

## БҮЛЭГ 1. ТАРВАГАТАЙН ӨРГӨГДЛИЙН ГЕОЛОГИ-ГЕОДИНАМИКИЙН

### ХӨГЖЛИЙН ТҮҮХ

Монгол орны нутаг дэвсгэр нь Төв Азийн Ороген Бүс (ТАОБ) ([Jahn et al., 2000a, 2000b](#); [Windley et al., 2007](#); [Schulmann and Paterson, 2011](#)) эсвэл Алтайд ([Sengor et al., 1993](#); [Sengor et al., 2018](#)), Төв Азийн Орогены Суперколлаж ([Yakubchuk, 2017](#)), буюу Төв Азийн Ороген Систем ([Yin et al., 2005](#); [Zuza and Yin, 2017](#)) гэж нэрлэгдэх 8000 км<sup>2</sup> талбай хамрах өргөн уудам бүсийн төв хэсэгт геологийн тогтцоороо маш чухал байр суурь эзлэн оршдог.

Бид судалгаандаа Төв Азийн ороген бүс гэсэн нэршлээр авч хэрэглэсэн бөгөөд уг бүс нь Сибирь, Тарим-Хойд Хятад, Зүүн Европын кратонуудын хооронд орших ба дэлхийн хамгийн том аккрецын коллаж, фанерозойн царцдасын өсөлтийн хувьд чухал бүс нутаг юм ([Sengor et al., 1993](#); [Sengor et al., 2018](#); [Sengor and Natal'In, 1996](#); [Jahn et al., 2000a, 2000b](#); [Li et al., 2006a](#); [Windley et al., 2007](#); [Xiao et al., 2010, 2013, 2018](#); [Wilhem et al., 2012](#); [J.Y. Li et al., 2019a](#)). Уг бүс нутагт аккрецын комплекс, магмын нум, арлан нум, офиолит, далайн уулс, эртний эх газрын цухуйцууд зэрэг олон тооны цогцолборууд багтана ([Windley нар, 2007](#); [Schulmann and Paterson, 2011](#); [Xiao et al., 2015, 2018](#)).

Төв Монголын хойд хэсэгт орших Тарвагатайн өргөгдөл нь региональ структурын хувьд Төв Азийн атираат бүслүүрийн зүүн хэсэгт орших бөгөөд неопротерозойгоос палеозойн эриний аккрец-коллизын гранитоид бүрдлүүд өргөн тархалттай ([Mossakovsky et al., 1993](#); [Kovalenko et al, 2005](#); [Kozakov et al., 2011](#); [Orolmaa et al., 2008](#); [Kovach et al., 2012](#); [Yarmolyuk et al., 2016](#); [Kröner et al., 2014](#)).

Баруун/Баруун Хойд Монголын геологийн тогтоц үндсэндээ кембрийн өмнөх настай эртний эх газрын блокууд, түүнийг хүрээлсэн неопротерозой-түрүү палеозойн далайн хурдас, арлан нумын бүрдлүүдээс голчлон тогтоно ([Khain et al., 2002](#); [Kovalenko et al., 2005](#); [Ruzhentsev and Mossakovskiy, 1996](#)).

Эх газрын блокуудаас хамгийн том нь Тува-Монгол ба Завхан микроконтинент гэдэг. Завхан микроконтинентийг дотор нь Байдраг, Завхан, Тарвагатайн, Сонгино блокуудад хуваадаг бөгөөд өндөр-зэргийн метаморф хувиралд өртсөн байдаг ([Badarch et al., 2002](#); [Demoux et al., 2009](#); [Kozakov et al., 2011](#); [Kröner et al., 2007, 2017, 2015](#)). Геологийн судалгааны эхэн үед Тарвагатайн өргөгдлийн талст чулуулгийн бүтцийг

Завханы бичил тивийн нэг хэсэг гэж үздэг байсан (Mossakovsky et al., 1993), хожим нь Тарвагатайн кратоны террейн (Badarch et al., 2002; Төмөртоогоо, 2012) гэж тодорхойлсон.

Тарвагатайн өргөгдлийн геологийн тогтоц (Зураг 1)-д хамгийн эртний Кембрийн өмнөх Идэр метакомплекс, түүний насны үндэслэлийг Хөнжлийн голын орчимд илэрсэн чарнокит гнейсд U-Pb аргаар тогтоогдсон 2520-2550 сая жил (Kröner et al., 2015), гранит-гнейст  $2219 \pm 25$  сая жилийн (Kozakov et al., 2011) насны үр дүнтэй. Уг метакомплексыг түрсэн Хөнжлийн голын массиваас авагдсан габбро-анортозитийн цирконд U-Pb-ын аргаар  $1784 \pm 10$  сая жил (Anisimova et al., 2009)-ийн насыг тогтоож Хойд Хятадын рифтоген магматизмын үүсэлтэй адилтгадаг бөгөөд уг габбро-анортозитын биетийг коллизын нөлөөгөөр тэлэлтийн нөхцөлд үүссэнээр тайлбарладаг (Anisimova et al., 2009; Kozakov et al., 2011); Төмөртоогоо, 2014).

Насны өгөгдлүүдэд үндэслээд Шижирбаатар нар (2001Ф)-ын мезопротерозойн Намиг (MP1), *Неопротерозойн Агьт* бүрдлийг ялгаж насны үр дүнтэй тус тус дүйцүүлэн судалжээ.

Харин Жаргалант метаморф комплекс Nd- загвар нас 1.5-1.3 тэрбум жил, метафофизмын нас  $815 \pm 4$  сая жил (Kozakov et al., 2011), тус формацыг түрсэн гнейсжсэн гранитоидын нас  $809 \pm 4$  сая жил болох нь тус тус тогтоогдсон.

*Неоархейн Идэр* бүрдэл нь нэлээд өргөн тархалттай ба баруун-урдаасаа зүүн-хойш чиглэлтэй сунасан структурыг үүсгэсэн үлдэгдэл гаршууд байдлаар тохиолдоно. Эдгээр нь гранит-гнейс, диорит-гнейс, амфиболит, мигматит болон, кварцитын үе мэшлүүдээс тогтоно. Уг бүрдэл нь гранитын дэл судлуудаар түрэгдсэн байдаг

*Габбро-Анортозитын бүрдэл* нь Тарвагатайн кратоны блоктой тохрол хагарлаар хиллэдэг, мөн түүнчлэн дунд-хожуу кембри, түрүү хожуу ордовик, хожуу девоны настай гранитоид бүрдлүүд, хожуу криогены неоавтохтоны вулканоген моласс, шүлтлэг гранитын бүрдэл зэргээр түрэгдэн тогтсон структур юм (Anisimova et al., 2009; Kozakov et al., 2011; Төмөртоогоо, 2014).

*Жаргалант бүрдэл* нь биотит-эвэр хуурмагт гнейсээс голлон тогтох бөгөөд тэдгээрийн үе хооронд занаржсан гантиг, мигматижсан гранит, афиболититын нарийн үе зэргээс тогтсон байх ба зарим хэсэгтээ эдгээр нь метагаббро дайгаар зүсэгдсэн байдаг.

*Мезопротерозойн Намиг бүрдэл* нь гнейслэг габбро, габбродиоритоос голлон бүрдэх бөгөөд Идэр бүрдлийн метаморф чулуулгийг зүсэж, Тэлмэн бүрдлийн гранитоидоор түрэгддэг. Хил заагийн дотоод хэсэгтээ өнгөт эрдсийн агуулга ихэсч чулуулаг гнейслэг текстуртай болсон байх ба гадаад хэсэгтээ агуулагч чулуулгийн үеийн дагуу нийцлэгээр диорит, плагиогранит, хүчиллэг дэл судлын биетүүд тохиолдохын зэрэгцээ мигматижих, гранитжих хувирлууд, зарим интрузив чулуулгаар зүсэгдсэн хэсэгтээ метаморф чулуулаг нь роговижсон ажиглагдана.

*Неопротерозойн Агьт* бүрдэл нь судалгааны талбайн баруун хойд хэсэгт буюу Улаан-Өвөр уул орчимд жижиг биет байдлаар илэрнэ. Уг бүрдлийг [Шижирбаатар нар \(2001Ф\)](#) анх ялгасан ба бие даасан интрузив бүрдлийн хэмжээнд ялгаж гнейслэг гранит болон амфиболит зэрэг чулуулгийн төрөлжилттэй ажиглагдана.

Дунд-хожуу кембрийн *Шинэ-Идэр I* фазын чулуулгийг өмнөх судлаачид доод палеозойн Тогтохын шил, Тэлмэн бүрдлийн I фазад хамааруулж байсан ба бараан саарал өнгийн дунд-том ширхэгтэй габбро, биотит-амфиболт диорит, багаар пироксен, биотит-амфиболт габбродиорит, кварцат диоритоос бүрдэнэ. II фазын чулуулаг нь Хожуулын голын орчимд тод илрэх ба [Ё.Батчулуун нар \(3711ф\)](#) палеозойн Тэлмэн бүрдлийн 3-р фазад ялгасан плагиогранит голлон хамаарагдаг.

*Тэлмэн* бүрдлийн гранитоид нь судалгааны талбайд өргөн тархалттай ба янз бүрийн хэмжээ бүхий биетүүдээр илрэх бөгөөд 2 фазад ялгагддаг. 1-р фазын чулуулагт дунд-том ширхэгтэй габбро, габбродиорит, диорит, кварцат диоритоос тогтоно. 2-р фазын чулуулагт гранодиорит, гранит, плагиогранитаас тогтоно. Уг бүрдэл нь хагарлын дагуу суларсан бүсээр жижиг ширхэгтэй суурилаг ба дундлаг дэл судлын биетүүдээр түрэгддэг.

Сүүлийн үеийн сэдэвчилсэн судалгаагаар Тарвагатайн өргөгдөлд тогтоогдсон насны үндэслэлүүдээс харахад уг өргөгдөлд орших Идэр бүрдлийн хамгийн эртний чулуулгийн төлөөлөл болох гнейст хийгдсэн цирконы SHRIMP-ийн өгөгдлөөр 2520-2546 сая жил болохыг тодорхойлж, Nd болон Hf-ний изотопын судалгаагаар эх үүсвэрийг тогтоосон ([Kröner et al., 2014](#)) ба гнейсд тогтоогдсон 2520-2550 сая жил болон габбро-анортозитод тогтоогдсон ~1860 сая жилийн нас нь Сибирь, Хойд Хятад, Таримын эртний чулуулгийн настай дүйж байдаг.

Тарвагатайн өргөгдөлд тархалттай Палеозойн магматизмын насны асуудал нэлээд маргаантай хэвээр байсаар байна. Өргөгдөлд өргөн тархалттай Тэлмэн

бүрдлийн гранитоид чулуулагт 416-437- сая жил (Kozakov et al., 2011; Kroner et al., 2014; Ling et al., 2021 болон бидний судалгаа), буюу хожуу силурын цаг хугацааг, Шинэ-Идэр бүрдлийн гранитоидууд 440-446 сая жил (Ling et al., 2021; Bold et al. 2019; Fedorov, 1966;) буюу ордовик ба силурын заагт үүссэн цаг хугацааг илэрхийлнэ. Харин Тарвагатайн өргөгдлийн хэмжээнд Тэс хэмээн зураглагдсан гранитоидод 257-237 сая жилийн (Yarmolyuk, 2011; бидний энэ судалгаа) хоорондох насны өгөгдлүүд тогтоогдсон нь хожуу Пермээс дунд Триасын цаг үед хамаарч байна. Энэ гранитоид чулуулаг нь Пермийн цаг үед явагдсан рифтийн хөгжлийн сүүлийн үе шатанд үүссэн шүлтлэг ба шүлтлэгдүү гранитын Шар ус бүрдлийн гранитоидын настай дүйж байна. Хангайн боржинд геохронологийн дэвшилтэт судалгааг хангалттай хийж 300-220 сая жилийн (Ярмолук В.В и др., 2013б; Yarmolyuk et al., 2018; Kozakov et al., 2011; ) настайг баттай тогтоосон байна.

Монгол орны геологийн томоохон бүтээл болох Монгол орны тектоник мужлалын шинэчилсэн схем (Төмөртоого, 2012) болон Террейний ангилал (Badarch et al., 2002) бүтээлүүдэд Тарвагатайн террейний гарал үүслийн талаар тусгагдсан байдаг. Тус бүс нутгийг (Төмөртоого, 2012) ангилахдаа Умарт Монголын ороген муж нэн нийлмэл тогтоцтой бөгөөд Нуур-Тарвагатайн ороген тогтолцоонд хамааруулан, Сибирийн кратоны өмнөт атриат хүрээллийн хэсэг болох энэхүү ороген тогтолцооны бүрэлдэхүүнд Төв Монголын супертеррейн (бичилтив) болон Нуурын ба Дорнод Хөвсгөлийн нийлмэл террейнүүд тус тус ялгагдана гэж ангилжээ. Төв Монголын супертеррейн Тарвагатайн нуруу, Орхон голын ай саваар үргэлжлэх Завхан-Орхоны террейний палеопротерозойн Идэр метакомплекс болон ~1790 с.ж. настай “джугджур-төрлийн” габбро-анортозитын бүрдэл бүхий Тарвагатайн кратоны блоктой тохрол болон бусад төрлийн хагарлуудаар хиллэгч доод ба дунд неопротерозойн метаморф комплексууд, мөн түүнчлэн хожуу криогены неоавтохтоны вулканоген моласс, шүлтлэг гранитын бүрдэл зэргийг өөртөө багтаана (Anisimova et al., 2009; Kozakov et al., 2011; Төмөртоого, 2014).

Badarch et al, (2002) нар Тарвагатайн террейн гэж ангилан тектоностратиграфд үндэслэн кратон блок хэмээн ялгасан. Тарвагатай террейн нь Хангайн нурууны хойд хэсэгт орших бөгөөд түрүү кембрийн настай гнейс, мигматит, амфиболит болон занаруудас бүрддэг, энэхүү зузаалаг нь анортозитоор түрэгддэг. Мөн, Неопротерозойн настай ногоон занарын фацын чулуулгаас бүрддэг гэжээ (Badarch et al., 2002). Террейн



нь Неопротерозой-Хожуу кембрийн строматолит агуулсан шохойн чулуу болон вулканоген чулуулаг, девон болон карбоны конгломерат болон амьтны үлдвэр агуулсан элсэн чулуу, андезит, дацит туфээс бүрддэг. Хойд хэсгээр Сэлэнгийн бүсийн Пермийн вулкан-плутон эвшлээр, мөн дунд триас-түрүү юрын настай вулканоген чулуулгаас бүрдэнэ. Террейн нь пост-аккрецын девоноос траисын настай интрузив бүрдлүүдээр түрэгддэг ([Badarch et al., 2002](#)).

**Бямба нар, (2009)** Тарвагатайн-Бүтээлийн өргөгдөл гэж ялгаад, өргөгдөл нь өргөргийн дагуу суналтай бөгөөд баруун талд Сонгино блокоос аваад Тарвагатайн, Хөвсгөлийн, Намнангийн нуруудыг дамнан зүүн талд Бүтээлийн нуруу хүртэл үргэлжилнэ. Тарвагатайн-Бүтээлийн өргөгдлийн талст суурийн метакомплекс Сонгино, Нөмрөг сумуудын нутаг, Тарвагатайн ба Бүтээлийн нуруу зэрэг газруудад тогтоогдсоныг тус бүрд нь Сонгино (хуучнаар хойд Сонгино), Тарвагатайн ба Бүтээлийн блок хэмээн уламжлалыг хадгалан нэрлэжээ. Өргөгдлийн хэмжээнд эртний метакомплексоос гадна мезо-протерозой, фанерозойн үед түүний хэмжээнд үүсч байсан терриген-карбонат, терриген-вулканоген найрлагатай бүрдлээс тогтсон эх газрын структуууд ангилагдана.

