохойлог элсэн чулуу (Дээж 2551-3). Чулуулгийг 0.3-1 мм хэмжээтэй изометрлэг ксенобласт ширхэгт карбонат (75 – 80%) болон диопсидын янз бүрийн хэмжээтэй хэмхдэслэг, призмлэг мөхлөгүүд (15 -20%) голчлон бүрдүүлнэ (Зураг 4в). Харьцангуй багаар плагиоклаз, кварцын (4 -5%) изометрлэг жижиг мөхлөгүүд оролцсон байна. Гетерогранобласт структуртай, параллель чиглэлт сулхан үеллэг структуртай. Уг чулуулгийн нарийн үеллэг тогтоц пироксений ширхэгүүдийн цуварсан байршлаар

тодорхойлогдоно. Тэдгээр мөхлөгүүд үелэлийн чиглэлийн дагуу параллельгаар ан цавшсан байна. Плагиоклазын ширхэгүүд заримдаа сулхан серицитжсэн ба зарим нь бараан тоослог массаар бохирлогдож булингартжээ.

Амфибол-пироксент гнейс (Дээж SM27-14). Бүрдүүлэгч плагиоклаз, кварц (65-70%) нь хоорондоо нягтарч талсжсан, нийтдээ жигд изометрлэг жижиг (0.3-0.4 мм-ээс томгүй) мөхлөгүүдийг үүсгэнэ. Плагиоклаз нь сулхан серицитжсэн ба дундлаг бүлгийн найрлагатай. Амфибол нь харьцангуй урт (0.6-1.2 мм), ногоондуу шар өнгөтэй, жигд бус зах хүрээтэй, чиглэлтэй параллель байршилтай мөхлөгүүд байх бол моноклин пироксен - диоксид-авгитын бүлгийн оптик шинжтэй, өнгөгүй, өргөн призмлэг, нилээд эвдэрч бутарсан, хүдэрлэг бараан агрегаттай эвшсэн анхдагч призмлэг хэлбэр нь хааяа хадгалагдсан мөхлөгүүдийг үүсгэн тархсан. Амфибол ба пироксений мөхлөгүүд хоорондоо холилдсон юм уу, түрсэн, зүссэн харьцаа төдийлөн байхгүй, ганц нэг тохиолдолд тэгш заагтай нийлсэн байгаа нь ажиглагдлаа. Чулуулаг нь лепидогранобласт структуртай, субпараллель, үеллэг текстуртай (Зураг 4г).

Пироксен-плагиоклазат гнейс (Дээж 2552-1). Чулуулаг нь плагиоклаз (50-55%), пироксен (30-35%), кварц (~13-15%) зэргээс тогтоно. Гранобласт структуртай, цул текстуртэй. Чулуулаг бүрдүүлэгч голлох эрдсүүд нийтдээ ксеноморф буюу талстлаг хэлбэр муутай, хоорондоо нягт

ургалттай 0,8 мм хүрэх хэмжээний мөхлөгүүдийг үүсгэнэ (Зураг 4д). Плагиоклаз сайн тод харагдах полисинтетик ихэрлэлтэй, гэрлийн хугарал өндөртэй (кварцаас өндөр) анортит-битовнитын (N 55-65) суурилаг эгнээнд хамаарна. Хоёрдогч хувиралд бараг өртөөгүй, тунгалаг харагдана. Пироксен нь өнгөгүй ба сулхан бор сааралдуу туяатай, хос гэрлийн хугарал доогуур (тод шараас өндөргүй буюу: $ng'-np' \sim 0.010-0.012$), голдуу 0.1-0.6 мм хүрэхээр урттай, талстлаг хэлбэргүй мөхлөгүүд байна. Хааяа томоохон хэмжээний 2-2.5 мм хүрэх хэмжээний каркаслас мөхлөг тааралдана. Ийм оптикийн үзүүлэлттэй пироксен клиноэнстатидад хамаарагдана. Кварц нь жижиг бөөрөнхийгээс 0.5 мм хүрэхээр хэмжээтэй изометрлэг мөхлөгүүд нилээд жигд тархалттай. Пироксен, плагиоклазын том мөхлөгүүд дотор жижигхэн бөөрөнхий дусал маягийн ширхэгүүд агуулагдсан байна. Акцессор эрдсүүдээс сфен жижиг ромбо хэлбэрийн талст ба хэлбэргүй, өндөр интерференцийн өнгөтэй бор шаргалдуу өнгө, өндөр рельефээр тод ялгарна. Мөн хүдрийн эрдсийн жижиг бөөгнөрөл хааяа энд тэнд үзэгдэнэ.

Амфиболит (Дээж SM2551-1). Чулуулаг нь амфибол (80 – 85%), пироксен (10 – 12%), плагиоклаз (3 – 4%) зэргээс тогтоно. Лепиогранобласт структуртай, параллель чиглэлтэй занарлаг текстуртэй. Амфибол нь шаргал ногоон өнгөтэй, 1 – 2 мм хүртэл урртай параллель чиглэлтэйгээр сунасан хэлбэртэй, плагиоклаз нь 0.5 – 0.7 мм орчим хэмжээтэй, изометрлэгдүү хэлбэртэй, нилээд хувирч серицитжсэн байна (Зураг 4е). Мөн амфиболоос гадна занаршлын нарийн ан цавтай, түүгээр нь үүссэн хүдэрлэг бараан агрегатаар нилээд хэмжээгээр бохирлогдсон, өндөр интерференцийн өнгөтэй, урт нарийн үе байдалтай ялгарсан моноклин пироксений диопсидын бүлгийн эрдэс тогтоогдоно. Акцессор эрдсүүдээс сфен ховроор тохиолдоно.

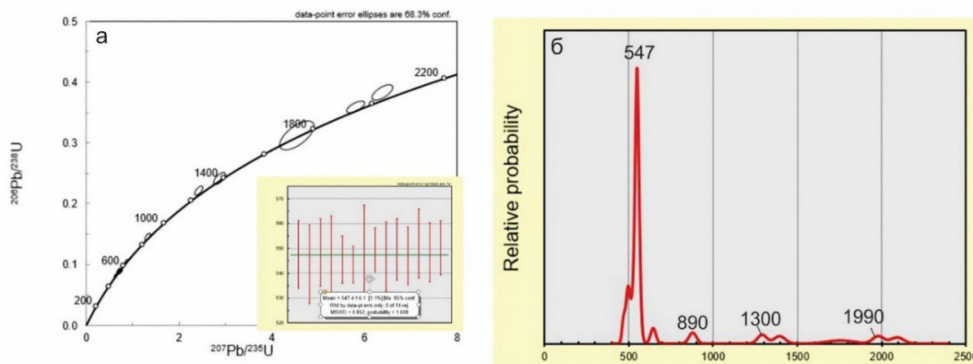
Ийнхүү хээрийн судалгааны явцад хийгдсэн геологийн ажиглалт болон петрографийн судалгааны дүнгээр Хутаг-Уул метакомплекс ба

Норовзээг формацаар зураглагдсан метаморф зузаалгийн бүрэлдэхүүнд зонхилон тохиолддог гнейс, занар, амфиболит зэрэг чулуулууд нь хоорондоо литологи болон эрдсийн бүрэлдэхүүний хувьд ижил байгаа нь тогтоогдсон тул бид эдгээр зузаалгуудыг нэгтгэн нэг формацад ангилах нь зүйтэй гэж үзлээ. Энэхүү дүгнэлт нь судалгааны талбайн сансарын зургийн тайлалаар мөн давхар батлагдаж байгаа болно (Munkhsuren et al., 2021).