Төв Азийн ороген бүсийн хойд хэсэгт дэлхийн томоохон гранитоид батолитууд палеозойн болон мезозойн цаг үед үүссэн гэж судлаачид үздэг.

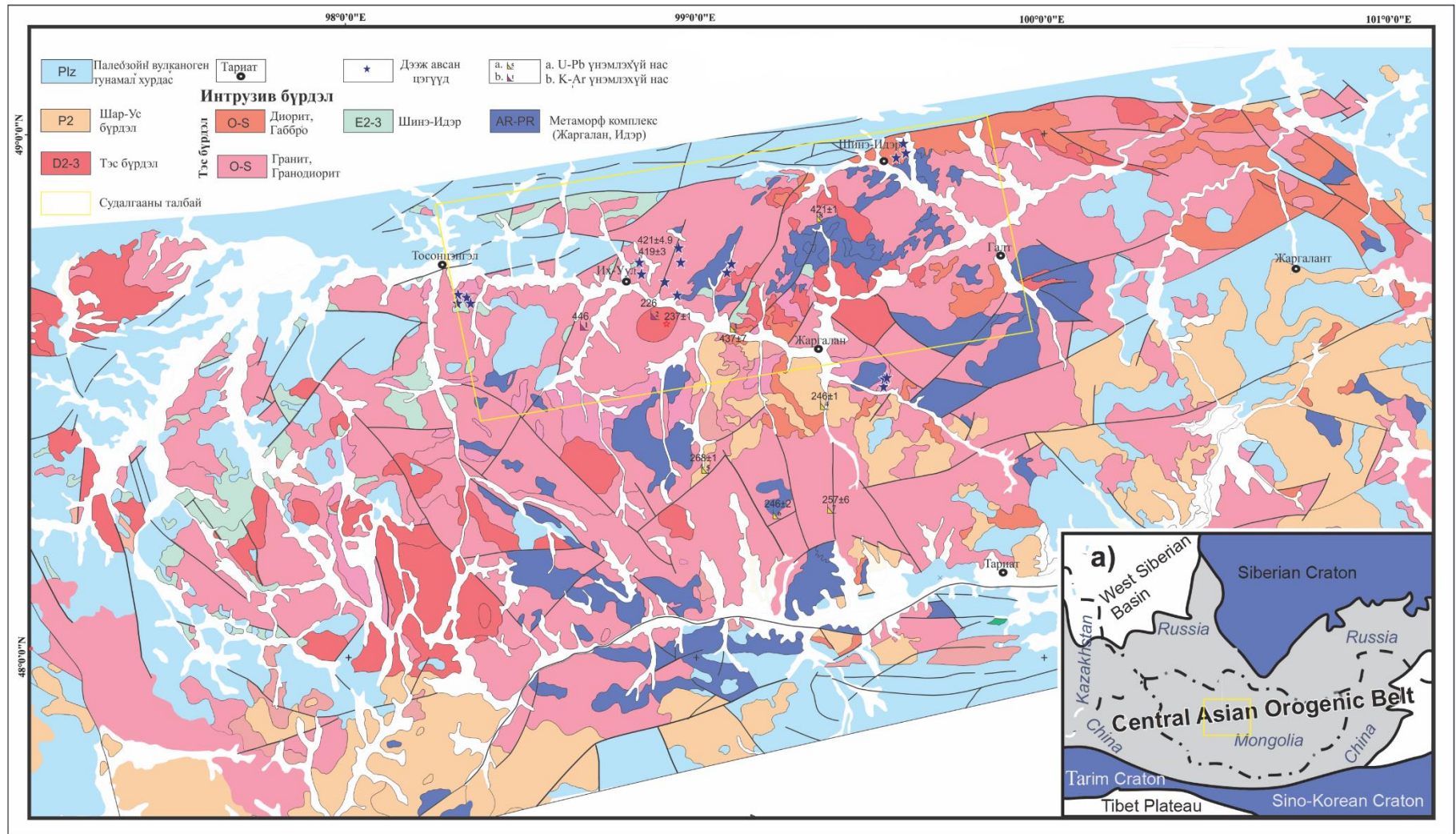
Гранитоид батолитын үүслийг неопротерозойн цаг үеийн далайн хаагдлын тэр цагаас хойш Палео Азийн Далай (ПАД), Монгол-Агнуурын далай (МАД), Тезисийн далай (ТД), төдийгүй Номхон далайн баруун эрэг дагуух далайн системийн хаагдлын процесстой холбож тайлбарлагддаг.

Төв Азид неопротерозойн (1100–900 сая жил) эхэн үед хэв гажилд ихээр өртсөн S- төрөл гранитоидууд, дунд үед (850–700 сая) сулавтар хэв гажилтай I- ба А төрлийн гранитоид үүссэн гэж үзээд, тэдгээрийг синколлиззоос коллизын дараах орчинд шилжсэн шилжилтийн нөхцөлд үүссэнийг харуулдаг. Энэ цаг үеийг Родиниагийн задралтай холбон тайлбарладаг байна.

Улмаар судлаачид гранитоидын бүрэлдэн тогтсон цаг хугацаа болон геодинамик нөхцөлөөр нь тодорхой үе шатуудад ангилан судалжээ ([Tao Wang et al., 2023](#)). Тухайлбал, ТАОБ-д тархан орших 550-500 Ма, 520-440 Ма сая жилийн настай гранитоид магмын чулуулгийг Палео Азийн далайн явцтай холбоотой. 310-250 сая жилийн цаг үед үүссэн гранитоидыг эх газрын царцдас ба домайнууд

амальгацлагдсанаар палео Азийн далайн хаагдалтай холбон тайлбарлажээ. ПАД хаалтын нотолгоог ТАОБ-ын өмнөд хэсэгт орших баруун Тяньшань дагуух гранитоидын баруун тийшээ залуужих хандлага, мөн Сулинхээр-Хиламулун сутур зоны дагуух зүүн тийш залуужих хандлага зэрэг нь давхар хайч маягийн хэлбэрээр далай хаагдсаныг илэрхийлжээ. 250-230 сая жилийн цаг үед үүссэн гранитоидуудыг эх газрын блокууд/террейнүүдийн субдукц-коллизын нөхцөлд үүссэн гэж тайлбарласан байна.

Тарвагатайн өргөгдөлд хамгийн эртний кембрийн өмнөх ([Kozakov et al., 2011](#)) талст бүрдэл, палеозойн магмын бүрдлүүдээс бүрдсэн олон төрлийн бүтэцтэй дунд-хожуу кембри, түрүү, хожуу ордовик, хожуу девон, хожуу карбоны, пермийн настай гранитоидууд нь дээрх судалгааны геодинамик нөхцөл, тэдний байршилд нөлөөлөгч геологийн хүчин зүйлсийн хөгжлийн үйл явцууд нийцэн харьцуулагдах боломжтой байна.



Зураг 1. Тарвагатайн өргөгдлийн геологийн зураг, Масштаб:1:500 000. Эрдэнэчимэг нар (2017)-ын зургийг суурь болгон ашиглав.

## БҮЛЭГ 2. СУДАЛГААНЫ АРГА, АРГАЧЛАЛ

Төслийн судалгаа-боловсруулалтын ажлыг хээрийн судалгаа, суурин боловсруулалт, лабораторийн болон техник боловсруулалт гэсэн 3 үндсэн үе шаттайгаар гүйцэтгэлээ.

Хээрийн судалгааны ажлыг судалгааны талбайд 5 удаа явуулж Тарвагатайн өргөгдөл буюу Завхан аймгийн Их-уул, Тосонцэнгэл, Тэлмэн, Хөвсгөл аймгийн Шинэ-Идэр, Жаргалант, Галт, Архангай аймгийн Тариат, Цахир сумдын нутагт тархалттай протерзойн метаморф талст бүрдэл Идэр, Жаргалант, Мөстийн габбро-анортозит, анортозитын бүрдлүүд, палеозойн Шинэ-Идэр, Тэлмэн, Тэс, Хангайн гранитоид бүрдлүүдийн анхдагч байршлын хил заагийг тогтоох, насны үндэслэл болон гранитоид чулуулгийн төрөлжилтийг ялгах, метаморф структурын байршлын хэмжилт хийх, төрөл бүрийн шинжилгээнд шаардлага хангах дээж материал цуглуулах ажлыг гүйцэтгэсэн.

Хээрийн ажилд өмнөх судалгааны материалд үндэслэн Монгол Улсын 1 200000 масштабын геологийн зургуудад тулгуурлан GIS программаар боловсруулсан ажлын зураг, байр зүй ба сансрын зураг (Зураг 2)-уудыг ашигласан бөгөөд чулуулгийн бодисын найрлага, нас, гарал үүсэл, геодинамикийн асуудлууд бүрэн шийдвэрлэгдээгүй гранитоид болон метаморф бүрдлүүдийн чулуулгуудын эрдсийн бүрэлдэхүүн, бодисын найрлага, насны асуудлуудыг нарийвчлах зорилгоор холбогдох дээжлэлтүүдийг хийсэн билээ. Мөн судалгаанд хамрагдсан зарим хэсэгчилсэн талбайн геологийн зургуудыг өмнөх геологийн судалгааны материал, өөрсдийн явуулсан геологийн ажиглалт, геохронологийн шинжилгээний дүн болон сансрын зургийн боловсруулалт дээр үндэслэн шинэчлэн боловсруулсан болно.

Хээрийн судалгаагаар чулуулгийн петрографи, петрохимийн онцлогийг тодруулах зорилгоор нийт 800 гаруй дээж авч (Зураг 3), үүнээс 160 шахам дээжийг петрографийн судалгаа, 120 дээжийг геохимийн шинжилгээнд хамруулж чулуулгийн гол ба сарнимал элемент, газрын ховор элементүүдийн үр дүнг боловсруулсан байна.



Геохронологийн шинжилгээнд 15 дээжийг гадны лабораторид илгээсэн боловч зөвхөн 2 дээжинд үнэмлэхүй насны үр дүнг тогтоож, боловсруулалтын ажил хийж тайланд тусгасан болно.



Зураг 2. Хээрийн судалгаа гүйцэтгэсэн талбайн байршил ба топо зураг, зураглалын 1:200000 болон 1:50000 масштабтай геологийн зураг, агаар сансрын зураг, авто замын чиглэлүүдийг ArcMap, Google earth pro, Maptiler зэрэг програмууд дээр боловсруулсан байдлаас







**Суурин боловсруулалтын ажлаар** хээрийн судалгаагаар авагдсан чулуулгуудад петрографи, петрологи-геохими болон геохронологийн шинжилгээ-судалгаа-боловсруулалтын ажлыг хийж гүйцэтгэлээ.

Өмнөх судалгаанд үндэслэн 1:200 000-ны масштабын М-47-XXVII, XXVIII, XXXVIII, XXXIII, XXXIV ба XXXV листийн хүрээнд 14 үзүүлэлтээр гранитоид бүрдлийн мэдээллийн сан, зураг зүйн ажлууд (өргөгдлийн магматизмын тархалтын зураг, бүрдэл тус бүрийн тархалтын зураг, хэсэгчилсэн талбайн геологийн зураг), төрөл бүрийн гранитоид болон метаморф чулуулгийн дээжинд туйлширсан гэрлийн микроскопоор петрографийн судалгаа хийж талбайд тархсан чулуулгийн төрлүүд, тэдгээрийн эрдэслэг бүрэлдэхүүн, структур, текстурыг онцлогийг тогтоосон . Мөн геохимийн лабораторийн шинжилгээний үр дүнг хүлээн авч геохими болон геохронологийн судалгааны боловсруулалтыг хийж, судалгааны талбай тус бүрд гранитоид болон метаморф чулуулгийн бодисын найрлага, гарал үүсэл, үүссэн цаг хугацаа, геодинамик нөхцөлийг тодруулсан шинэлэг мэдээллийг бий болгож, судалгааны үр дүнгээр илтгэл хэлэлцүүлж, өгүүлэл хэвлүүлж тусгалаа олсон ажлуудыг гүйцэтгэсэн.

Мэдээллийн сан бүрдүүлэх ажил нь нэлээд их цаг, ажиллагаа шаардсан хэсэг бөгөөд гранитоидын (Шинэ-Идэр, Тэлмэн болон Тэс бүрдэл) мэдээлэлийн сан бүрдүүлэхдээ 1:200 000-ны масштабын М-47-XXVI, XXVII, XXVIII, XXXII, XXXIII, XXXV зэрэг 6 листийн хүрээнд олон үзүүлэлтээр 30 гаруй массивын 54 байршлын мэдээллийн санг бүрдүүлсэн. Энэхүү мэдээллийн санд тусгагдсан мэдээллийг эксел программ дээр массивуудын байршил болон цэг тус бүрийн мэдээллийг нарийвчлалтай оруулсан бөгөөд ArcGis программаар хөрвөх бүрэн боломжтойгоор гүйцэтгэсэн.

*Лабораторийн болон техник боловсруулалтын ажлаар судалгааны талбайгаас* авагдсан дээжүүдийг нарийвчилсан шинжилгээнд зориулан соортлон ялгаж (Зураг 4) буталж нунтаглан шигшиж, насны дээжийг бромформ уусмалаар угааж, циркон түүх ажлыг гүйцэтгэсэн (Зураг 5).

Петрографийн судалгааны тунгалаг шлифийг өөрийн хүрээлэнгийн "Никон" маркийн туйлширсан гэрлийн микроскопоор (Зураг 6), дээжүүдээс цирконы мөхлөгийг бинокулярын тусламжтайгаар ялгаж цирконуудад үнэмлэхүй насны /U-Pb, LA-ICP-MS/ шинжилгээ хийхэд бэлэн болгосон.



Геохимийн шинжилгээнд бэлтгэгдсэн дээжүүд (Зураг 7)-ийн чулуулгийн гол ислийн химийн найрлагыг XRF76V буюу рентген флуоресценцийн, сарнимал болон газрын ховор элемент (ГХЭ)-ийн химийн найрлагыг ICP-90A масс спектрометрийн багаж төхөөрөмжөөр “Эс Жи Эс” лабораторид хийлгэж, гарсан үр дүнгүүдийг хүлээн авч стандарт арга, аргачлалын дагуу боловсруулалтын ажлыг хийж гүйцэтгэсэн.

Тэлмэн болон Тэс бүрдлийн насыг тодруулах зорилгоор талбайн хэмжээнд нэлээн өргөн тархсан Тэлмэн бүрдлийн гранодиорит (TR-19-06), Тэс бүрдлийн ксеноморф буюу дугуй хэлбэртэй хар-саарал кварцтай дунд мөхлөгтэй биотитот шүлтлэгдүү гранитын (TR-19-15) дээжүүдээс циркон ялгаж стандарт аргын дагуу бутлах, шигших болон угаах дарааллаар хүнд шингэнээр ялгасан. Ялган түүсэн тус бүр 24 ширхэг цирконд хэмжилт хийж U-Pb-ны изотопын үнэмлэхүй нас тогтоосон. Хэмжилтийг Хятадын Геосудлалын их сургуулийн геохимийн лабораторид лазераар нэвтлэх индукцийн хос плазмит масс спектрометр (LA-ICPMS)-ийн дэвшилтэд багажаар гүйцэтгэсэн.

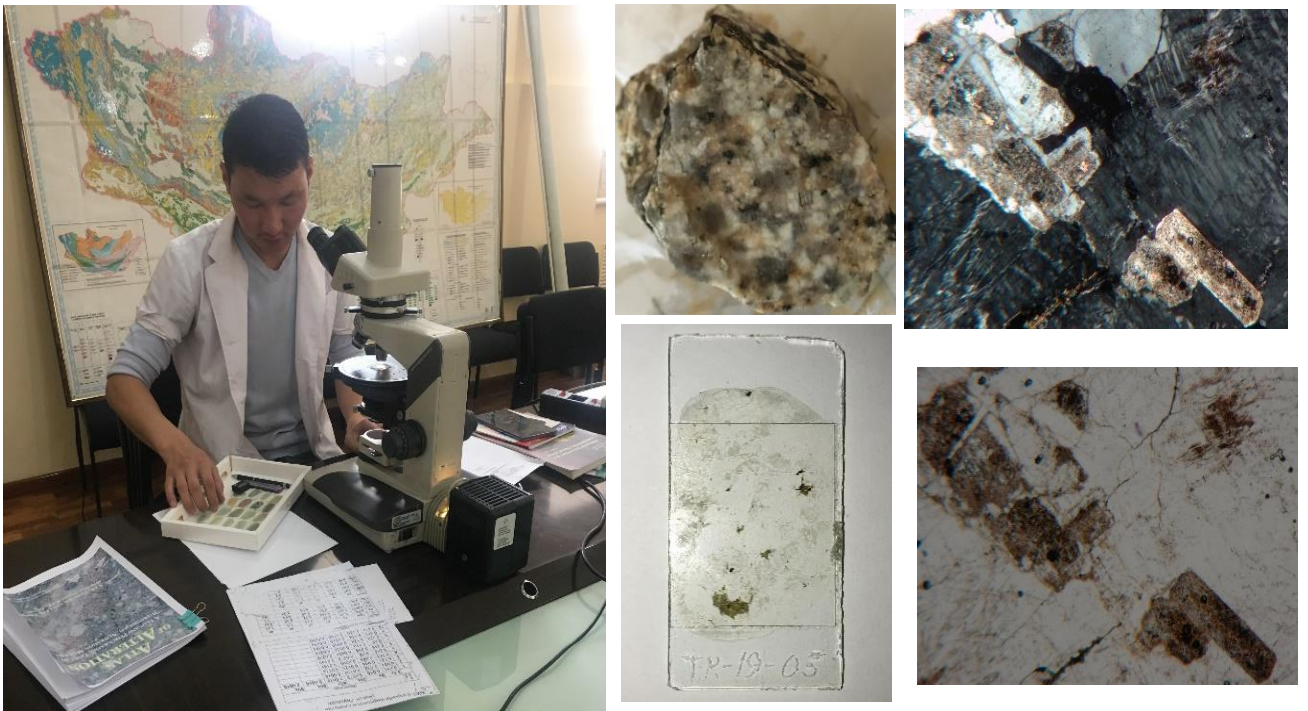


Зураг 4. Дээжүүдийг нарийвчилсан шинжилгээнд зориулан сортлон ялгаж буй явцаас



Зураг 5. Чулуун дээжийг буталж нунтаглах боловсруулалтын ажил хийгдэж байна.





Зураг 6. Петрографийн судалгаа гүйцэтгэж буй явц



Зураг 7. Геохимийн судалгаанд бэлтгэгдсэн дээжүүд

### **БҮЛЭГ 3. ТАРВАГАТАЙН ӨРГӨГДЛИЙН ПАЛЕОЗОЙН ГРАНИТОИД МАГМАТИЗМ: БОДИСЫН НАЙРЛАГА, ЭХ ҮҮСВЭР, ҮҮССЭН ЦАГ ХУГАЦАА БА ГЕОДИНАМИК ХӨГЖИЛ**

#### **3.1. ШИНЭ- ИДЭР БҮРДЛИЙН ГЕОЛОГИ, ГЕОХИМИЙН СУДАЛГАА**

Дунд-хожуу кембрийн Шинэ-Идэр бүрдэл нь судалгааны талбайд багахан тархалттай (Зураг 8) бөгөөд уг бүрдэлд хамаарагдаж буй чулуулгийн тархалтыг Ё. Батчулуун нар (3711ф)-нар түрүү палеозойн Тэлмэн бүрдэлд, харин Монгол орны нутаг дэвсгэрийн хэмжээнд хийгдсэн УГС-200 төслийн хүрээнд геологийн харьцаа, бусад чулуулгийн насны үндэслэлээр дунд-хожуу кембрийн Шинэ-Идэр бүрдэлд ялгажээ. Уг бүрдлийн гранитоид нь бусад бүрдлүүдээс ялгарах онцлог нь ус агуулсан эрдэс голлох үүргийг гүйцэтгэх ба даралт шахалтад ихээхэн өртсөн байдаг.

Шинэ-Идэр бүрдэл нь Тарвагатайн өргөгдлийн баруун хэсгээр буюу L-47-XXVII ба XXXIII листүүдийн хэмжээнд алаг цоог байдлаар багавтар талбайд бусад насны хурдас чулуулгуудаар тусгаарлагдсан янз бүрийн хэлбэр хэмжээтэй жижиг биетүүдээр тохиолдоно.

Энэ бүрдлийн I фазын чулуулгийг өмнөх судлаачид доод палеозойн тогтохын шил, тэлмэн бүрдлийн I фазад хамааруулж байсан ба бараан саарал өнгийн дунд-том ширхэгтэй габбро, биотит-амфиболт диорит, багаар пироксен, биотит-амфиболт габбродиорит, кварцат диоритоос бүрдэнэ. II фазын чулуулаг нь Хожуулын голын орчимд тод илрэх ба Ё.Батчулуун нар (3711ф) палеозойн тэлмэн бүрдлийн 3-р фазад ялгасан плагиогранит голлон хамаарагдаг. Сүүлийн үеийн судалгаагаар уг бүрдлийн чулуулгийг Монгол орны нутаг дэвсгэрийн хэмжээнд хийгдсэн Гос-200 төслийн редакцын зөвлөлийн хурлын шийдвэрээр дунд-хожуу кембрийн Шинэ-Идэр бүрдэлд ялгажээ.

Энэ бүрдлийн чулуулгуудыг өмнөх судалгаанд Тэлмэн бүрдлийн чулуулгаар зүсэгдсэн буюу түүнд үлдэгдэл байдлаар агуулагдаг гэсэн байдаг. Дээрх судлаачдын цуглуулсан

материал болон өөрсдийн судалгааны үндсэн дээр судалгааны талбайд зургалдсан I ба II фазын гранитоид чулуулгийг Шинэ-Идэр бүрдэл хэвээр нь ялгасан.

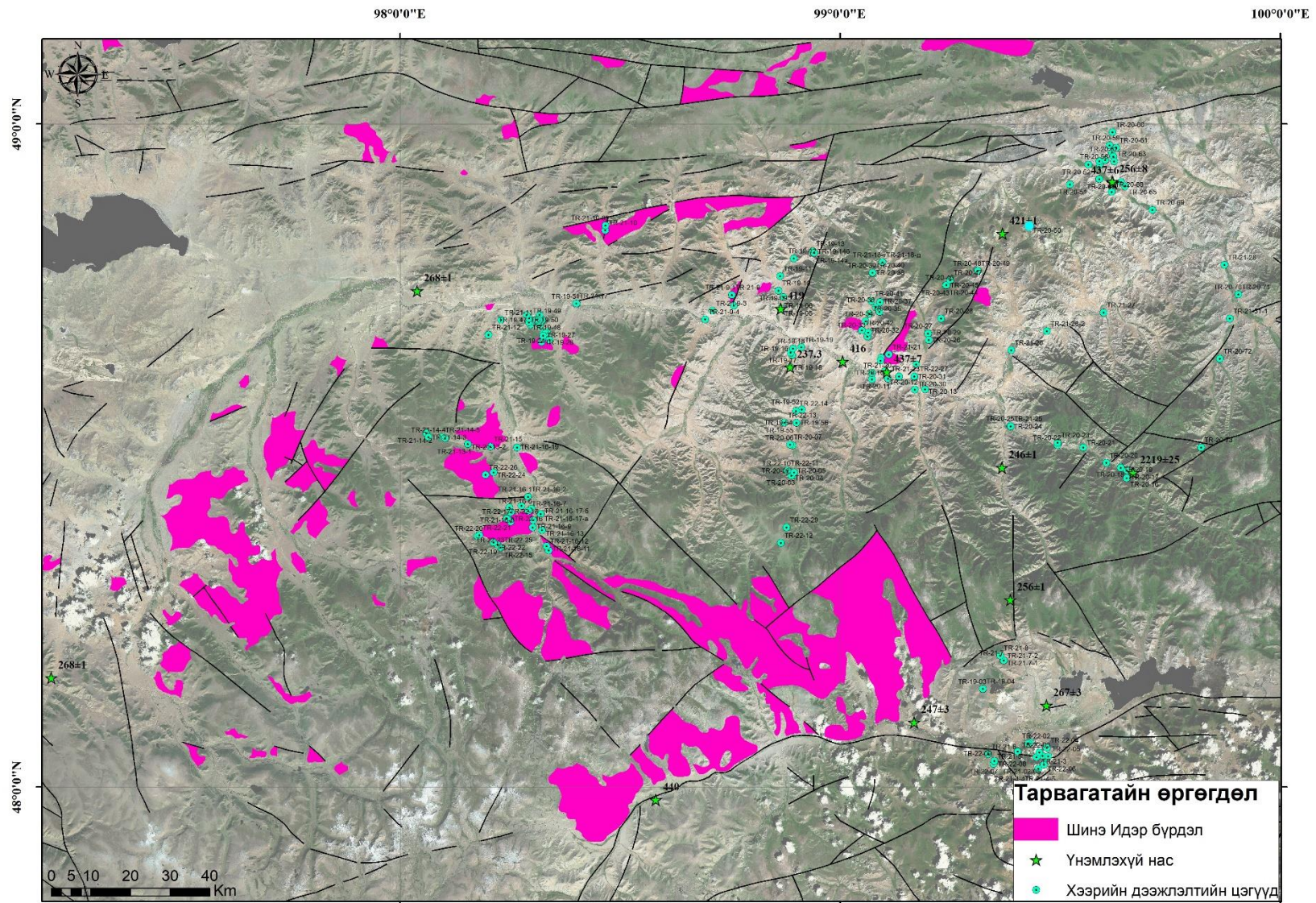
Түрүү палеозойн Шинэ-Идэр бүрдэл нэрээр ялгах болсон габбродиорит-плагиогранитын эвшлийн чулуулгууд Баян уул (125-А,В)-ын габбро (13)-ийн, Бухын даваа (137-А,Б. 14), Хойд тэрхийн гол (137-Г, 138-В,Г. 15), Загастай гялгар уул (138-А,Б. 16)-ын массивууд бидний судалгааны талбайд хамаарах бөгөөд жижиг шток маягийн биет болон үлдэгдэл байдлаар талбайд тархсан байна.

Дээрх биетүүд нь агаарын гэрэл зурагт бараан, бараан-саарал, хар-саарал өнгийн дэвсгэр өнгө үзүүлэх ба толболог, барзгар гадаргуутай байдаг бол сансрын гэрэл зурагт ногоовтор өнгөтэй, барзгар гадаргуу үүсгэсэн байдлаар дүрслэгддэг.

Гаршийн хувьд дундаас-сайн, бөмбөгөр оройтой толгодорхог рельеф үүсгэдэг. Чулуулаг нь ихэвчлэн экзоген хүчний үйлчлэлээр бутарч үйрсэн элювийн хэмхдэс үйрмэг байдлаар, хааяа уулын орой хяр, огцом хэрчигдсэн жалгуудад 1-2м, ховроор 3м өндөр хадан гаршуудаар илэрнэ.

Шинэ-Идэр бүрдлийн гүний чулуулагтай гарал үүслийн холбоотой дэл судлын гранитпорфир, диорит, андезит-порфир, кварцын судлууд ялгагдах бөгөөд тэдгээрийн байрлал, орон зай, хоорондын харьцаа зэргээр ялгагдана. Дэл судал нь 0.5-1м, хааяа 2-5м өргөнтэй, 1-2км урттайгаар ихэвчлэн баруун-урдаас зүүн-хойш, хааяа баруун-хойш сунасан байна. Дээрх судлын чулуулгууд нь хувирал өөрчлөлтөнд бараг ороогүй боловч хааяа захын хэсгээрээ бага зэрэг лимонит, сульфид, төмрийн усан ислээр баяжсан байдаг.





Зураг 8. Тарвагатайн өргөгдлийн Дунд-хожуу кембрийн Шинэ-Идэр бүрдлийн гранитоид магматизмын тархалтын зураг

## ПЕТРОГРАФИЙН СУДАЛГАА

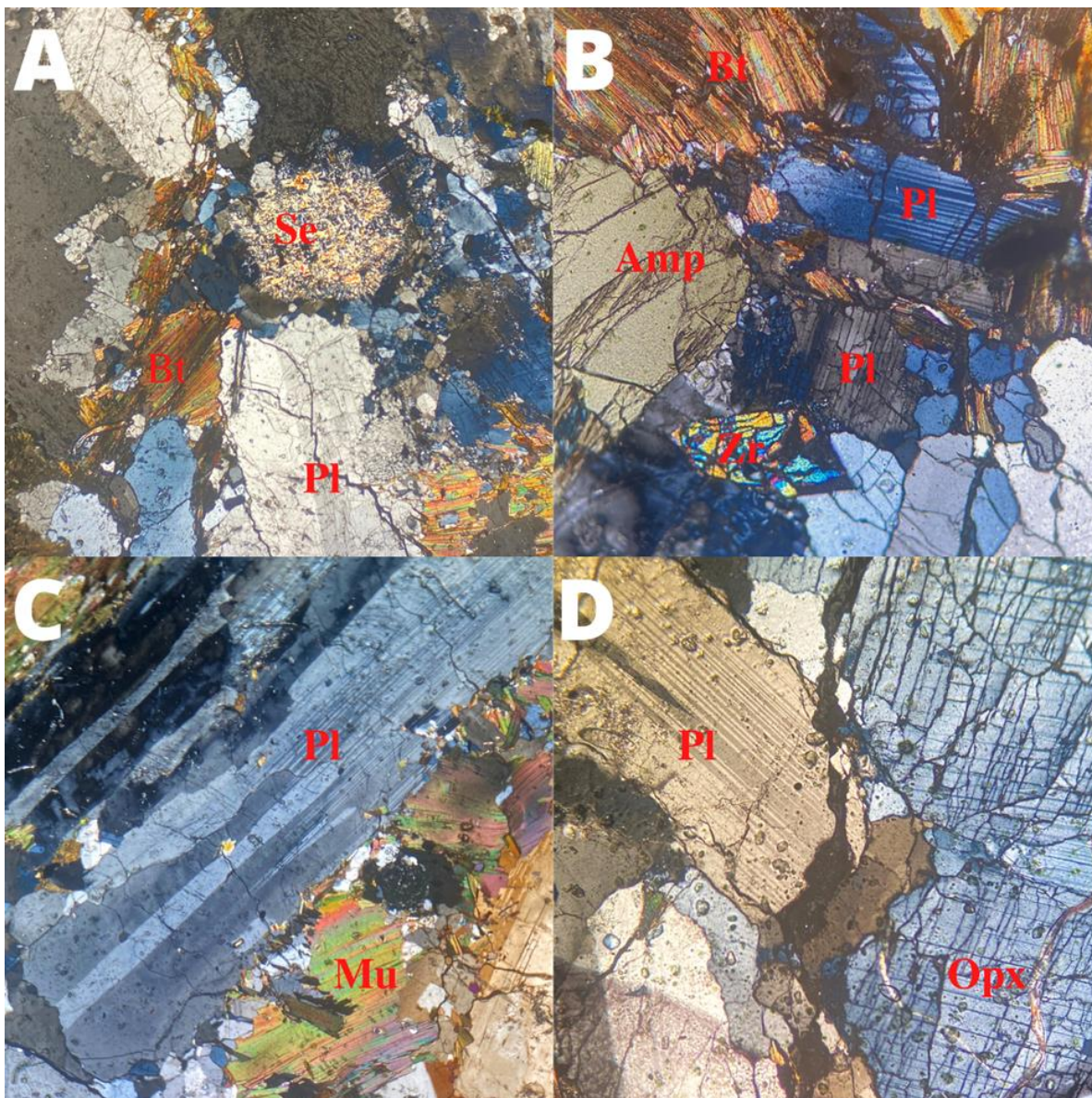
Тарвагатайн өргөгдөлд тархалттай Шинэ-Идэр бүрдлийн гранитоид чулуулгийн төрөлжилт нь петрографийн найрлагаараа ойролцоо габбро, габбро-диорит, кварцат диоритоос голчлон бүрдэнэ. Тус бүрдлийн голлон тархах кварцат диорит, диоритын петрографийн бүрэн бичиглэл, бусад чулуулгийн төрлүүдийн хураангуй бичиглэлийг хүснэгт 1-д тусгав.