4.2 Геохронологи

Алаг баян уулын дүүрэгт палеопротерозойн Хутаг-Уул метакомплекс, мезопротерозойн Норовзээг формацад ангилагдсан метаморф зузаалгийн насны асуудлыг шийдвэрлэх зорилгоор мусковит-хлоритот гнейсийн SM27/22 (M14918-16.1) ба гранулитийн будины 2552 дээжнүүдээс ялгасан цирконуудад U-Pb-ны геохронологийн шинжилгээг явуулсан.

Мусковит-хлоритот гнейс. Дээж SM27/22. Тус дээжийг Хатавчийн худаг орчимд палеопротерозойн Хутаг-Уул метакомплексоор зураглагдсан мусковит-хлориттой гнейсийн зузаалгаас ($43^{\circ}36'44.3''$; $108^{\circ}37'28.2''$) авсан. Тус дээжнээс ялгасан 26 цирконыг геохронологийн шинжилгээнд хамруулснаас 95%-оос дээш итгэлцүүр бүхий 22 конкорд өгөгдлийг үнэмлэхүй насны боловсруулалтанд ашиглав. Тус дээжнээс ялгасан цирконууд нь бүгд тод илэрсэн бүслүүрлэг тогтоцтой, Th/U харьцаа 0.29 ба 3.74 хооронд хэлбэлзэж байгаа нь тэдгээрийг маагмын циркон болохыг харуулна. U-Pb аргаар хийсэн үнэмлэхүй насны хэмжилтээр гнейсийн цирконуудын бүрэлдэхүүнд 1977 ± 39 с.ж.-ээс 504 ± 12 с.ж.-ийн настай цирконууд тогтоогдоно. Эдгээрийн дотроос 552 ± 14 ба 544 ± 12 с.ж. хооронд $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ нас нь хэлбэлзэх дээд неопротерозойн циркон ихэнх хувийг эзлэх (68%) бөгөөд тэдгээр нь 547 с.ж дээр гол пик нь байрлах үнэмлэхүй насны голлох нэг популяцийг үүсгэнэ (Зураг 5а, б).

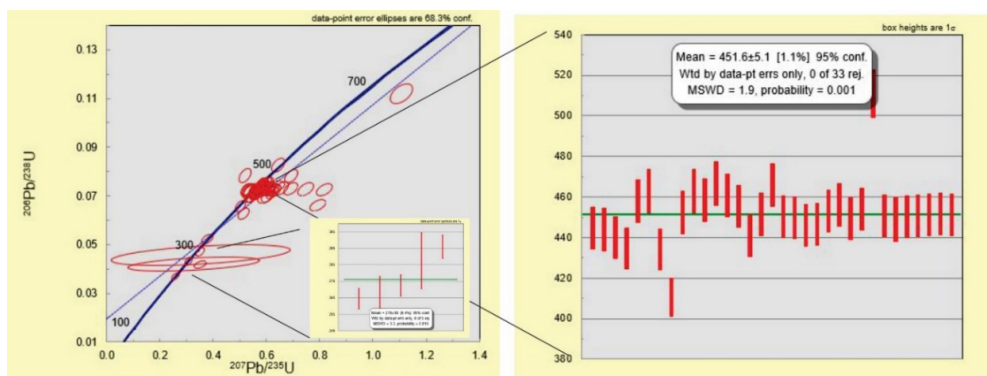


Зураг 5. Гнейсийн SM27/22 дээжний зөөгдмөл цирконуудын а) Үнэмлэхүй насны конкордийн диаграмм, б) Тархалтын гистограмм, в) Хамгийн залуу насны популяцийн дундаж утгын диаграмм

Мөн $1977 \pm 39 - 1717 \pm 78$ с.ж ба $1350 \pm 32 - 1183 \pm 27$ с.ж-ийн $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ настай дээд палеопротерозой ба дунд мезопротерозойн настай болон 877 ± 22 ба 643 ± 16 с.ж-ийн $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ настай доод ба дунд неопротерозойн цирконууд багахан хэмжээгээр тохиолдоно (Зураг 5б). Энэ бүгдээс авч үзвэл цирконуудын бүрэлдэхүүнд тогтоогдсон хамгийн залуу популяци буюу 552 ± 14 ба 544 ± 12 с.ж. хооронд $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ нас нь хэлбэлзэх цирконуудын насны жигнэсэн дундаж болох 547.4 ± 12 с.ж-ийн насны өгөгдлөөр тус парагнейсийн зузаалгийн хурдас хуримтлалын насны доод хязгаарыг тогтоож болно.

Гранулит. Дээж 2552. Тус дээжийг Ширээ толгой орчимд палеопротерозойн Хутаг-Уул метакомплексор зураглагдсан занар, гнейс, амфиболит салаавчилсан зузаалгийн дунд илэрсэн гранат агуулсан гранулитийн будинаас

($43^{\circ}36'08.7''$; $108^{\circ}29'51.0''$) авсан (Зураг 26). Тус дээжнээс ялгасан 72 цирконыг геохронологийн шинжилгээнд хамруулснаас 95%-оос дээш итгэлцүүр бүхий өндөр нарийвчлалтай 38 конкорд өгөгдлийг үнэмлэхүй насны боловсруулалтанд ашиглав. Цирконуудын CL зураг ба Th/U харьцааны өгөгдлүүдийг харьцуулан авч үзвэл Th/U харьцаа нь 0.29 ба 0.91 хооронд хэлбэлзэх маагмын гаралтай (33 циркон), мөн харьцаа 0.02 ба 0.14 хооронд хэлбэлзэх метаморф гаралтай цирконуудыг (5 циркон) тус тус ялгаж болно. Конкорд өгөгдлүүдийн насны байдлыг авч үзвэл маагмын гаралтай цирконуудын $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ нас нь 411 ± 10 ба 467 ± 11 с.ж хооронд хэлбэлзэх бөгөөд тэдгээрийн дундаж болох 451.6 ± 5.1 с.ж-ийн насны өгөгдлийг тус будины үүслийн нас гэж үзлээ (Зураг 6а, б).