**Кварцат диорит (TR-21-16-7):** Чулуулаг нь 0.25-4.75 мм хэмжээтэй, хөхөвтөр туяатай цайвар саарал өнгөтэй, эрдсүүд сул параллель текстурыг үүсгэсэн үүсгэх ба плагиоклаз 50-55%, кварц 15-20%, өнгөт эрдэс 15-20 (биотит < 10%, амфибол <5%, пироксен >5%), хоёрдогчоор мусковит, серицит, акцессороор магнетит, ильменит, апатит, цөөн тооны сульфидын эрдсүүдээс тогтоно ([Зураг 9](#)). Плагиоклаз нь призмлэг, тэгш өнцөгт хэлбэртэй Плагиоклазын полисинтетик ихэрлэлт тод ажиглагдана, мөхлөгийн хэмжээ 0.5-4.75 мм.

Амфибол нь (эвэр хуурмаг) призмлэгдүү хэлбэртэй, бүдэг ногоон өнгөтэй, мөхлөгийн хэмжээ 0.2-1.5 мм бөгөөд хлорит, эпидотод бага зэрэг, актинолитод хүчтэй хувирч заримдаа псевдоморфозод бүрэн шилжжээ. Түүнчлэн зарим мөхлөгүүд дотор пироксены реликтүүд ажиглагдаж байна.

Биотит ( $\leq 0,5$  мм) цайвар шаргалаас бор хүрэн өнгийн плеохроизмтай, шулуун унтралтай, дахин кристалжсан, ялимгүй муруйж тахийсан гнейс маягийн текстуртай болгожээ. Биотитыг өнгөгүй хуудсан мусковит, цайвар ногоон хлорит, хааяа шаргал өнгөтэй, хөх аномаль унтралтай эпидот-цоизитын мөхлөгт агрегатаар түрэгдэж, акцессор эрдсүүдтэй ассоциаци үүсгэнэ. Пироксен нь хавтгай, призмлэг хэлбэртэй, 0.2-6.0 мм хэмжээтэй бөгөөд амфиболоор харилцан адилгүй түрэгдсэн байна.





Зураг 9. Дунд мөхлөгтэй кварцат диорит. А) Se-серицит, Bt-биотит; В) Pl- плагиоклазын полисинтетик ихэрлэлт, Amp- амфибол, Bt-биотит, Zr-циркон Өсгөлт 100<sup>х</sup>; С) Pl- плагиоклаз, Mu-мусковит; D) Орх- пироксен, Pl-плагиоклаз, Өсгөлт 50<sup>х</sup>.

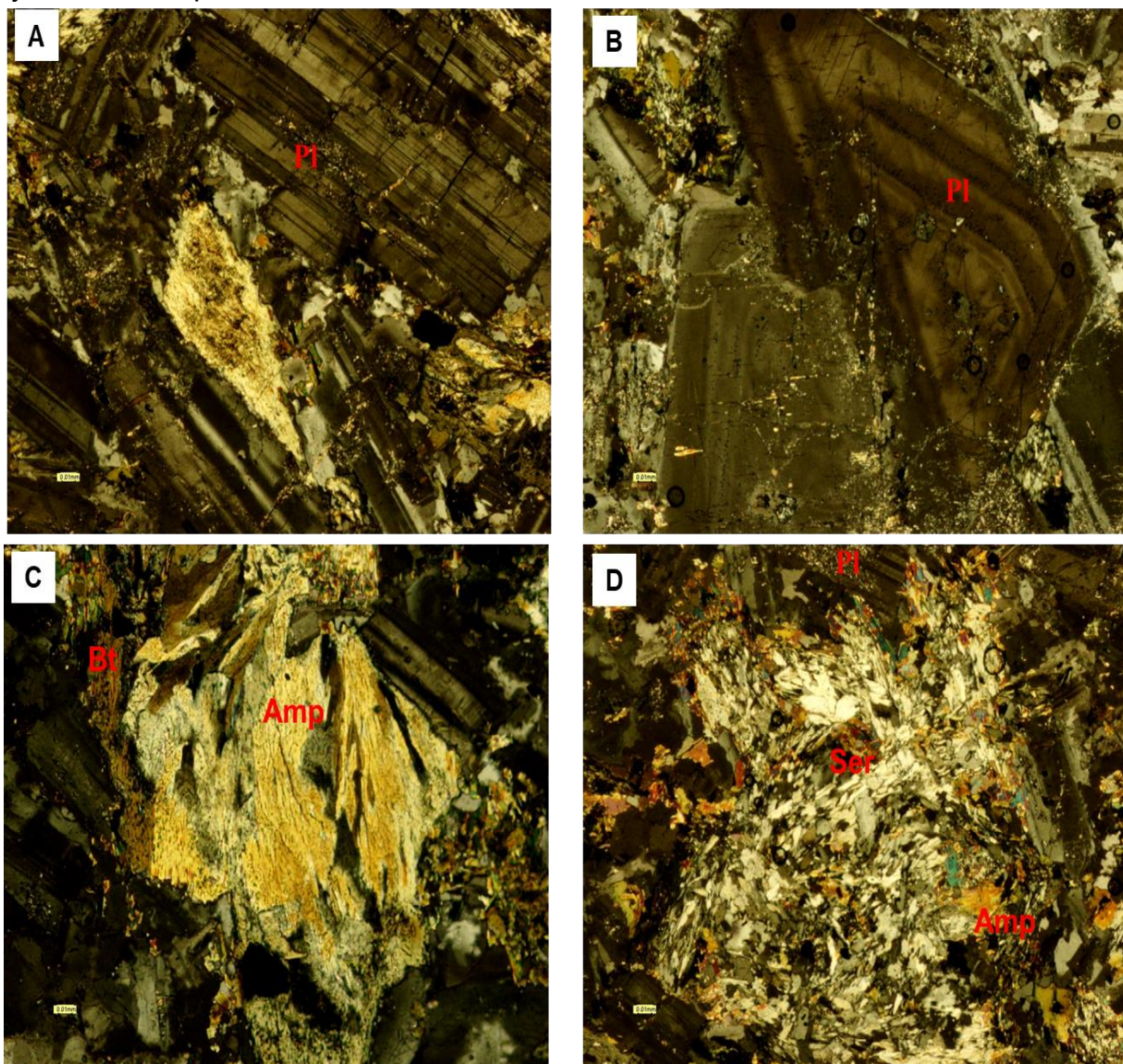
**Диорит /TR-21-16-1/ нь** энгийн нүдээр харахад цайвар саарал өнгөтэй, гипидиоморф мөхлөгт структуртай, порфирлог маягтай текстур ажиглагдана. Чулуулаг бүрдүүлэгч гол эрдэс нь плагиоклаз 60-65%, амфибол 20-25%, бага хэмжээгээр биотит, пироксен ажиглагдана. Хоёрдогчоор хлорит, серицит, карбонат эрдсүүдтэй, аксессуароор циркон, апатитаас тогтоно (Зураг 10).

Плагиоклаз нь урт сунасан призмлэг хэлбэртэй, 0.65-2.7 мм хүртэл хэмжээтэй, полисинтетик ихэрлэлтийн зураасууд тод ялгарсан нь ажиглагдах ба зарим хэсэгт хэсэгчлэн серицитжсэн байна. Ихэнх плагиоклаз нь бүслүүрлэг унтралтай байна.



Амфибол нь 0.10-1.25мм хэмжээтэй, зурвас агрегатууд үүсгэж тааралдах ба хос никольд цайвар шаргал нэг никольд ногоовтор интерференцийн өнгө үзүүлнэ.

Пироксен нь өндөр рельефтэй бөгөөд ихэнх нь амфиболоор хүчтэй түрэгдсэн үлдэгдэл маягаар ажиглагдана. Биотит нь улаавтар шар өнгөтэй нимгэн хуудаслаг, сунасан хэлбэртэй маш жижиг хэмжээтэй байна.



Зураг 10. Диорит /TR-21-16-1/ Плагиоклаз ба эвэрхуурмаг давамгайлж, ховроор биотит тохиолдоно. А, В, С - порфир маягийн плагиоклаз ба ба амфибол /эвэрхуурмаг/ Өсгөлт 100 $\times$ .

Шинэ-Идэр бүрдлийн петрогафийн хураангуй бичиглэл

Хүснэгт 1.

Дээжийн дугаар	Дээжийн нэр	Гол эрдсүүд	Хоёрдугаар зэргийн гол эрдсүүд	Хоёрдогч хувирлын эрдсүүд	Акцессор эрдсүүд
TR-19-22; TR-22-26	<b>Габбро</b>	Плагиоклаз 55-60%, Пироксен 20-25%,	Амфибол 4-8%, Биотит 2%	хлоритийн псевдоморфозууд ажиглагдах, эпидот,	сфен, призмлэг хэлбэртэй апатит, цирконий мөхлөгүүд тааралдах
TR-21-10;15	Жижиг-дунд мөхлөгтэй, биотит-эвэрхуурмагтай габбродиорит	Плагиоклаз 40 - 45% Эвэрхуурмаг 35- 40%	Биотит ≥5% Кварц <5%	Серицит Соссюрит Эпидот-цоизит Хлорит Кварц Хүдрийн эрдэс Төмрийн услаг эрдсүүд	Титанит –1-2% Апатит – ховор
TR-21-16;16/6	Гранит (сул параллель текстуртай)	Микроклин 30 - 35% Плагиоклаз 15-20% Кварц 25 - 30%	Биотит 5 - 10% Мусковит ≤5%	Пелит Альбит Серицит Мусковит Хлорит Кварц Хүдрийн эрдэс Төмрийн услаг эрдсүүд	Апатит Циркон, магнетит

## ГЕОХИМИЙН СУДАЛГАА

Геохими: Шинэ-Идэр бүрдлийн гранитоид чулуулгийн I фаз нь хар ногоон, бараан саарал ногоон өнгийн жигд бус ширхэгтэй габбродиоритоос голлон тогтдог. Бага хэмжээгээр габбро, диорит, кварцат диорит илэрдэг. Бидний судалгаанд хамрагдсан дээжүүд нь габбродиорит, диорит болон гранитын найрлага бүхий чулуулгийн төрөлжилтээс бүрдэнэ.

Чулуулгийн гол исэл, сарнимал болон газрын ховор элементүүдийн агуулгыг (Хүснэгт 2)-д тусгав.

**Гранодиорит, плагиогранит болон шүлтлэг гранит:** Чулуулагт цахиурын ислийн (SiO<sub>2</sub>) агуулга 71.25-76.45%, шүлтийн нийлбэр (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) 7.14-9.7 %, хөнгөн цагааны ислийн (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 12.06-14.71% агуулга өндөртэй, кали-натрийн шүлтжилт (K<sub>2</sub>O: 2.78-7.3%, Na<sub>2</sub>O: 2.66-4.47) дунд зэргийн, төмрийн ислийн (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 0.72-2.71% агуулга бага, MnO (0.01-0.1%), MgO (0.11-0.59%), CaO (0.48-2.11%), TiO<sub>2</sub> (0.09-0.3%), P<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0.01-0.09%)-ийн ислүүд харьцангуй бага агуулгатай байна. Цахиурын ислийг (SiO<sub>2</sub>)

шүлтийн нийлбэртэй ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ) харьцуулсан чулуулгийн ангиллын диаграмм бүх дээжүүд гранитад ялгагдах (Зураг 11.A) бөгөөд цахиурын ислийг ( $\text{SiO}_2$ ) калийн исэлтэй ( $\text{K}_2\text{O}$ ) харьцуулсан найрлагын диаграмм дээр ихэнх дээжүүд К-баялаг шохойлог шүлтлэг найрлагатайг (Зураг 11.B) харуулна.

Хөнгөн цагааны ханалтын индексийн A/CNK-A/NK (1.0-1.2) диаграмм дээр дээжүүд хөнгөн цагаанаар ханасан шилжилтийн талбайд бууж байгаа ба Чаппел нарын (Chappel et al., 1974) гранитоидын ангиллаар I -аас S төрөлд шилжих төрхтэй боловч ихэнх дээжүүд I төрлийн шилжилтийн хэсэгт хамаарагдаж байна (Зураг 11.C).

Шинжилгээний үр дүнгээр Шинэ-Идэр бүрдлийн гранитоидын цахиурын ислийн агуулгыг бусад гол ислүүдтэй хэрхэн хамааралтай байгааг үзэхэд  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}^t$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_3$ -д зэрэг элементийн ислүүд  $\text{SiO}_2$ -той урвуу хамааралтай, харин  $\text{K}_2\text{O}$  ба  $\text{Na}_2\text{O}$  багавтар сарнисан боловч эерэг хамаарал үзүүлэх ба Тэлмэн бүрдлийн хамааралтай адил тархалтыг үзүүлнэ (Зураг 12).

Шинэ- Идэр бүрдлийн палеозойн хүчиллэг гранитоид нь кали-натрийн шүлтшилт ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ : 7.14-9.7 %) өндөртэй, хөнгөн цагаанаар нэмүү ханасан (ASI=1.0-1.2), сулавтар I төрлийн гранитоид хамаарагдах бөгөөд шохойлог-шүлтлэг (Зураг 11.D). магмаас үүсэлтэй геохимийн шинжийг тогтоолоо.