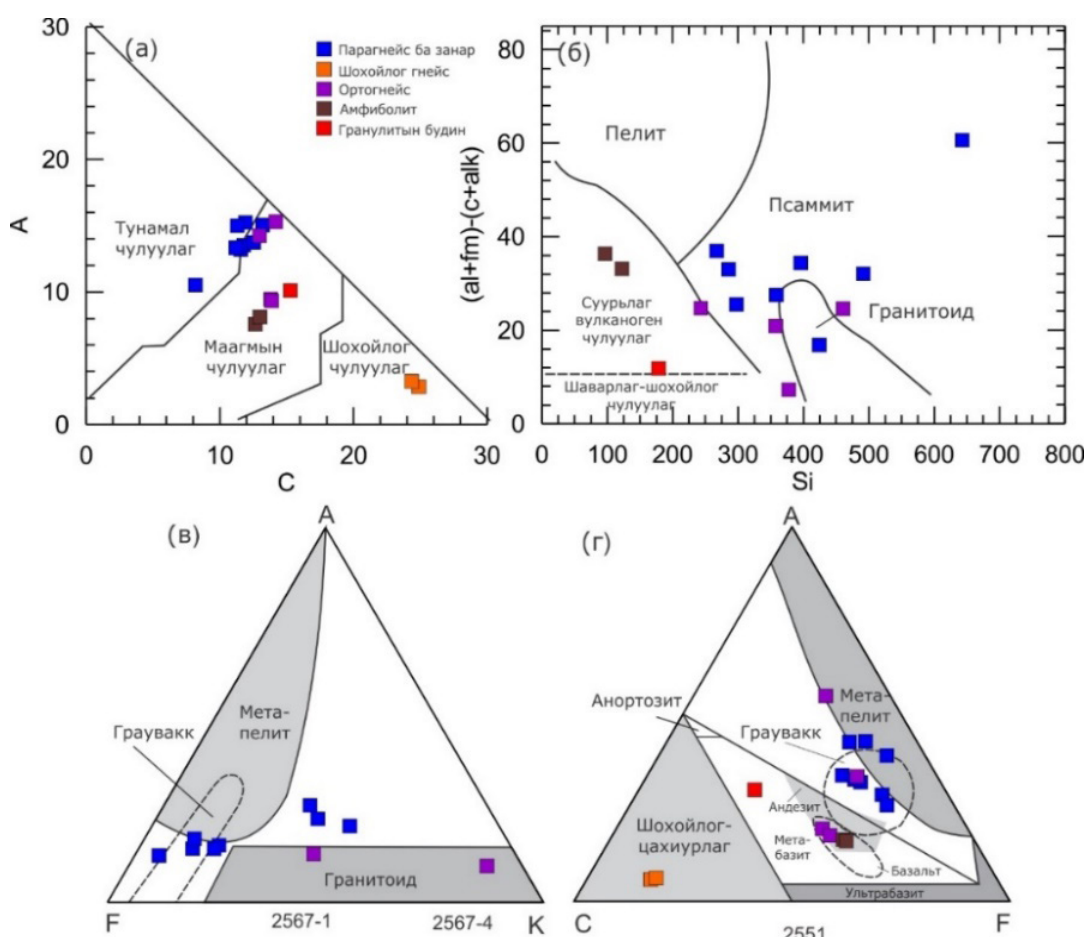
Зураг 6. Гранулитийн будины 2552 дээжний а) Үнэмлэхүй насны конкордийн диаграмм, б) маагмын цирконуудын жигнэсэн дундаж утгын диаграмм, в) Метаморф цирконуудын жигнэсэн дундаж утгын диаграмм

Өөрөөр хэлбэл гранулитийн будин нь хожуу ордовикийн цаг үед үүссэн байна. Харин метаморф цирконуудын нас нь нилээд хэлбэлзэлтэй, дундаж өгөгдлийг найдвартай тооцох боломжгүй байгаа боловч 5 цирконы үнэмлэхүй насны дундаж болох 276 ± 16 с.ж насны өгөгдлийг хожуу үеийн давхцмал процесстэй холбон үзэж болохоор байна (Зураг 6а, в).

4.3 Геохими

Геохимийн шинжилгээний өгөгдлүүдийг боловсруулахын тулд юуны түрүүнд тэдгээр

чулуулгийн эх үүсвэр буюу анхдагч протолитийг тогтоох зорилгоор Симонин ба Нематовын диаграммуудаас гадна А-F-K, А-F-C зэрэг гурвалжин диаграммуудыг ашиглав (Зураг 7). Симонин ба Нематовын диаграммуудыг ашиглан боловсруулалт хийж үзэхэд амфиболит нь суурилаг маагмын чулуулаг буюу базальтаар, гранулитын будин нь маагмын чулуулгаар, ихэнх гнейсүүд нь тунамал чулуулгаар үүссэн болох нь тус тус харагдах боловч зарим тохиолдолд гнейсүүд тодорхой ялгагдахгүй байгаа нь ажиглагдана (Зураг 7а, б).



Зураг 7. Норовзээг формацийн метаморф чулуулгуудын анхдагч протолитийг тогтоох а) А.Нематовын диаграмм, б) А.Симонены диаграмм (Ефремова и Стафеев, 1985), в-г) А-K-F ба А-C-F гурвалжин диаграмм (Cornell & Schütte, 1996).

Иймээс маагмын болон тунамал гаралтай гнейсүүдийг хамгийн ялгахад хамгийн тохиромжтой тооцогддог А-F-K ба А-F-C гурвалжин диаграммуудыг ашиглаж үзвэл ихэнх

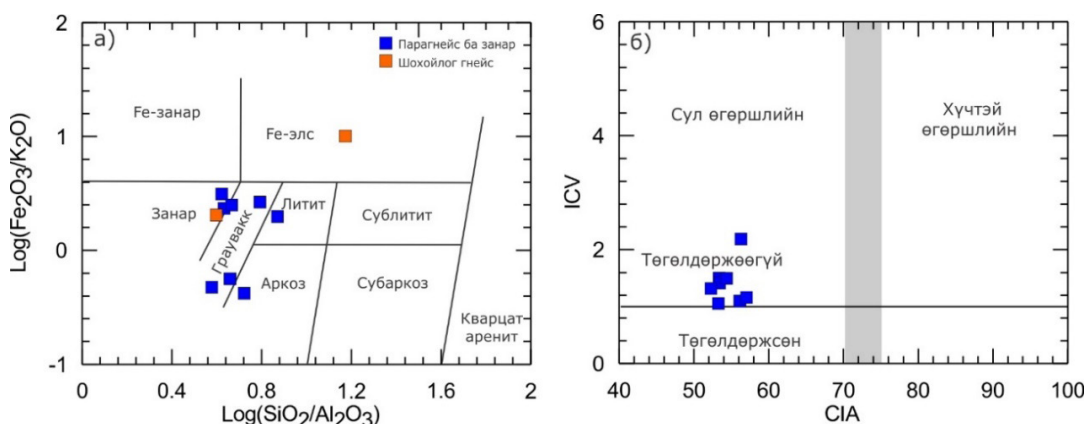
гнейс нь тунамал чулуулгаар үүссэн нь батлагдах бөгөөд харин гранат агуулсан биотиттой гнейс (2567-1, 2567-4) болон кварц-хлорит-амфиболтой гнейс, пироксен-амфиболт гнейс

(2551, SM27/14) зэрэг нь маагмын чулуулгаар үүссэн байхаар байна (Зураг 7в). Занаржсан шохойлог гнейсийн хувьд тунамал гаралтай тод ялгагдана (Зураг 7а, г)

Тунамал чулуулгаар үүссэн занар ба гнейс. Петрохимийн шинжилгээний дүнгээр тунамал чулуулгаар үүссэн занар ба гнейсүүдийн чулуулаг бүрдүүлэгч ислүүдийн агуулга ерөнхийдөө ойролцоо ($\text{SiO}_2 = 66.5 - 78.3\%$, $\text{TiO}_2 = 0.18 - 0.81\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 10.5 - 17.6\%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1.59 - 5.69\%$, $\text{MgO} = 0.50 - 2.30\%$, $\text{CaO} = 0.71 - 2.99\%$) байх бол $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ нийлбэр агуулга $3.21 - 7.47\%$ хооронд хэлбэлзэнэ. Харин 2551-2 дээжинд цахиурын ба төмрийн ислийн агуулга харьцангуй өндөр (83.1% ба 7.10%) байх бол хөнгөнцагаан (5.56%) ба $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ нийлбэр агуулга (0.95%) бага байгаа нь ажиглагдана.

Химийн найрлагын хувьд эдгээр чулуулгуудын протолит нь аркоз, литит, граувакк ба занарлаг чулуулагт хамаарагдана (Зураг 8а).

Норовзээг формацын тунамал эх үүсвэртэй метаморф чулуулгуудын Cl хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн графикт Eu-ийн харьцангуй сулавтар сөрөг гажил ($\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0.48 - 0.80$) илрэх бөгөөд чулуулаг нь ХүГХЭ-ийг бодвол ХөГХЭ-ээр баяжсан, өөрөөр хэлбэл La_n/Yb_n -ийн харьцаа $5.51-13.5$ хооронд хэлбэлзэхээс гадна ХүГХЭ-ийн харьцангуй тэгш тархалтын хэлбэр ажиглагдана (Зураг 9а). Тэдгээрийн ГХЭ-ийн нийлбэр агуулга $122 - 251$ г/т байх бөгөөд дунджаар 178 г/т байх бол занаржсан шохойлог элсэн чулууны хувьд ГХЭ-ийн нийлбэр агуулга $85.1 - 110$ г/т байх ба дунджаар 98 г/т байна.



Зураг 8. Норовзээг формацын занар ба гнейсийн протолитийн ангиллын диаграмм. а) Петтиджоны диаграмм (Pettijohn et al., 1972), б) Химийн өгөршлийн (CIA) ба найрлагын өөрчлөлтийн индекс (ICV)-ийн харьцааны диаграмм (Cox et al., 1995)

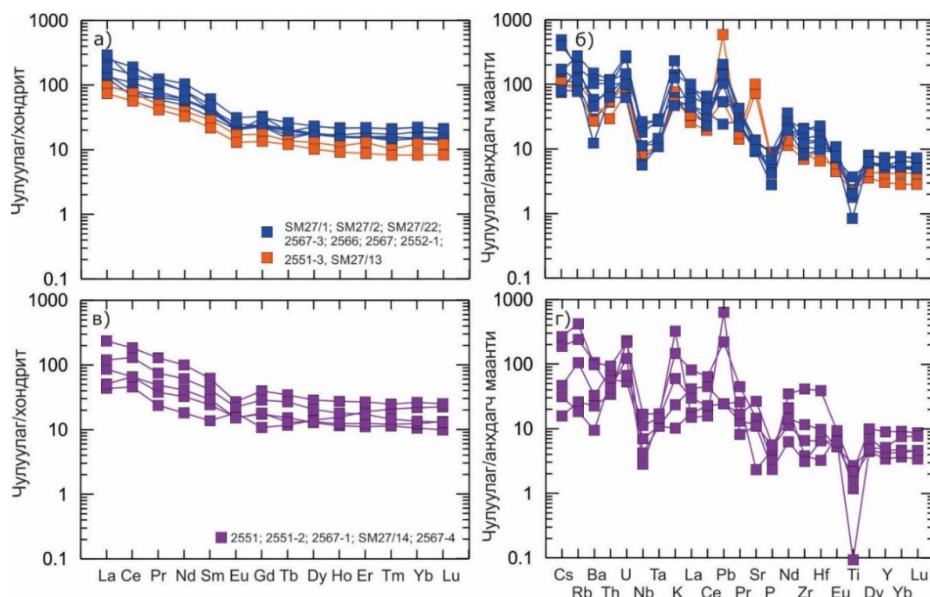
Харин дээр дурдсан чулуулгуудын анхдагч маантийн найрлагаар нормчилсон сарнимал элементийн тархалтын диаграммд том ионт литофиль элемент (Cs, Rb, K) болон өндөр цэнэгтэй элемент U, Pb-ийн эерэг гажил, Nb, Ta, P, Ti-ний тод илэрсэн сөрөг гажилтай хавсран илэрч байна. Харин занаржсан шохойлог элсэн чулууны хувьд Sr-ийн тод илэрсэн эерэг гажил илэрч байгаа нь тус чулуулагт кальцийн ислийн агуулга $38.2 - 39.9\%$ байгаа буюу чулуулаг нь карбонатаар баяжсан байгаатай холбоотой (Зураг 9б).

Маагмын чулуулгаар үүссэн метаморф

чулуулгууд. Петрохимийн шинжилгээний дүнгээр Норовзээг формацын ортогнейсийн SiO_2 -ийн хэмжээ $67.0 - 79.1\%$, $\text{TiO}_2 = 0.02 - 0.58\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 7.39 - 16.0\%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0.69 - 5.46\%$, $\text{MgO} = 0.09 - 4.02\%$, $\text{CaO} = 0.35 - 6.04\%$ хооронд тус тус хэлбэлзэнэ. Хлорит-амфиболт, пироксен-амфиболт гнейсүүд (дээж 2551, 27/14) нь К-багатай ($\text{K}_2\text{O} = 0.31 - 1.8\%$) толетиин эгнээний, хөнгөнцагаанаар дунд зэрэг ханасан S-төрлийн гранитоидод, харин мусковитот ортогнейс (дээж 2567-1 ба 2567-4) нь К-ийн дундаас өндөр ($\text{K}_2\text{O} = 34.39$ ба 9.70%) агуулгатай шохойлог-шүлтлэг эгнээний

хөнгөнцагаанаар ханасан, А-төрлийн чулуулгийн төрөлд тус тус хамаарагдаж байна (Зураг 10а-в).

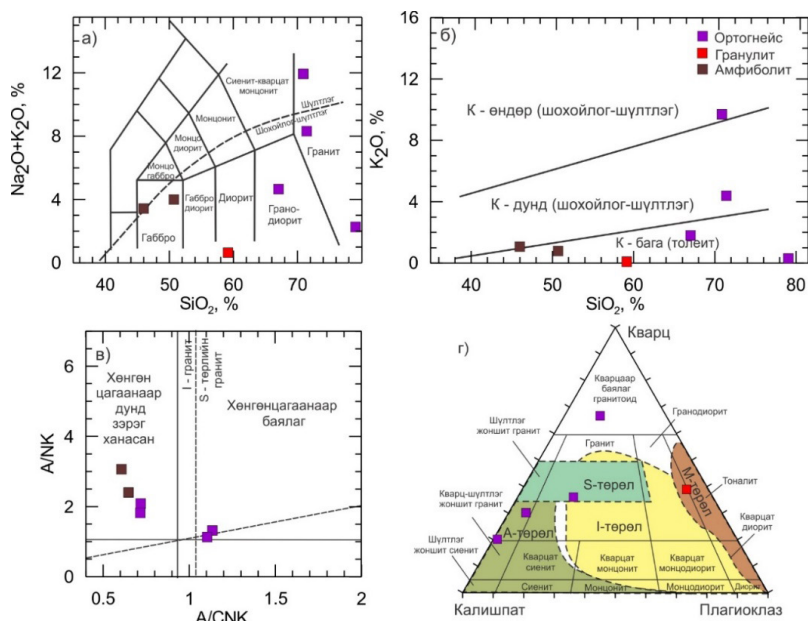
Харин гранулитын будины хувьд диоритийн найрлагатай, хөнгөнцагаанаар дунд зэрэг ханасан,



Зураг 9. Норовзээг формацийн тунамал ба маагмын чулуулгын эх үүсвэртэй метаморф чулуулгуудын CI хондритийн найрлагаар нормчилсон ГХЭ-ийн ба анхдагч маантний найрлагаар нормчилсон сарнимал элементүүдийн спайдер диаграмм. Нормчлолын өгөгдлүүдийг Sun & McDonough (1989)-ын ажлаас авав.

К-ийн бага агуулгатай толентийн эгнээний чулуулагт хамаарагдаж байгаа нь түүнийг

М-төрлийн буюу маантний гаралтай гранитоид гэж үзэх боломжийг олгож байна (Зураг 10а-г).