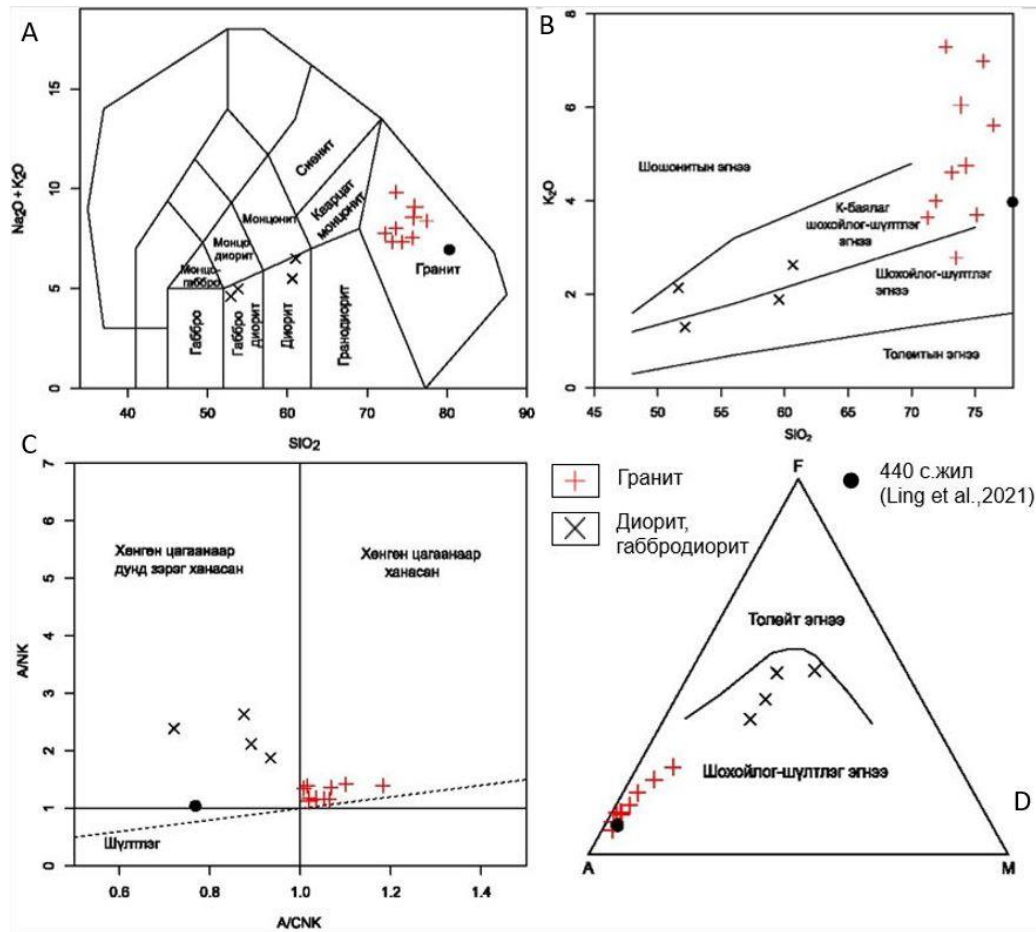
**Габбродиорит болон диоритод** цахиурын ислийн ( $\text{SiO}_2$ ) агуулга 51.63–60.65%, хөнгөн цагааны ислийн ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 14.77-19.06% агуулга өндөртэй, кали-натрийн шүлтжилт ( $\text{K}_2\text{O}$ : 1.3-2.63%,  $\text{Na}_2\text{O}$ : 2.35-3.83) багавтар, төмрийн исэл ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 5.95-11.27%,  $\text{MgO}$  (3.05-6.09%),  $\text{CaO}$  (5.08-7.87%)-үүд харьцангуй өндөр,  $\text{MnO}$  (0.1-0.3%),  $\text{TiO}_2$  (0.76-1.28%),  $\text{P}_2\text{O}_3$  (0.17-0.28%)-ийн ислүүд бага агуулгатай байна.

Цахиурын ислийг ( $\text{SiO}_2$ ) шүлтийн нийлбэртэй ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ) харьцуулсан чулуулгийн ангиллын диаграмм дээр габбродиорит болон диоритын найрлагатайг (Зураг 11.A) харуулах бөгөөд цахиурын ислийг ( $\text{SiO}_2$ ) калийн исэлтэй ( $\text{K}_2\text{O}$ ) харьцуулсан найрлагын диаграмм дээр ихэнх дээжүүд шохойлог шүлтлэг шинжтэй тархалтайг харуулна (Зураг 11.B).

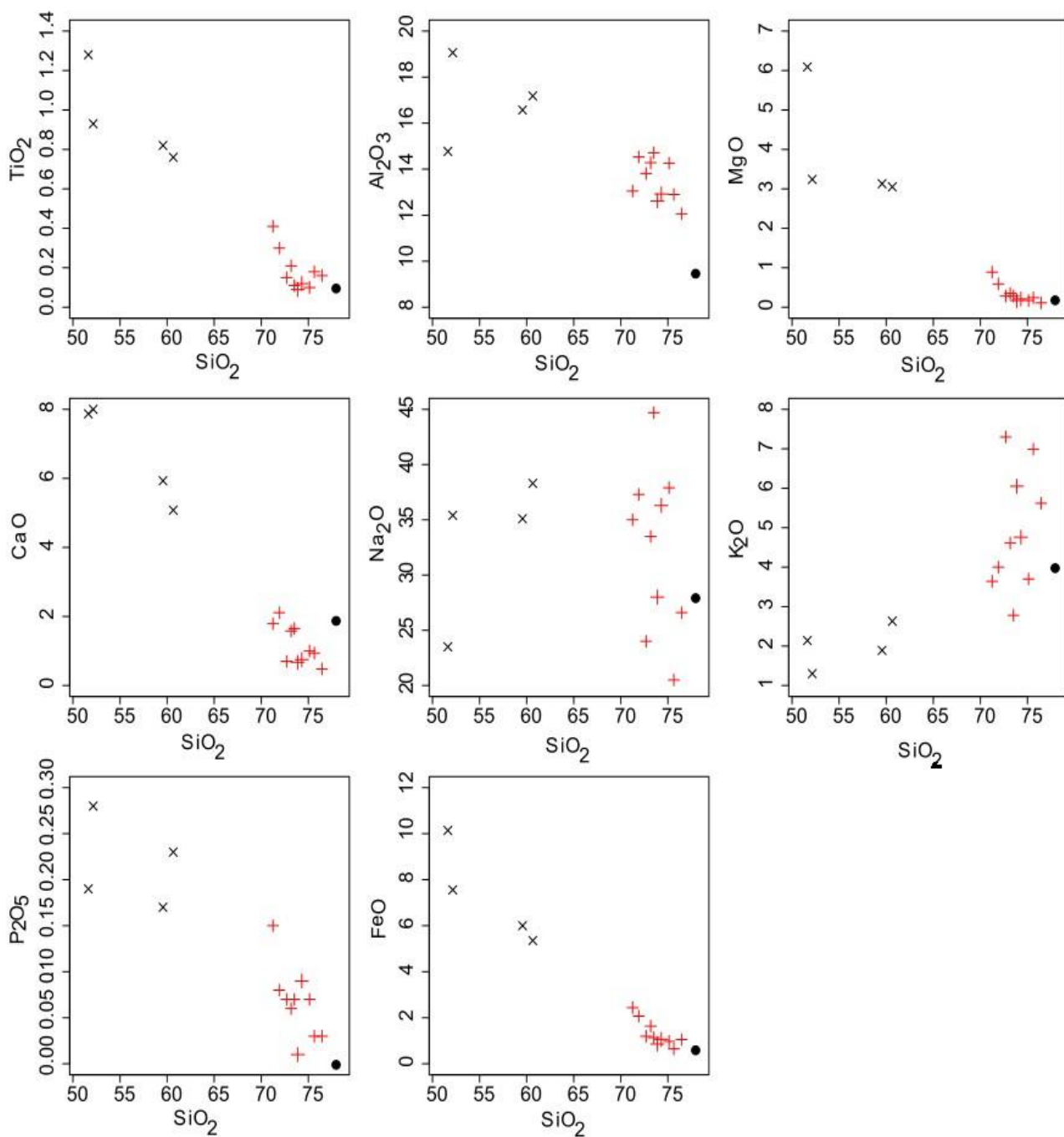
Хөнгөн цагааны ханалтын индексийн A/CNK-A/NK (0.7-0.9) диаграмм дээр бүх дээжүүд хөнгөн цагаанаар дунд зэрэг ханасан талбайд бууж байгаа ба Чаппел нарын (Chappel



et al., 1974) гранитоидын ангиллаар I төрлийн гранитоидод хамаарна (Зураг 11.С). Шинэ-Идэр бүрдлийн палеозойн гранитоид нь хөнгөн цагааны, төмрийн, магнийн кальцийн агуулга харьцангуй өндөр, хөнгөн цагаанаар дунд зэрэг ханасан ( $ASI=0.7-0.9$ ), I төрлийн гранитоид бөгөөд K- өндөртэй шохойлог-шүлтлэг магмаас үүсэлтэйг илэрхийлнэ.



Зураг 11. Гранитоид чулуулгийн ангиллын диаграммууд: А) Цахиурын исэл ( $SiO_2$ ) ба шүлтийн нийлбэр ( $Na_2O+K_2O$ ) (Cox et al., 1979, Wilson, 1989); В) Цахиурын исэл ( $SiO_2$ ), кали исэл ( $K_2O$ )-ийн хамаарлын диаграмм (Le Maitre et al., 1989). С): Хөнгөн цагааны ханалтын индексийн  $A/CNK-A/NK$  (Shand, et al., 1981), D: Чулуулгийн найрлагын хамаарлыг харуулсан AFM диаграмм



Зураг 12. Шинэ-Идэр бүрдлийн гол элементүүдийн Харкерийн диаграмм (Harker, 1909)

Шинэ-Идэр бүрдлийн гранитоид чулуулгийн эх үүсвэрийн орчин нөхцөл болон магмын найрлагын хөгжлийг тодруулах зорилгоор чулуулгийн сарнимал болон газрын ховор элемент (ГХЭ)-ийн химийн найрлагыг тодорхойлсон.

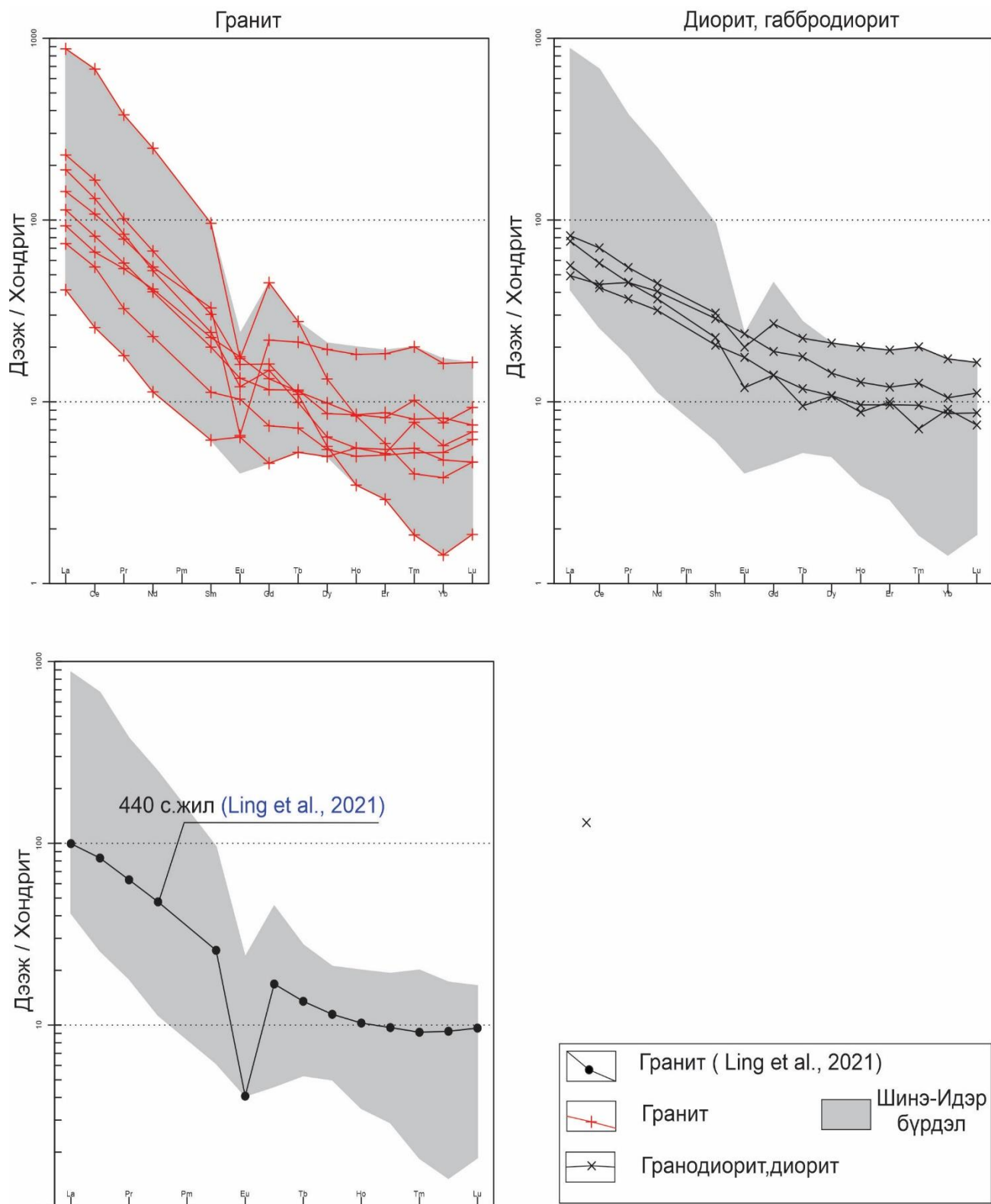
**Газрын ховор элемент (ГХЭ):** Шинэ-Идэр бүрдлийн хүчиллэг чулуулагт ГХЭ-ийн нийлбэр дүнгийн 43,39-272.49 (156.8 дундаж) г/т агуулгатай, ХөГХЭ-ийн агуулга 42.05-264.68 (184.86 дундаж) г/т, ХүГХЭ-ийн агуулга 1.34-22.67 (11.94 дундаж), ХөГХЭ ХүГХЭ-ийн харьцаа 7.11-31.38 (17.11 дундаж) хооронд байна.

Шинэ-Идэр бүрдлийн габбро-диорит, диоритод ГХЭ-ийн нийлбэр дүнгийн 93.34-148.32 (121.56 дундаж) г/т агуулгатай, ХөГХЭ-ийн агуулга 80.58-123.26 (98.88)г/т, ХүГХЭ-ийн агуулга 12.64-25.06 (16.81 дундаж), ХөГХЭ ХүГХЭ-ийн харьцаа 4.91-8.18 (6.16 дундаж) хооронд байна.

Чулуулгийн ГХЭ-ийн агуулгыг хондритод нормчилсон агуулгатай диаграмм байгуулахад чулуулаг нь газрын ховор хөнгөн элементээр (ХөГХЭ) баяжсан, хүнд эгнээний элементээр (ХүГХЭ) ядуурсан төрхтэй. Eu-ийн сөрөг гажил үзүүлсэн шинж төрхтэй ([Зураг 13](#)).

Уг гранитоидын Eu-ийн сөрөг гажил нь чулуулаг дахь эх үүсвэрт плагиоклазын оролцоотойг илэрхийлнэ. Шинэ-Идэр ГХЭ-ийн онцлог шинж нь Тэлмэн бүрдлийн гранитоидын эхний фазын чулуулгийн ГХЭ-ийн геохимитэй төстэй байна.