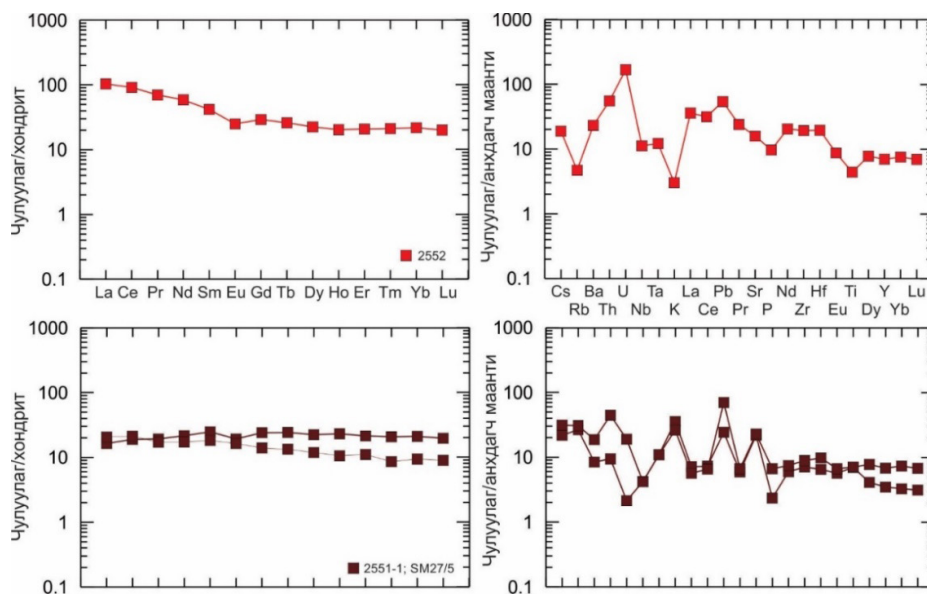
Зураг 10. Норовзээг формацийн а) Ортогнейсийн ангиллын SiO_2 – ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) (Irvine & Baragar, 1971); б) K_2O – SiO_2 харьцааны диаграмм (Pecceillo and Taylor, 1976); в) A/NK – A/NK харьцааны (Middlemost, 1985), г) Гранитоид чулуулгийн гарал үүслийн төрлийг ялгах Q-A-P (Lameyre and Bowden, 1982) диаграммууд.

Ортогнейсүүдийн Cl хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн графикт Eu-ийн тод сөрөг гажил ($Eu/Eu^* = 0.55 - 0.66$) илрэх бөгөөд чулуулаг нь ХүГХЭ-ийг бодвол ХөГХЭ-ээр баяжсан, өөрөөр хэлбэл La_n/Yb_n -ийн харьцаа 4.78-8.86 хооронд хэлбэлзэх бол анхдагч маантийн найрлагаар нормчилсон сарнимал элементийн тархалтын диаграммд том ионт литофиль элемент (Cs, Rb, K) болон өндөр цэнэгтэй элемент U, Pb-ийн эерэг гажил, Nb, Ta, Sr, P, Ti-ний сөрөг гажилтай хавсран илэрнэ (Зураг 9в, г). ГХЭ-ийн нийлбэр агуулгыг авч үзвэл ихээхэн хэлбэлзэлтэй 67.1 – 267 г/т байна. Харин кварц-мусковиттой пегматитийн (дээж 2567-4) хувьд Eu-ийн тод эерэг гажил ($Eu/Eu^* = 1.49$) бүхий ХүГХЭ-ийг бодвол ХөГХЭ-р үл ялиг баяжсан ($La_n/Yb_n = 2.0$) онцлог илэрнэ (Зураг 9в, г). Гранулитын Cl хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн графикт Eu-ийн сулавтар сөрөг гажил ($Eu/Eu^* = 0.72$) бүхий хэлбэр илрэх бөгөөд чулуулаг

нь ХүГХЭ-ийг бодвол ХөГХЭ-ээр баяжсан, өөрөөр хэлбэл La_n/Yb_n -ийн харьцаа 4.57 байна (Зураг 10а, б).

Анхдагч маантийн найрлагаар нормчилсон сарнимал элементийн тархалтын диаграммд өндөр цэнэгтэй элемент болох U-ны тод, Pb, Zr-Hf-ийн сулавтар эерэг гажил тус тус илрэх бол Ti, P, K, Rb-ийн сөрөг гажил ажиглагдана.

Амфиболит. Суурьлаг вулканоген чулуулгаар үүссэн амфиболитийн цахиурын ислийн агуулга 46.0 – 50.7 %, бусад чулуулаг бүрдүүлэгч голлох ислүүд болох $Al_2O_3 = 14.7 - 15.4\%$, $Fe_2O_3 = 13.2\%$, $MgO = 6.08 - 9.02\%$, $CaO = 9.6 - 11.4\%$, $Na_2O = 2.35 - 3.20\%$, $K_2O = 0.79 - 1.07\%$ хооронд тус тус хэлбэлзэж байна. Амфиболит нь химийн гол ислийнхээ хэмжээгээр ($Na_2O + K_2O$ ба SiO_2) базальтын найрлагатай, хөнгөнцагаанаар дунд зэрэг ханасан, K-ийн бага агуулгатай толеитийн эгнээний чулуулгийн төрөлд хамаарагдана (Зураг 10а-в).



Зураг 11. Норовзээг формацын гранулитийн будин ба амфиболитийн Cl хондритийн найрлагаар нормчилсон ГХЭ-ийн ба анхдагч маантийн найрлагаар нормчилсон сарнимал элементүүдийн спайдер диаграмм. Нормчлолын өгөгдлүүдийг Sun & McDonough (1989)-ын ажлаас авав.

Амфиболитийн Cl хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн графикт La_n/Yb_n -ийн харьцаа 0.78 - 2.20 хооронд хэлбэлзэх харьцангуй тэгш шулуун хэлбэр ажиглагдах бөгөөд анхдагч маантийн

найрлагаар нормчилсон сарнимал элементийн тархалтын диаграммд K ба Pb-аар баяжиж Nb, P, Ti-аар үл ялиг шавхагдсаныг эс тооцвол Эх газрын базальттай ерөнхийдөө ойролцоо шинжийг

үзүүлнэ (Зураг 11в, г). Тэдгээрийн ГХЭ-ийн нийлбэр агуулга 42.3 – 53.4 г/т байх бөгөөд дунджаар 109 г/т байна.

5. Хэлэлцүүлэг

5.1 Метаморф зузаалгийн үүссэн цаг хугацаа

Цагаан Суваргын ордын зүүн өмнөд талд буюу Хошуу цав уулаас Хоньчийн овоо хүртэл зураглагддаг метаморф зузаалгийн бүрэлдэхүүнд голлох хувийг эзэлдэг парагнейсийн геохронологийн шинжилгээний дүнгээр цирконуудын бүрэлдэхүүнд тогтоогдсон хамгийн залуу популяцийн $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ насны жигнэсэн дундаж өгөгдлөөр зузаалгийн хурдас хуримтлалын насны доод хязгаарыг тогтоож болно. Харин гранулитийн будинд тогтоогдсон маагмын цирконуудын насны өгөгдлөөр тус бүс нутагт гранулитийн фаацын метаморфизмд автсан цаг хугацааг тодорхойлох боломжтой бол тус метаморф цирконуудын өгөгдөл нь хожуу явагдсан метаморфизм эсвэл гидротермал уусмалын идэвхжлийн цаг хугацааг барагцаалах боломжийг олгож байна.

Ийнхүү тус талбайд тархалттай парагнейс болон гранулитийн будины цирконуудын геохронологийн шинжилгээний дүнгээр тус метаморф зузаалгийг 547 с.ж-ээс хожуу буюу хожуу неопротерозойн төгсгөл-түрүү кембрийн эхэн үед хуримтлагдсан бөгөөд 451.6 ± 5.1 с.ж орчимд буюу хожуу ордовикийн үед гранулитийн фаацын метаморфизмд автсан гэж үзэж болохоор байна. Мөн тус бүс нутгийн хэмжээнд пермийн цаг үед ч метаморфизм эсвэл гидротермал уусмалын идэвхжилт явагдсан байх магадлалтай байна.