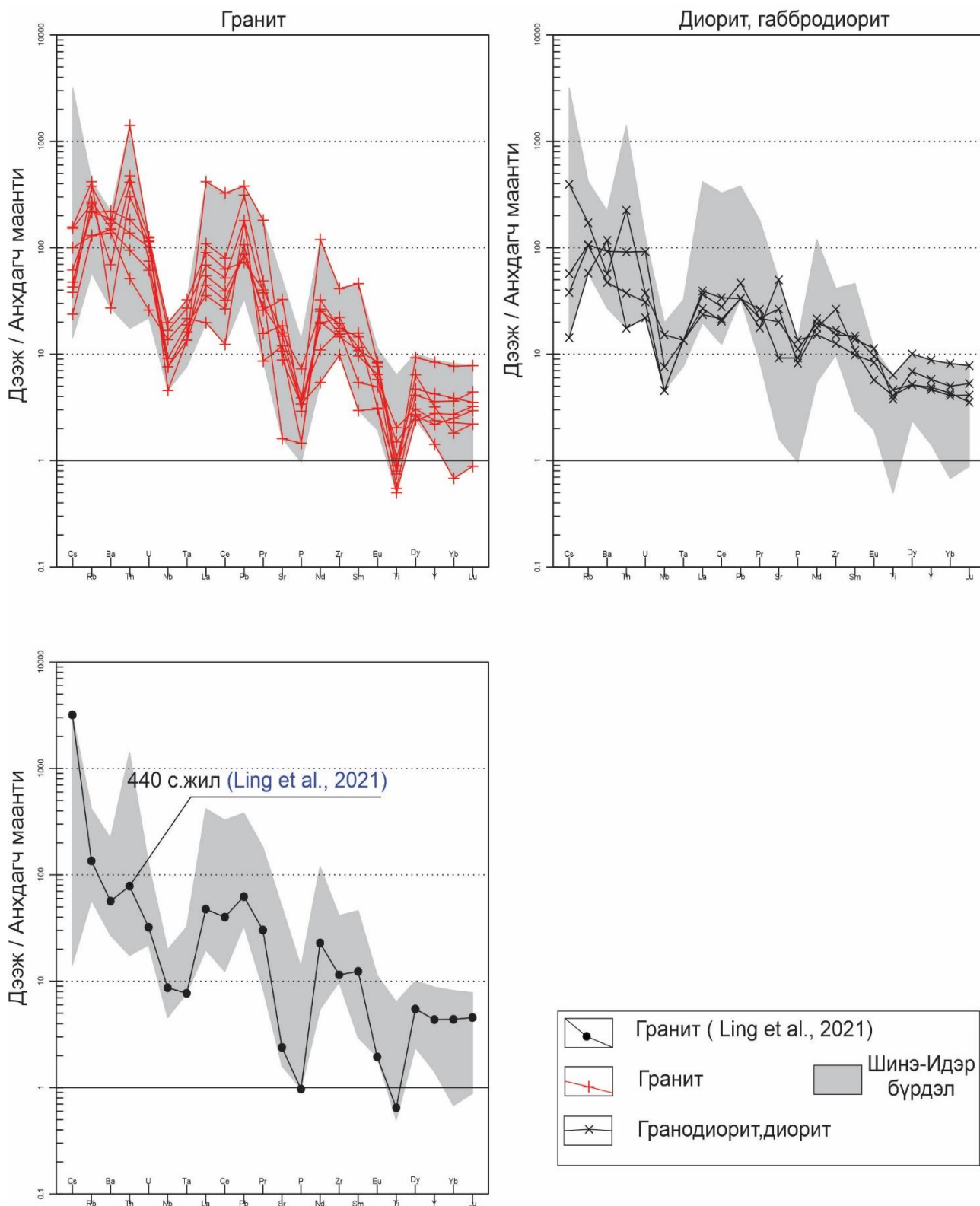
Зураг 13. Шинэ-Идэр бүрдлийн гранитоид чулуулгийн газрын ховор элементийн тархалтыг хондритод нормчилсон диаграмм (Taylor and McLennan., 1985-ийн диаграммыг ашиглав).

**Сарнимал элемент:** Шинэ-Идэр бүрдлийн хүчиллэг чулуулагт сарнимал элементүүдийн хувьд Sr; 32-368 (дундаж 258.6) г/т, Ba; 179-1228 (дундаж 518)г/т)-ийн өндөр агуулгатай, Nb; 3-13 ppm, Y; 6.1-36.2 г/т (дундаж нь 12.38), Sr/Y харьцаа мөн нэлээд хэлбэлзэлтэй ба 0.8-60.3 (дундаж 34.9), Yb; 0.2-3.4 г/т бага агуулгатай байна.

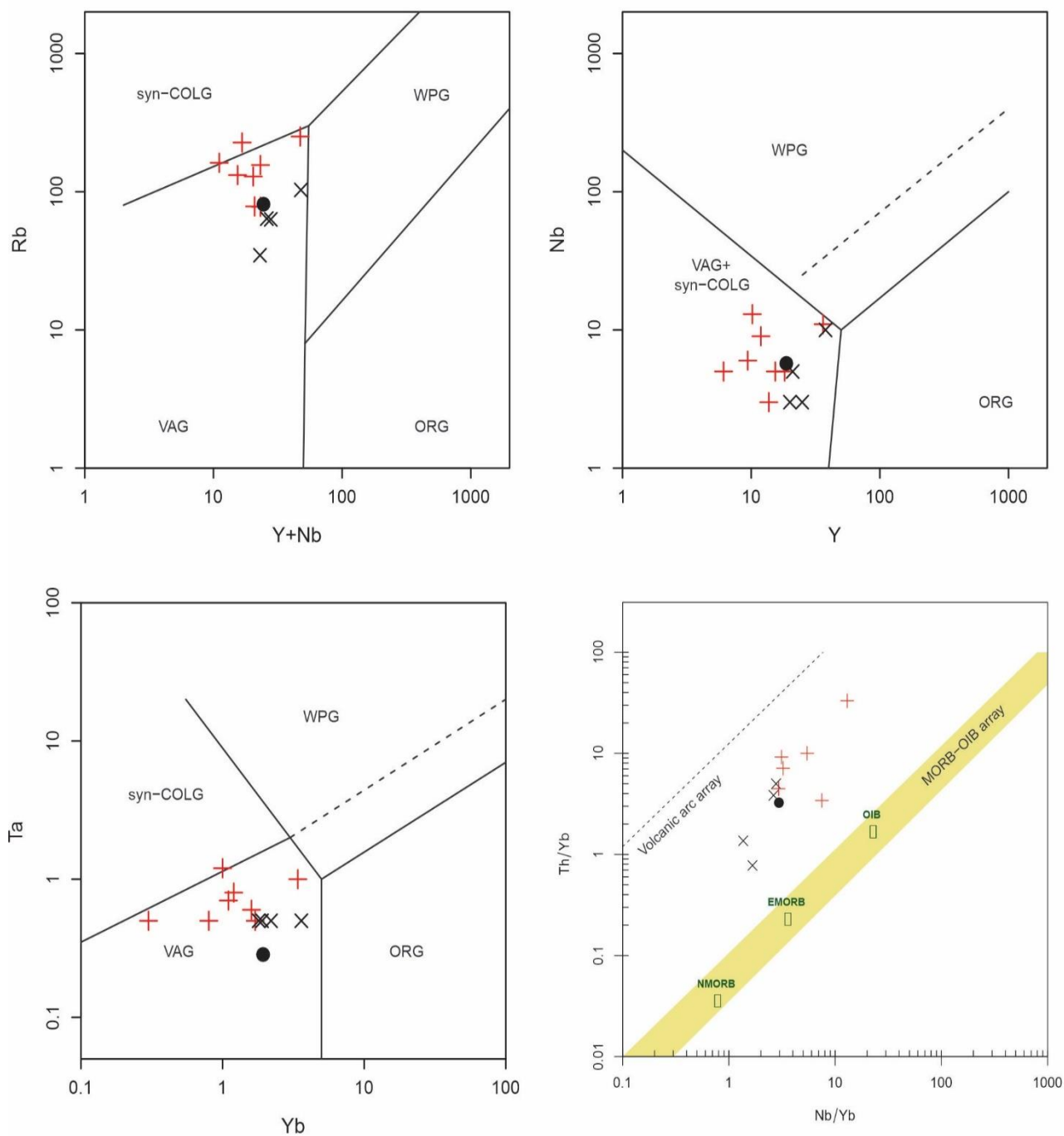
Шинэ-Идэр бүрдлийн габбро-диорит диоритын сарнимал элементүүдийн хувьд Sr; 183-994 (дундаж 526.5) ppm, Ba; 312-775 (дундаж 518) ppm)-ийн өндөр агуулгатай, Nb; 3-10 ppm, Y; 21-37.8 ppm (дундаж нь 25.92), Sr/Y харьцаа нэлээд хэлбэлзэлтэй ба 4.84-49.7 (дундаж 23.94), Yb; 1.8-3.6 ppm бага агуулгатай байна.

Уг гранитоидын сарнимал элементүүдийн агуулгыг анхдагч мантид нормчилсон (Sun, McDonough, 1989) спайдер диаграмм байгуулахад ионы радиус томтой элементээр баяжсан, харин өндөр цэнэгтэй элементээр (ӨЦЭ: Nb, Ti, Yb) ядуурсан хандлага ажиглагдана ([Зураг 14](#)). Энд хүчиллэг чулуулагт Sr буурсан, суурилаг чулуулагт Sr өссөн хандлагатай байна.

Гранитоидын үүссэн геодинамик орчинг тодруулах зорилгоор Nb-Y ба, Rb-(Y+Nb) Ta-Rb зэрэг элементүүдийн агуулгын хэмжээнд тулгуурлан дискриминацийн диаграммуудыг байгуулахад бүх дээжүүд галт уулын нумын (геодинамик нөхцөлд үүссэнийг харуулна ([Зураг 15](#))). Дээрх геохимийн үр дүнгээс дүгнэж үзэхэд Шинэ-Идэр бүрдлийн гранитоид дахь Ba, Th, Pb, U-ний өндөр агуулга, Sr /Y харьцаа, Nb, Ti, хүнд ГХЭ -ийн бага агуулга зэрэгт үндэслэн Тэлмэн бүрдлийн адил субдукцын бүсийн магмын бүтээгдэхүүн болохыг илэрхийлнэ.



Зураг 14. Тэлмэн бүрдлийн гранитоид чулуулгийн сарнимал элементийн тархалтыг анхдагч мантид нормчилсон диаграмм (Sun, McDonough et al., 1989-ийн диаграммыг ашиглав)



Зураг 15. Гранитоидын дискриминацийн диаграмм: (Y+Nb)- Rb; Y- Nb; Yb-Ta; Nb/Yb-Th/Yb (Pearce et al., 1984)

Шинэ-Идэр бүрдлийн гранитоид чулуулгийн гол ислийн (жин%), сарнимал болон газрын ховор элементүүдийн агуулга (ppm)

Хүснэгт 2

	TR-21-15	TR-19-27	TR-21-16-4	TR-21-16-12	TR-21-16-8	TR-19-20	TR-19-26
<b>SiO<sub>2</sub></b>	76.45	75.63	75.12	73.51	73.17	72.69	71.91
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.16	0.18	0.1	0.11	0.21	0.15	0.3
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	12.06	12.9	14.26	14.71	14.28	13.81	14.53
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	1.17	0.72	1.08	1.26	1.82	1.33	2.3
<b>Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub></b>	0.02	0.01	0.09	0.1	0.04	0.01	0.03
<b>MgO</b>	0.11	0.24	0.17	0.28	0.35	0.28	0.59
<b>CaO</b>	0.48	0.94	1	1.65	1.58	0.7	2.11
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	2.66	2.05	3.79	4.47	3.35	2.4	3.73
<b>K<sub>2</sub>O</b>	5.62	6.99	3.7	2.78	4.61	7.3	4
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.03	0.03	0.07	0.07	0.06	0.07	0.08
<b>SO<sub>3</sub></b>	0.02	0.01	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01
<b>LOI</b>	0.33	0.43	0.52	0.5	0.45	0.61	0.68
<b>SUM</b>	99.11	100.13	99.93	99.46	99.94	99.36	100.27
<b>Al</b>	5.76	6.09	6.92	6.01	8.23	6.89	7.2
<b>Ba</b>	179	1009	907	1453	979	1122	1228
<b>Be</b>	5	5	5	5	5	5	5
<b>Ca</b>	0.48	0.59	0.84	1.14	3.55	0.5	1.36
<b>Cr</b>	63	166	74	41	111	151	126
<b>Li</b>	10	10	16	12	18	10	10
<b>Mg</b>	0.07	0.15	0.1	0.17	1.68	0.19	0.36
<b>Mn</b>	107	106	609	244	679	142	260
<b>Ni</b>	13	7	5	5	36	5	5
<b>Sc</b>	5	5	5	5	14	5	5
<b>V</b>	5	11	5	16	123	5	30
<b>Zn</b>	102	29	31	25	67	18	22
<b>Co</b>	1.4	1.5	0.9	2.1	19.1	1.4	4.1
<b>Ga</b>	18	14	17	15	22	20	16
<b>Ge</b>	2	1	2	1	1	2	1
<b>As</b>	5	5	5	5	5	5	5
<b>Mo</b>	2	2	2	2	2	2	2
<b>Cd</b>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
<b>In</b>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
<b>Sn</b>	3	1	1	1	1	1	1
<b>Sb</b>	0.3	0.1	0.1	0.2	0.3	0.1	0.1
<b>Cs</b>	3.3	0.8	0.5	1.3	2.1	0.9	1
<b>W</b>	4	1	2	1	1	1	1

<b>Tl</b>	1.1	1.1	0.5	0.7	0.5	1.3	0.7
<b>Pb</b>	27	47	27	13	13	57	16
<b>Bi</b>	0.5	0.1	0.3	0.5	0.1	0.1	0.1
<b>Rb</b>	251	162	78.3	129	77.8	227	132
<b>Sr</b>	32	213	238	294	651	175	368
<b>Y</b>	36.2	6.1	11.9	15.4	18.2	13.7	9.4
<b>Zr</b>	162	184	103	233	153	434	173
<b>Hf</b>	5	4	3	6	3	8	3
<b>Nb</b>	11	5	9	5	5	3	6
<b>Ta</b>	1	0.5	0.8	0.6	0.5	0.5	0.7
<b>Th</b>	24.2	38	4.1	14.7	7.6	113	11
<b>U</b>	2.28	1.5	0.52	2.31	1.23	2.48	2.02
<b>La</b>	44.5	70.7	12.8	35.2	28.8	271	23
<b>Ce</b>	87.1	134	20.7	65.8	53.8	547	44.6
<b>Pr</b>	9.59	12.4	2.19	7.07	6.59	46.2	3.97
<b>Nd</b>	33.1	40.5	6.8	24.2	25	149	13.7
<b>Sm</b>	6.4	5.9	1.2	3.9	4.4	18.7	2.2
<b>Eu</b>	0.48	1.18	0.47	0.99	1.3	1.27	0.76
<b>Gd</b>	5.66	4.18	1.19	3.02	3.47	11.7	1.91
<b>Tb</b>	1.01	0.52	0.25	0.55	0.54	1.31	0.34
<b>Dy</b>	6.25	1.83	1.61	2.77	3.17	4.3	1.76
<b>Ho</b>	1.31	0.25	0.4	0.61	0.61	0.6	0.36
<b>Er</b>	3.86	0.61	1.09	1.72	1.83	1.24	1.07
<b>Tm</b>	0.65	0.06	0.25	0.33	0.26	0.13	0.17
<b>Yb</b>	3.4	0.3	1.2	1.6	1.7	0.8	1.1
<b>Lu</b>	0.53	0.06	0.22	0.3	0.24	0.15	0.2
<b>REE</b>	203.84	272.49	50.37	148.06	131.71	1053.4	95.14
<b>(La/Yb)<sub>N</sub></b>	9.3	169.1	7.6	15.7	12.1	243	15
<b>(Eu/Eu*)<sub>N</sub></b>	4.1	1.4	0.8	1.1	1	4	0.9
<b>Sr/Y</b>	0.88	34.91	20	19.09	35.76	12.77	39.14