Ийнхүү хээрийн судалгааны явцад хийгдсэн ажиглалт судалгаа, петрографи, геохронологи, геохимийн судалгааны дүнг нэгтгэн авч үзвэл Хутаг-Уул метакомплекс ба Норовзээг формацаар зураглагдсан метаморф зузаалуудыг нэгтгэн нэг формац буюу Норовзээг формацад ангилж насыг нь судалгааны өнөөгийн түвшинд

дээд неопротерозойд ангилах боломж бүрдлээ.

5.2 Метаморф чулуулгуудын үүслийн геодинамик орчин

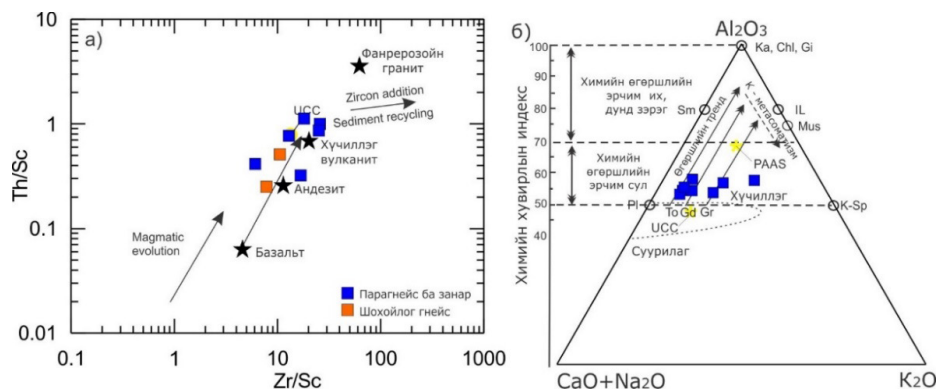
5.2.1 Тунамал протолиттой метаморф чулуулгуудын эх үүсвэр, хурдас хуримтлалын орчин, геодинамик нөхцөл

Петрохимийн онцлогоороо Норовзээг формацын парагнейсүүдийн протолит нь аркоз, литит, граувакк ба занарлаг чулуулагт хамаарагдана (Зураг 8а). Тэдгээрийн химийн өгөршлийн индексийн утга 52.3 – 57.0 хооронд хэлбэлзэх бол найрлагын өөрчлөлтийн индекс 1.03 - 2.19 байгаа нь тэдгээр нь химийн өгөршлийн эрчим сул, физик өгөршил давамгайлсан мужаас үүсэлтэй болохыг илтгэнэ (Зураг 8б). Харьцуулах зорилгоор авч үзвэл химийн хувирлын индекс (CIA) нь өгөршилд автаагүй эх газрын базальтад 40-50, гранитоидод 50-55 (Cox et al., 1995) байдаг бол хээрийн жонш шаварлаг эрдэсд хувирах явцаас хамааран химийн хувирлын эрчим багатай бүс нутгуудад тус индекс 50-60, дунд зэрэг бол 70-80, өндөр бол 80-90, маш өндөр бол 90-ээс их байдаг байна (Nesbitt and Young, 1982). Харин найрлагын өөрчлөлтийн индекс (ICV) нь химийн өгөршлийн эрчим нэмэгдэх тусам буурдаг бөгөөд өгөршилд автаагүй эх газрын базальтад 2.2, харин гранитоидод 0.95 байдаг байна (Li, 2000).

Тунамал хурдсын зөөгдөл ба ялгарал нь монацит, циркон зэрэг хүнд эрдсүүдийн хуримтлалаас үүдэн хурдсын геохимийн онцлогт нөлөөлөх бөгөөд жишээлбэл монацитын хуримтлалаас үүдэн хурдсын Gd_n/Yb_n харьцаа эрс өсдөг (Cullers 1988; McLennan et al., 1993). Мөн цирконы хуримтлалаас үүдэлтэй хурдсанд Zr ба Zr/Sc харьцааны утга өсдөг (McLennan, 1989; McLennan and Taylor, 1991; McLennan et al., 1993; Cullers, 2000).

Норовзээг формацын парагнейсийн Gd_n/Yb_n харьцаа харьцангуй бага, 1.46-2.13 байх ба мөн Zr агуулга 42 – 235 г/т, дунджаар 146 г/т байх бөгөөд Th/Sc -Zr/Sc дискриминацийн диаграмм дээр тэдгээр нь маагмын трендтэй паралель байгаа зэрэг нь тэдгээр чулуулаг нь дундлаг ба хүчиллэг

маагмын чулуулгийн эх үүсвэртэй, хүнд эрдсүүдээр (монацит, циркон) баяжаагүй, ахин хуримтлалд автаагүй болохыг харуулна (Зураг 12а).

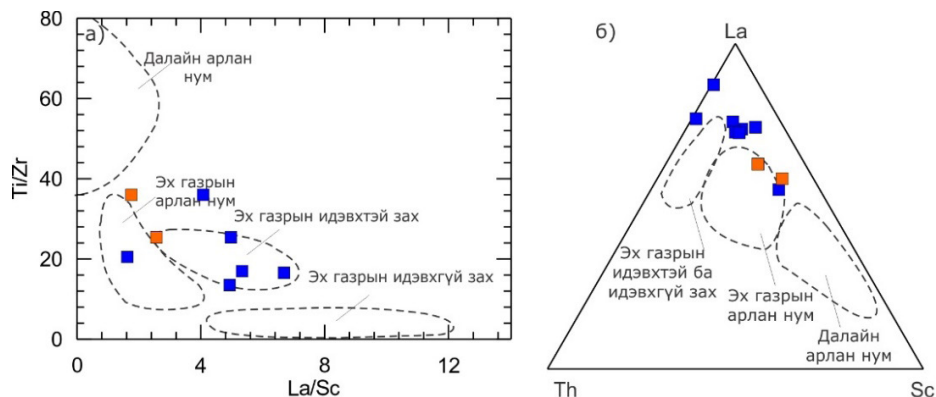


Зураг 12. Норовээг формацын парагнейс ба занарын а) Th/Sc ба Zr/Sc дискриминацийн диаграмм (McLennan et al., 1993), б) A–CN–K (Nesbitt and Young, 1982) гурвалжин диаграмм. Pl – плагиоклаз, Sm – смекит, Ka – каолинит, Chl – хлорит, Il – иллит, Mus – мусковит, K-Sp – калийн хээрийн жонш. UCC – Австралийн архейн дараах занарын дундаж

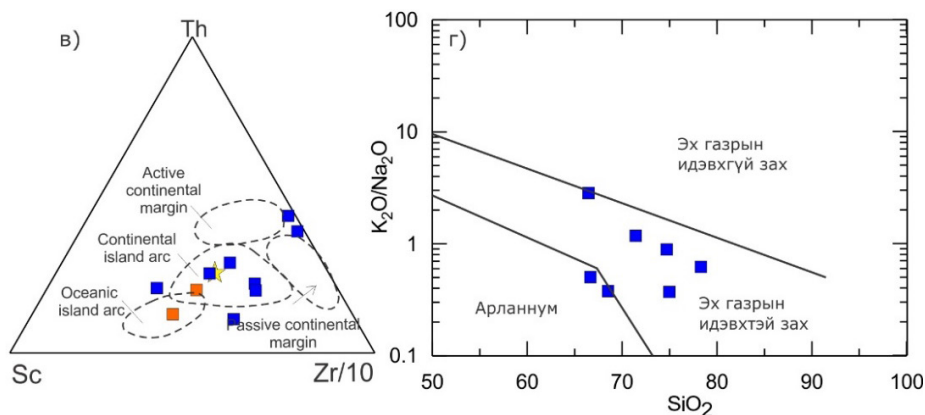
Эх газрын дээд царцдасын дундаж, PAAS – Тунамал чулуулгийн эх үүсвэр мужийн найрлага, өгөршил ба хурдас хуримтлалын дараа үеийн хувирлын процессын явцад элементүүд хэрхэн өөрчлөгдсөн онцлог болон өгөршлийн трендийг тус тус харуулдаг ($\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O}$) – Al_2O_3 – K_2O гурвалжин диаграмм (Nesbitt and Young, 1982)

У ба Th-ийн хувьд исэлдлийн орчинд уусамтгай чанар харилцан адилгүй учир хурдас хуримтлалын явцад Th/U харьцаа аажмаар ихэсдэг зүй тогтол илэрдэг (McLennan and Taylor, 1980). Норовээг формацын занар ба парагнейсүүдийн Th/U харьцаа 0.60 – 4.12 хооронд буюу дунджаар 2.39 байгаа нь ЭГДЭЦ-ын дунджаас бага байна (3.89, Rudnick and Gao, 2003).

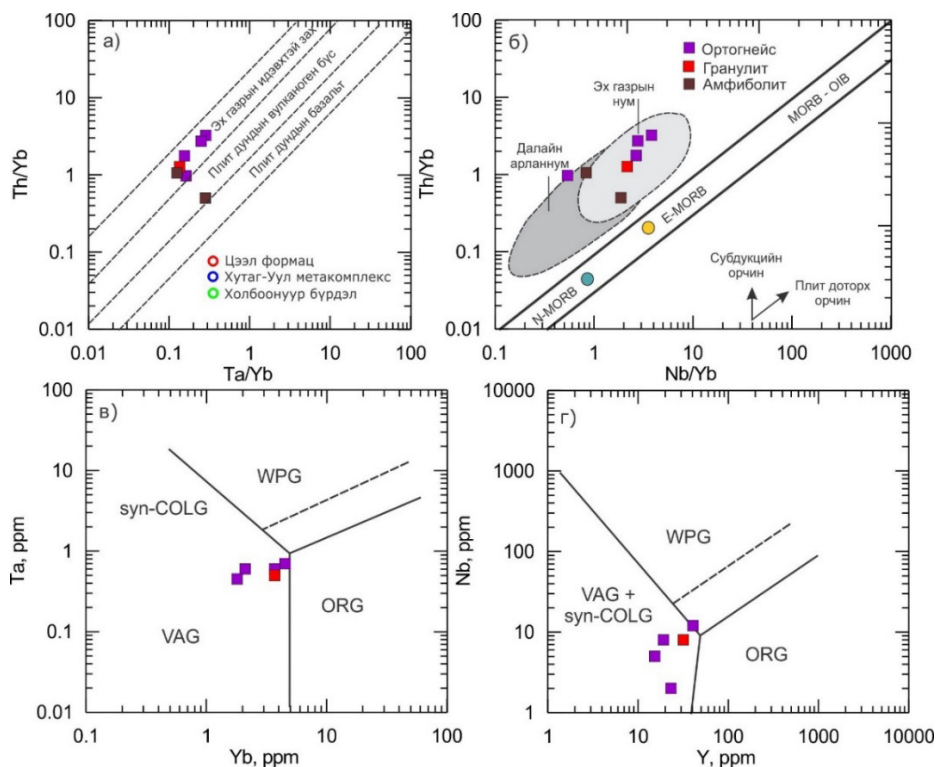
дээр Норовээг формацын парагнейс ба занар нь тоналит, гранодиорит ба гранитын өгөршлийн тренд дээр байрлаж байгаа нь тэдгээрийн эх үүсвэрт хүчиллэг ба дундлаг маагмын чулуулаг зонхилж байсныг харуулна (Зураг 12б). Мөн тус диаграммаас плагиоклаз маш бага хувиралд автсан, өөрөөр хэлбэл эх үүсвэр мужид химийн өгөршлийн эрчим маш бага, физик өгөршил давамгайлж байсан нь батлагдаж байна (Зураг 12б). Дээжнүүдийн сарнимал элементийн шинжилгээний дүнг ашиглан тектоник орчны ангиллын холбогдох диаграммуудыг ашиглан боловсруулалт хийж үзэхэд парагнейс ба занарын протолит нь эх газрын зах – эх газрын нумын орчинд үүссэн болох нь харагдаж байна (Зураг 13а, б).



Зураг 13. Үргэлжлэл арын хуудсанд



Зураг 13. Норовзээг формацын парагнейс ба занарын протолитийн үүслийн геодинамик орчныг тодорхойлох а) $Ti/Zr - La/Sc$, б) $Th - Sc - La$, в) $Sc - Zr/10 - Th$; г) $K_2O/Na_2O - SiO_2$ диаграммууд (Bhatia and Crook, 1986)



Зураг 14. Норовзээг формацын ортогнейс, амфиболитийн үүслийн геодинамик орчныг тодруулах а) $Th/Yb - Ta/Yb$, б) $Th/Yb - Nb/Yb$, в) $Ta - Yb$, г) $Nb - Y$ (Pearce et al., 1984) диаграммууд. Тайлбар: OIB – далайн арлан нум, E-MORB – Баяжсан далайн голч нурууны базальт, N-MORB – ердийн далай голч нурууны базальт, VAG – эх газрын нумын гранит, syn-COLG – коллизийн гранит, WPG – плит доторх гранит, ORG – далайн голч нурууны гранит,

5.3 Маагмын чулуулгийн протолиттой метаморф чулуулгуудын гарал үүсэл, үүслийн геодинамик нөхцөл

Петрохимийн шинжилгээний дүнгээр Норовзээг

формацын ортогнейс нь гранит ба гранодиоритын найрлагатай, хөнгөнцагаанаар баялаг, К-ийн дунд агуулгатай шохойлог-шүлтлэг эгнээний чулуулгийн төрөлд хамаарагдана (Зураг 10).

Хэдийгээр цөөхөн дээжний өгөгдөл байгаа боловч ортогнейсийн протолитийн гарал үүслийн төрлийг тогтоох үүднээс $Ap-Ab-Og$ (анортит-альбит-ортоклаз) болон $Q - A - P$ (кварц-шүлтлэг жонш — плагиоклаз) диаграммуудыг ашиглан боловсруулалт хийж үзэхэд чулуулаг нь гранит ба гранодиоритийн найрлагатай, S-төрлийн гранитад хамаарагдах боломжтой байгаа нь давхар батлагдаж байна (Зураг 10г). Дээр дурдсан бүхнийг нэгтгэн дүгнэж үзвэл Норовзээг формацын бүрэлдэхүүнд илэрсэн ортогнейс ба амфиболитийг эх газрын зах-эх газрын нумын орчинд үүссэн гэж үзэж болохоор байна (Зураг 14).