Үргэлжлэл

	TR-22-19	TR-21-16-7	TR-21-10	TR-21-9-2	TR-22-26	TR-22-22	TR-22-23	L18M99III
<b>SiO<sub>2</sub></b>	71.25	60.65	59.56	52.15	51.63	73.88	74.3	77.9
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.41	0.76	0.82	0.93	1.28	0.09	0.12	0.1
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	13.05	17.18	16.57	19.06	14.77	12.62	12.92	9.5
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	2.71	5.95	6.67	8.4	11.27	0.95	1.18	0.7
<b>Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub></b>	0.08	0.1	0.11	0.14	0.3	0.03	0.04	0
<b>MgO</b>	0.89	3.05	3.13	3.24	6.09	0.17	0.21	0.2
<b>CaO</b>	1.79	5.08	5.93	8	7.87	0.67	0.75	1.9
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	3.5	3.83	3.51	3.54	2.35	2.8	3.63	2.8
<b>K<sub>2</sub>O</b>	3.64	2.63	1.89	1.3	2.14	6.05	4.76	4
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.15	0.23	0.17	0.28	0.19	0.01	0.09	0

<b>SO<sub>3</sub></b>	0.06	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	
<b>LOI</b>	1.35	0.51	0.93	2.64	0.94	1.51	0.83	1.8
<b>SUM</b>	98.88	100	99.32	99.71	98.87	98.81	98.87	98.9
<b>Al</b>	6.97	7.72	8.96	10.26	8	6.77	7.03	
<b>Ba</b>	458	312	611	775	374	375	347	374.1
<b>Be</b>	5	5	5	5	5	5	5	
<b>Ca</b>	1.55	5.9	4.45	5.91	5.98	0.63	0.69	
<b>Cr</b>	11	246	108	78	192	12	10	
<b>Li</b>	40	17	14	27	35	15	39	
<b>Mg</b>	0.51	4.44	1.85	1.93	3.75	0.08	0.13	
<b>Mn</b>	610	1093	748	960	2236	245	322	
<b>Ni</b>	11	90	5	5	82	18	16	
<b>Sc</b>	5	25	17	21	35	5	5	2.2
<b>V</b>	32	175	141	206	225	7	10	
<b>Zn</b>	117	77	70	90	144	31	40	
<b>Co</b>	4.1	37.6	19	25.4	39.8	0.5	0.5	
<b>Ga</b>	19	18	21	22	21	16	20	12
<b>Ge</b>	1	1	1	1	2	1	2	1.3
<b>As</b>	5	5	6	5	5	5	5	
<b>Mo</b>	2	2	2	2	2	3	2	
<b>Cd</b>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
<b>In</b>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
<b>Sn</b>	5	1	1	1	6	3	4	
<b>Sb</b>	0.1	0.1	0.4	0.1	0.4	0.3	0.4	
<b>Cs</b>	3.2	0.8	1.2	0.3	8.3	2.9	8.5	67
<b>W</b>	3	1	7	9	1	1	1	
<b>Tl</b>	1	0.5	0.5	0.5	0.5	1.2	1.4	
<b>Pb</b>	11	5	7	5	5	27	25	9.4
<b>Bi</b>	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
<b>Rb</b>	156	63.1	63.9	34.7	103	219	330	81.2
<b>Sr</b>	316	400	529	994	183	165	134	47.5
<b>Y</b>	10.2	24.9	21	20	37.8	0.5	2.2	18.8
<b>Zr</b>	204	177	278	132	160	62.1	77.3	120.4
<b>Hf</b>	5	3	5	3	4	2	3	3.3
<b>Nb</b>	13	3	5	3	10	2	11	5.7
<b>Ta</b>	1.2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.2	0.3
<b>Th</b>	33.1	3	7.3	1.4	18	16.1	24.6	6.3
<b>U</b>	2.53	0.62	1.84	0.44	0.75	1.1	2.96	0.6
<b>La</b>	58.6	15.3	23.7	17.4	25.4	13.1	18.7	30.9
<b>Ce</b>	106	35.8	46.8	34.3	56.8	22.3	37.9	67.1
<b>Pr</b>	10.2	5.53	5.53	4.49	6.69	1.64	3.08	7.7
<b>Nd</b>	31.6	24.3	22.1	19.1	26.9	4.2	8.8	28.6
<b>Sm</b>	4.7	5.6	4.4	4	6	0.5	1.3	5
<b>Eu</b>	0.89	1.74	0.88	1.29	1.47	0.31	0.37	0.3



<b>Gd</b>	3.86	4.9	3.63	3.62	6.96	0.45	1.05	4.4
<b>Tb</b>	0.47	0.84	0.45	0.56	1.06	0.06	0.14	0.6
<b>Dy</b>	2.06	4.63	3.46	3.48	6.78	0.28	0.62	3.7
<b>Ho</b>	0.4	0.92	0.63	0.69	1.44	0.05	0.11	0.7
<b>Er</b>	1.15	2.53	2.1	2.02	4.04	0.2	0.33	2
<b>Tm</b>	0.18	0.41	0.23	0.31	0.65	0.05	0.06	0.3
<b>Yb</b>	1	2.2	1.9	1.8	3.6	0.2	0.4	1.9
<b>Lu</b>	0.15	0.36	0.24	0.28	0.53	0.05	0.08	0.3
<b>REE</b>	221.26	105.06	116.05	93.34	148.32	43.39	72.94	153.5
<b>(La/Yb)<sub>N</sub></b>	42	4.9	8.9	6.9	5	47	33.5	11.6
<b>(Eu/Eu*)<sub>N</sub></b>	1.6	1	1.5	0.9	1.4	0.5	1	5.2
<b>Sr/Y</b>	30.98	16.06	25.19	49.7	4.84	330	60.9	2.52

### 3.2. ТЭЛМЭН БҮРДЛИЙН ГЕОЛОГИ, ГЕОХИМИ БОЛОН ГЕОХРОНОЛОГИЙН СУДАЛГАА

Баруун Хойд Монголд түрүү палеозойн [гранитоидыг С.Н.Алексейчик, Р.А.Хасин нар \(1942\)](#) анх ангилсан. Хожим [В.А.Амантов \(1968\)](#) нар Нуурын бүсийн хойд хэсэгт Тогтохын шил нуруунд 100-1500 км.кв талбайг эзэлсэн томоохон массивуудыг нэгтгэн Тогтохын шил бүрдэл нэртэйгээр анх удаагаа ялгасан байдаг.

Хойд Монголын нутагт нэлээд өргөн тархалттай түрүү палеозойн габбро-плагиогранит, габбро-гранодиоритын бүрдлийн гүний чулуулгийг Тэлмэн бүрдэл нэрээр [Н.Н.Херасков \(1966\)](#) нар Завхан аймгийн нутагт анх ялгасан. Сүүлийн жилүүдэд [1:200000-ны зураглалын ажлаар Ө.Даваа, Ц.Баярсайхан, Ч.Төмөрчөдөр Зураг 3. нар](#) уг насны гүний чулуулгийг Тэлмэн бүрдэлд баталгаажуулан ялгасан байна. Улмаар олон судлаачдын бүтээлүүдийг нэгтгэн, Тувад ялгасан гранитоид чулуулгийн судалгаатай дүйцүүлэн дүн шинжилгээ хийснээр 2002 оноос эхлэн түрүү ордовикийн Тэлмэн бүрдэлд ялгаж иржээ.

Судалгааны талбайд Тэлмэн бүрдлийн гранитоид чулуулаг нь томоохон батолит болон бусад насны хурдас чулуулгаар тусгаарлагдсан янз бүрийн хэлбэр хэмжээ бүхий биетүүдээр тохиолдоно. Тарвагатайн өргөгдлийн бараг 60%-ийг Тэлмэн бүрдлийн гранитоид эзлэх бөгөөд Идэрийн голын салбар хагарлаар хянагдаж, зүүн хойшоо болон баруун хойш чиглэлтэй хагарлуудаар хэрчигдэж тектоник эвдрэлд ихээр өртсөн

ажиглагдах ба саарал өнгийн дунд ширхэгтэй габбродиорит, гранодиорит, тоналит, монцогранитоос голлон тогтоно (Зураг 16;17).

Бид судалгааны ажлын явцад тухайн бүрдлийн гүний чулуулгийн найрлага, дотоод бүтэц, хил заагийн харьцааг үндэслэн 1-р фаз: Хар-саарал өнгийн жижиг-дунд ширхэгтэй, эвэр хуурмагт кварцат диорит, габбро-диорит, гранодиорит тоналит, ба 2-р фаз: Саарал, цайвар-саарал өнгийн жижиг-дунд ширхэгт кварцат монцодиорит, кварцат монцонит, биотитот гранит, биотит-эвэр хуурмагт гранит гэсэн 2 фазаар авч үзэж ялгалаа.

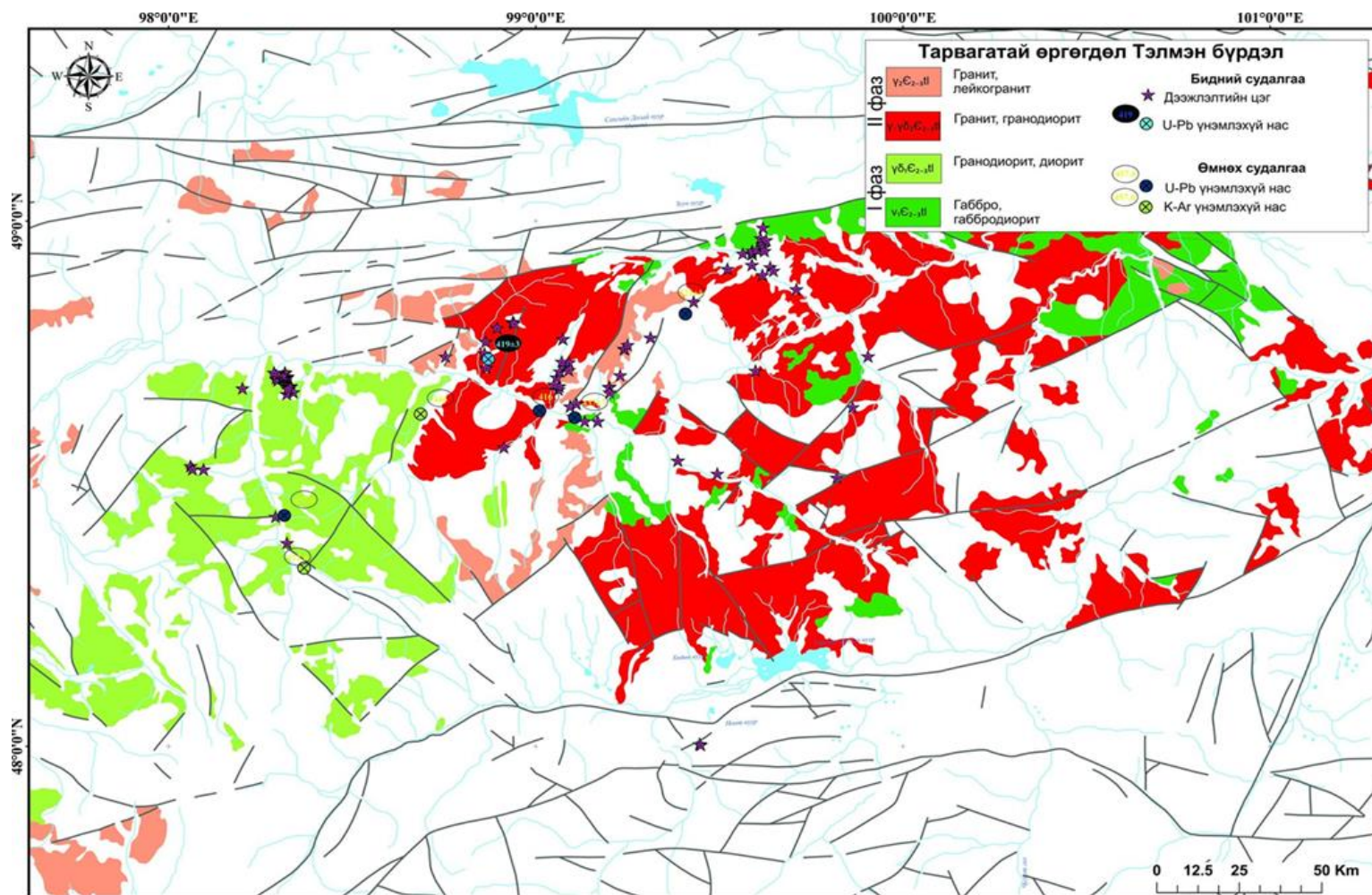
**1-р фаз:** Уг фазын чулуулаг нь судалгааны талбайн баруун, баруун хойд болон төв хэсгээр янз бүрийн хэлбэр хэмжээтэй биетүүдээр илэрнэ.

Тус фазын гранитоид агаарын гэрэл зурагт бараавтар-саарал, бүүдгэр-саарал өнгийн фото тонтой, барзгардуу гадаргуутай дүрслэгддэг. Гаршийн хувьд дундаас-сайн бөгөөд тэгшивтэр, өргөн хавтгайвтар, богино гуу жалгатай, хэрчигдэл ихтэй, толгодорхог рельеф үүсгэдэг. Гранитоид нь экзоген хүчний үйлчлэлээр бутарч үйрсэн элювийн хэмхдэс, үйрмэг байдлаар ихэвчлэн тохиолдох ба заримдаа уулын орой, хяр дээр 1-2 м, хааяа 3-4 м орчим өндөр хадан цохио үүсгэсэн байдаг.

**2-р фаз:** Энэ фазын гранитоид нь судалгааны талбайн төв хэсгээр харьцангуй их талбайд тархалттай бөгөөд зөв биш хэлбэрийн батолит, шток маягийн биетүүдийг үүсгэнэ. Уг фазын чулуулаг нь цайвар-саарал, цайвар-ягаавтар өнгийн жижиг-дунд ширхэгт гранодиорит, биотитот гранит, биотит-эвэр хуурмагт гранитаас бүрдэнэ. Агаарын гэрэл зурагт эдгээр гранитоид нь бүдэг саарлаас цайвар-саарал фото тонтой толигор гадаргуутай байх ба сансрын гэрэл зурагт бусад хурдас чулуулгаасаа муухан ялгардаг. Уг гранитоидууд нь бөмбөгөр, хавтгайдуу оройтой уулс болон намхан гүвээ толгодуудыг үүсгэх бөгөөд гаршийн хувьд дундаас-сайн, дэр авдар маягийн хэсэгшил үүсгэж тогтоно. Гранитоид нь хил заагийн дотоод бүсэндээ ширхэг нь жижгэрч, өнгөт эрдсээр баяжсан байх ба гадаад бүсэндээ онцын хувирал өөрчлөлт ажиглагддаггүй. Харин тектоник хагарлаар хиллэсэн хил зааг орчмоороо чулуулаг нь улайж бутарсан, ан цаваараа эпидотжих хувирал өөрчлөлтөнд орсон байдаг ба бутралын бүсийн өргөн ихэнхдээ 20-30м орчим байна.

**Насны үндэслэл:** Тухайн бүрдлийн насны доод хязгаар нь дунд-хожуу кембрийн Шинэ-Идэр бүрдлийн гранитоидыг зүсч байгаагаар тогтоогдож байдаг. Ийм хил зааг судалгааны талбайн М-47-123-Г хавтгайн баруун-хойд буланд Их Хавчигийн зоон баруун-урд хярыг дагаж, мөн Баруун эхний найман Баганат уул орчимд тод ажиглагддаг.

Судалгааны талбайн хэмжээнд илрэх Хануй группын вулканоген хурдсаар хучигдаж мөн Шар ус гүний бүрдлийн гүний чулуулгаар зүсэгдсэн хил заагийн харьцаа нь насны дээд хязгаар нь болдог. Уг харьцаа нь Хярын өтөг уул, Дулаан хайрхан уул (М-47-124-А), Тогоо хийдэг толгой, Хөх чулуут уул (М-47-124-Б), Мануустай уул (М-47-123-Г) орчимд тус тус тогтоогджээ.