6. Дүгнэлт

1. Хээрийн судалгааны явцад хийгдсэн ажиглалт судалгаа, петрографи болон геохимийн судалгааны дүнгээр Цагаан Суваргын ордын зүүн өмнөд талд буюу Хошуу цавуулаас Хоньчийн овоо хүртэл талбайд Хутаг-Уул метакомплекс ба Норовзээг формацаар зураглагдсан метаморф зузаалгийн бүрэлдэхүүнд тус тус илэрдэг гнейс, занар, амфиболит нь хоорондоо литологи, эрдсийн бүрэлдэхүүн ба бодисын найрлагын хувьд ижил байгааг тогтоосны үндсэн дээр эдгээр зузаалгуудыг хоёр өөр метакомплекс ба формацад бус, харин нэг формацад нэгтгэн ангилах нь зүйтэй гэж үзлээ.
2. Парагнейсийн геохронологийн шинжилгээний дүнгээр тус метаморф зузаалгийг 547 с.ж-ээс хожуу буюу дээд неопротерозойн сүүл - доод кембрийн эхэн үед нь эх газрын зах — эх газрын нумын орчинд хуримтлагдсан болохыг илрүүлж судалгааны өнөөгийн түвшинд дээд неопротерозойн Норовзээг формацад ялгалаа. Мөн зузаалагт агуулагдах гранулитийн будины цирконуудын геохронологийн шинжилгээний дүнд үндэслэн тус зузаалгийг 451.6 ± 5.1 с.ж орчимд буюу хожуу ордовикийн цаг үед гранулитийн фаацын метаморфизмд автсан болохыг тогтоолоо.

3. Судалгааны ажлыг цаашид үргэлжлүүлэх шаардлагатай бөгөөд формацын насыг ахин баталгаажуулах, зэргэлдээ орших эртний блокуудын судалгааны дүнгүүдтэй харьцуулах, улмаар бүс нутгийн геологийн хөгжлийн түүхийг сэргээн босгох шаардлага зүй ёсоор тавигдаж байна.

Талархал

Тус судалгааны ажил нь АМГТГ ба Үндэсний Геологийн Албанаас хэрэгжүүлсэн “Монгол орны “К” хавтгайн хэмжээнд зохиогдсон улсын геологийн 1:200000-ны масштабын иж бүрдэл зургуудыг нэгтгэх төсөл (УГЭ-200-К-2016) болон ШУА-ийн Геологийн хүрээлэн дээр хэрэгжсэн “Хатанбулагийн ба Өмнөд говийн эртний массивуудын суурь болон хучаас бүрдлүүд: Геологийн хөгжил, хүдэржилт” суурь судалгааны төслийн (ШУсс-2018/44) хүрээнд хийгдсэн бөгөөд хамтран ажилласан геологичид, судлаачид, жолооч нартаа гүн талархал илэрхийлье.

Ишлэл

- 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.
- Bhatia, M.R. and Crook, K.A.W., 1986. Trace Element Characteristics of Graywackes and Tectonic Setting Discrimination of Sedimentary Basins. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 92, 181-193.
- Cornell, D.H., Schötte, S.S., 1996. The Ongeluk basaltic andesite formation in Griqualand West, South Africa: submarine alteration in a 2222 Ma Proterozoic sea, *Precambrian Research* 79, Issues 1–2, 101-123.
- Cox, R., Lowe, D.R., Cullers, R.L., 1995. The influence of sediment recycling and basement composition on evolution of mudrock chemistry in the southwestern United States. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 59, 2919-2940
- Cullers, R.L., Basu, A. and Suttner, L.J., 1988. Geochemical Signature of Provenance in Sand-Size Material in Soils and Stream Sediments near the Tobacco Root Batholith, Montana, USA. *Chemical Geology* 70, 335-348.
- Cullers, R.L. and Podkovyrov, V.N., 2000. Geochemistry of

- the Mesoproterozoic Lakhanda Shales in Southern Yakutia, Russia: Implications for Mineralogical and Provenance Control, and Recycling. *Precambrian Research* 104, 77-93.
- Irvine, T.N., Baragar, W.R.A., 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Science* 8 (2), 523-548.
- Li, Y.H. 2000. A Compendium of Geochemistry. Princeton University Press, Princeton, NJ, 475 p.
- Sun, S.S. and McDonough, W.F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts; implications for mantle composition and processes. In: *Magmatism in the ocean basins*. Saunders, A.D. and Norry, M.J. (Editors), Geological Society of London, London. Pub.42, 313-345.
- McLennan, S.M., Hemming, S., McDaniel, D.K., Hanson, G.N., 1993. Geochemical approaches to sedimentation, provenance and tectonics. *Processes Controlling the Composition of Clastic Sediments*. Geological Society of America Special Paper 284, 2-40.
- McLennan, S.M., and Taylor, S.R. 1991. Sedimentary rocks and crustal evolution: Tectonic setting and secular trends. *The Journal of Geology* 99, 1-21.
- McLennan, S.M., 198. Rare Earth Elements in Sedimentary Rocks: Influence of Provenance and Sedimentary Process. *Review of Mineralogy*, 21, 169-200.
- McLennan, S.M., Nance, W.B. and Taylor, S.R., 1980. Rare earth element--thorium correlations in sedimentary rocks, and the composition of the continental crust. *Geochim. Cosmochim. Acta* 44, 1833-1839.
- Middlemost, E. A. K., 1985. *Magmas and Magmatic Rocks. An Introduction to Igneous Petrology*. 266 p.
- Munkhsuren, B., Enkhdalai, B., Narantsetseg, Ts., Udaanjargal, Kh., Orolmaa, D., Munkhjin, D., 2021. Lithological mapping using remote sensing techniques: A case study of Alagbayan area, Dornogobi province, Mongolia. *Mongolian Geoscientist* 26(53), 37-54.
- Nesbitt, H.W., Young, G.M., 1982. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites, *Nature* 199, 715-717.
- Pearce, J., Harris, N.B.W., Tindle, A.G., 1984. Trace element discrimination diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks. *Journal of Petrology* 25, 956-98.
- Peccerillo, A. and Taylor, S.R., 1976. Geochemistry of Eocene Calc-Alkaline Volcanic Rocks from the Kastamonu Area, Northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 58, 63-81.
- Pettijohn, F.J., Potter, P.E., Siever R., 1972. *Sand and Sandstone*: New York, Springer- Verlag. New York. XVI, 618 p.
- Rudnick, R.L. and Gao, S., 2003. The Composition of the Continental Crust. In: Holland, H.D. and Turekian, K.K., Eds., *Treatise on Geochemistry* 3, The Crust, Elsevier-Pergamon, Oxford, 1-64.
- Ефремова, С.В., Стафеев, К.Г., 1985. Петрохимические методы исследования горных пород, Москва, Недра, 512 с.
- Бөмбөрөө, Г., Болдбаатар, Г., Амаржаргал, А., Алтаншагай, Ш., Ганбаатар, Т., Ариунзул Б., 2004. К-49-1 хавтгайд 1:200000-ны масштабын Улсын геологийн зураг зохиох төслийн ажлын үр дүнгийн тайлан.
- Голденберг, В.И., Санжаадорж, Д., Вертлиб, В.И., 1977. 1974-1977 онд явуулсан 1:200 000 масштабын геологийн цогцолбор судалгааны үр дүнгийн тайлан. 2724ф.
- Дагва-Очир, Я., Сэрчиннамжил, Г., 2001. Дорноговийн зүүн өмнөд хэсгийн геологийн тогтоц, ашигт малтмал, Дорноговь аймгийн ЗӨ хэсгийн нутагт 1991-1994 онуудад гүйцэтгэсэн 1:200,000-ны харьцалтай геологийн бүлэгчилсэн зураглал, ерөнхий эрлийн ажлын тайлан, 5384ф.
- Төмөртоогоо, О., 2017. Монгол улсын нутаг дэвсгэрийн тектоник дүүрэгчлэл 1:1450000 масштаб.
- Эрдэнэчимэг, Д., Энхбаяр, Б., Болдбаатар, Г., Дамдинжав, Б., Тайванбаатар, Ц., 2017. “Геомэдээллийн сан-2013” төслийн хүрээнд 2014-2017 онуудад гүйцэтгэсэн Монгол Улсын 1:500000-ны масштабын геологийн зураг зохиох төслийн ажлын үр дүнгийн тайлан, 8480Ф.