Зураг 16. Тэлмэн гранитоид бүрдлийн тархалтын зураг, Масштаб:1:500 000. Тарвагатайн өргөгдлийн хэмжээнд болон зэрэглдээ талбайн ижил нас бүхий гранитоид бүрдлүүдэд хийгдсэн насны үр дүнгээс. K-Ar age dating: (1) 446 Ma and (2) 226 Ma (Federov, 1966); U-Pb zircon dating: (3) 437±7 Ma ба (8) 421±1 сая жил (Kozakov et al., 2011; Kroner et al., 2014), (4) 246±1 Ma (Yarmolyuk, 2016), (5) 268±1 Ma (Yarmolyuk, 2016), (6) 246±2 , (7) 257±6 (Yarmolyuk, 2016)





Зураг 17. Тэлмэн бүрдлийн геологийн тогтоц ба гаршийн харагдах байдал

## Петрографийн судалгаа

Тарвагатайн өргөгдөлд тархалттай Тэлмэн бүрдлийн гранитоид чулуулгийн төрөлжилт нь петрографийн найрлагаараа ойролцоо габбро-диорит, диорит, тоналит, гранодиорит болон гранитын бүлгийн чулуулгаас голчлон бүрдэнэ.

**Габбродиорит нь** энгийн нүдээр харахад хар ногоон, бараан саарал өнгөтэй, дунд ширхэгтэй бага зэрэг нэг зүг чиглэн сул параллель текстурыг илэрхийлэх бөгөөд бөгөөд гипидиоморф структуртай, цул нягт текстуртай. Микроскопоор харахад чулуулаг бүрдүүлэгч гол эрдсийн бүрэлдэхүүнд нь плагиоклаз 55-60%, пироксен 20-25%, амфибол 5-8%, багаар биотитээс бүрдэх ба 5-10%, хоёрдогчоор хлорит, актинолит, эпидот, лейкоксен, акцессороор апатит, сфен, цөөн тооны хүдрийн эрдсүүдээс тогтоно (Зураг 18D).

Плагиоклаз нь призмлэг, тэгш өнцөгт хэлбэртэй, мөхлөгийн хэмжээ 0.8-6.2 мм бөгөөд симметр унтралын  $25^{\circ}$ - $27^{\circ}$ -ын өнцгөөр андезин-лабрадор №48-50 найрлагатай болно.

Өнгөт эрдсээс амфибол, пироксен болон хувирсан биотитийн мөхлөгүүд тааралдах бөгөөд эдгээр нь плагиоклазын мөхлөгүүдийн завсар хооронд байрласан байхын зэрэгцээ түүнийг пойкилитоор агуулж улмаар пойкилоофитлог структурыг үүсгэсэн байна.

Амфибол нь (эвэр хуурмаг) призмлэг, ромбо хэлбэртэй, бүдэг ногоон өнгөтэй, мөхлөгийн хэмжээ 0.2-.2.5 мм бөгөөд хлорит, эпидотод бага зэрэг, актинолитод хүчтэй хувирч заримдаа псевдоморфозод бүрэн шилжжээ. Түүнчлэн зарим мөхлөгүүд дотор пироксений реликтүүд ажиглагдаж байна.

Пироксен нь хавтгай, призмлэг хэлбэртэй, 0.2-6.0 мм хэмжээтэй бөгөөд амфиболоор харилцан адилгүй түрэгдсэн байна. Пироксений унтрал нь ихэнхдээ шулуун, заримдаа унтралын өнцөг  $c:N_{g}=28^{\circ}$ - $30^{\circ}$  болно. Мөн цөөн тохиолдолд амфиболоор эмжээрлэгдээ.

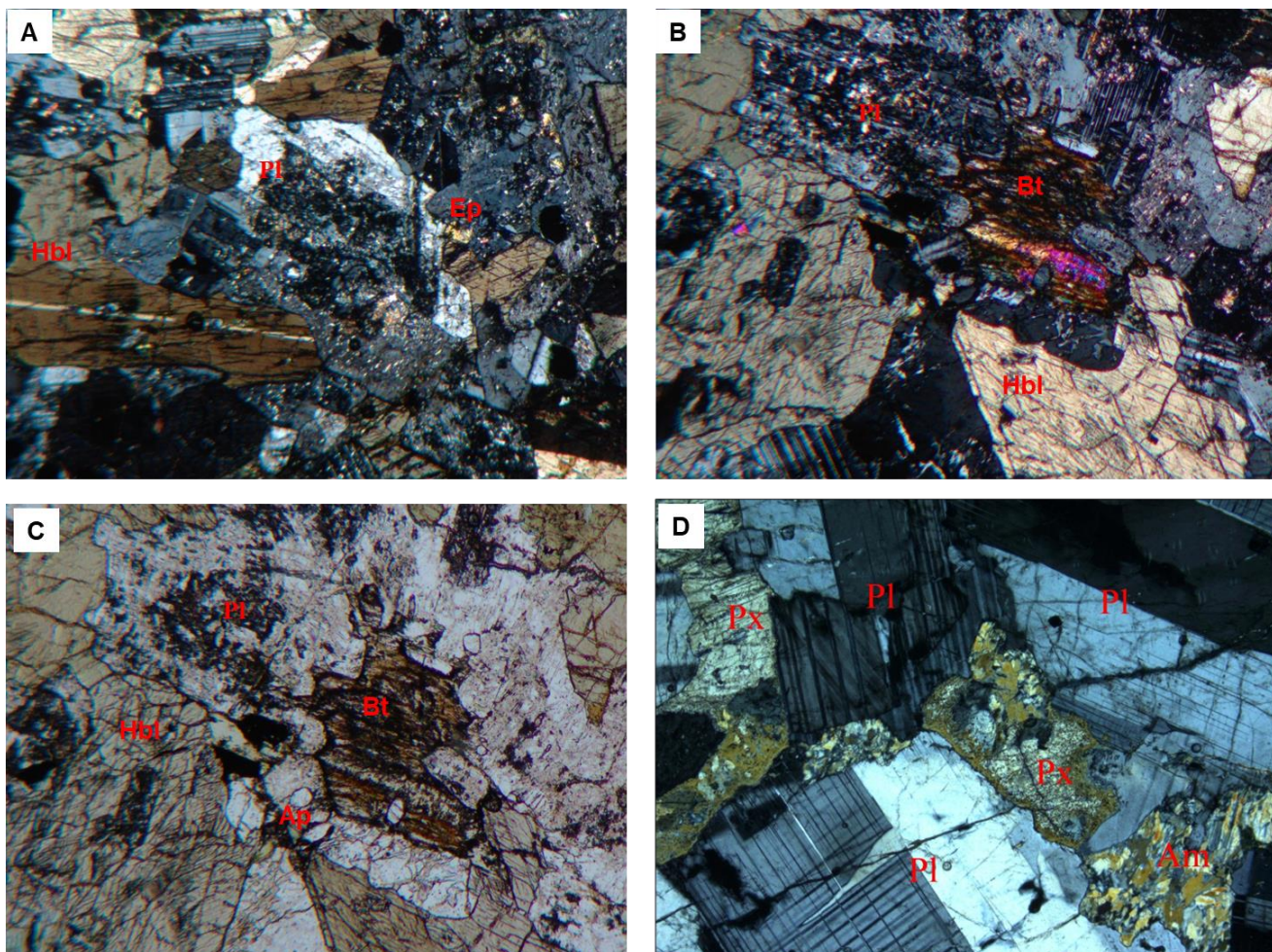
Мөн хлоритийн псевдоморфозууд ажиглагдах бөгөөд түүний хуваагдлын зураас дагуу лейкоксен илэрсэн байгаагаас харахад анхдагч өнгөт эрдэс нь биотит байсныг илтгэж байна. Мөхлөгийн хэмжээ 0.2-1.0 мм.

Дайвар эрдсээс 0.05-2.5 мм хэмжээтэй, изометрлэг, тэгш өнцөгт, зөв бус хэлбэртэй хүдрийн эрдэс ажиглагдана.

### **Жижиг мөхлөгтэй эвэрхуурмагт диорит ( TR-20-52, 53, 54, 60, 64/)**

Чулуулаг нь нь энгийн нүдээр харахад цайвар саарал өнгөтэй, гипидиоморф мөхлөгт, бүрэн талстжсан жигд структуртай цул нягт текстуртай. Микроскопоор харахад эрдэслэг бүрэлдэхүүнд плагиоклаз 50-55%, кварц 5-10%, эвэрхуурмаг 10-15%, биотит 15-20% хоёрдогчоор серицит, соссюрит, эпидот-цоизит, хлорит, төмрийн услаг эрдсүүд ба хүдрийн эрдэс тохиолдоно (Зураг 18.А,В,С). Плагиоклаз сунасан харьцангуй зөв хэлбэртэй, мөхлөгийн хэмжээ нь  $\leq 2,5$  мм призмлэг, бүслүүрлэг бүтэц ба полисинтет ихэрлэлттэй, голдуу хоёрдогч эрдсүүдээс цэвэрлэгдсэн гадаргуутай, заримдаа ялтаслаг серицит-соссюритлог агрегатаар хэсэгчлэн түрэгдсэн байна. Плагиоклазын симметрийн унтралын өнцөг  $20^\circ$  андезин  $And_{38}$ . Кварц 0.01-0.85 мм хэмжээтэй өнгөгүй, долгиолог унтралтай, дахин кристалжилтын нөлөөгөөр бөөрөнхийдүү, янз бүрийн хэмжээтэй агрегат үүсгэнэ. Эвэрхуурмаг 0.07-1.4 мм цайвар ногооноос хөхдүү ногоон өнгийн плеохроизмтай, ромбоэдрийн дагуух хоёр чиглэлийн хуваагдлын зураасуудтай, унтралын өнцөг  $27^\circ$ , биотитоор хэсэгчлэн түрэгдэнэ. Биотит (0.05-1.2 мм) хуудаслаг, хүдрийн эрдэс 0.01- 0.25 мм улаан хүрэн өнгөтэй, сфен/титанит/ 0.02 – 0.1 мм хүрэн өнгөтэй, сунасан хэлбэртэй. Апатит (0,01- 0,08 мм) өнгөгүй, гексагон зүсэлттэй призм хэлбэртэй. Циркон 0.01- 0.02 мм, өндөр рельефтэй байна.





Зураг 18. Жижиг мөхлөгтэй эвэрхуурмагт диорит А). Полисинтет ихэрлэлттэй плагиоклаз. Өсгөлт 40<sup>x</sup>. В). Плагиоклаз, эвэрхуурмаг ба биотит. Өсгөлт 100<sup>x</sup>. С). Микроскопын нэг никольд: бор шаргалаас бор ногоон плеохроизмтай, ромбоэдрийн дагуух хуваагдлын зураасуудтай эвэрхуурмаг ба улаан хүрэн өнгийн биотит, апатит, титанит Өсгөлт 40<sup>x</sup>. D). Габбродиорит- плагиоклаз , пироксен, амфибол Өсгөлт 50<sup>x</sup>.

**Тоналит нь** цайвар саарал өнгөтэй, гипидиоморф мөхлөгт, бүрэн талстжсан цул текстуртай, 0.2-6.7 мм хэмжээтэй. Чулуулаг бүрдүүлэгч гол эрдэс нь плагиоклаз 50-55%, кварц 15-20%, КХЖ- 5-10%, амфибол 10%, биотит 5%, хоёрдогчоор пелит, альбит, хлорит, соссюрит, лейкоксен, акцессороор, апатит, циркон, сфен цөөн тооны хүдрийн эрдсүүдээс тогтоно (Зураг 19).

Чулуулгийн зонхилох хувийг бүрдүүлж буй плагиоклаз нь призмлэг, тэгш өнцөгт хэлбэртэй, 0.5-6.0 мм хэмжээтэй ба ихэнх нь ихэвчлэн төв хэсгээрээ пелит, эпидот, серицит, соссюрит болон пренитэд хувирч бүслүүрлэг бүтцээ тодотгон өгсөн байна.



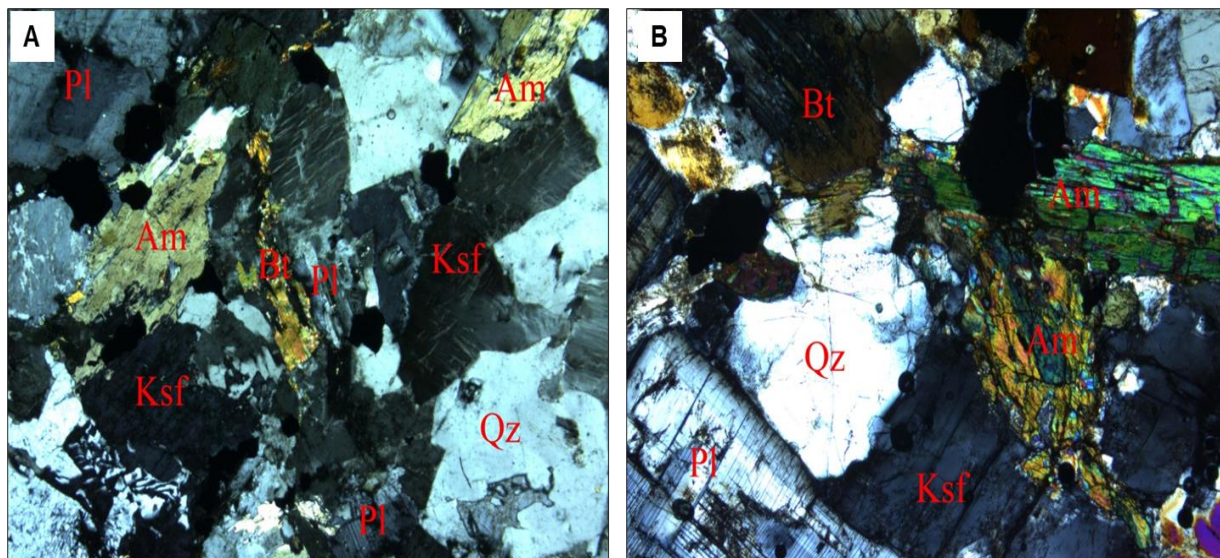
Плагиоклаз нь калишпат, кварцаар түрэгдсэн бөгөөд симметр унтралын  $15^{\circ}$ - $17^{\circ}$ -ын өнцгөөр андезин №32-34 найрлагатай болно.

Калишпат нь пелитжиж, альбитжсан зөв бус хавтгай хэлбэртэй мөхлөгүүдээр тааралдах ба хэмжээ 0.7-3.2 мм байна.

Кварц нь 0.5-6.7 мм хэмжээтэй, зөв бус хэлбэртэй мөхлөг үүсгэсэн бөгөөд хээрийн жоншийн мөхлөгүүдийг түрсэн байхаас гадна заримдаа тэдгээрийг пойкилитоор агуулжээ.

Амфибол нь призмлэг, зургаан талт болон ромбо хэлбэртэй бөгөөд мөхлөгийн хэмжээ 0.2-3.2 мм, унтралын өнцөг  $c:Ng=20^{\circ}$ - $22^{\circ}$  болно. Түүний зарим мөхлөгүүд нь захаасаа биотитоор түрэгджээ.

Биотитийн хуудсархаг хэлбэртэй мөхлөгүүд нь эпидотод бага зэрэг, лейкоксен ялгаруулан хлоритод хэсэгчлэн хувирсан байна. Түүний мөхлөгийн хэмжээ 0.2-2.5 мм. Дайвар эрдсээс изометрлэг, призмлэг, зөв бус хэлбэртэй хүдрийн эрдэс, призмлэг, зургаан талт хэлбэртэй апатит, циркон болон зөв бус, призмлэг, шаантиг хэлбэрийн сфений мөхлөгүүд тааралдах бөгөөд хэмжээ 0.05-1.5 мм байна.

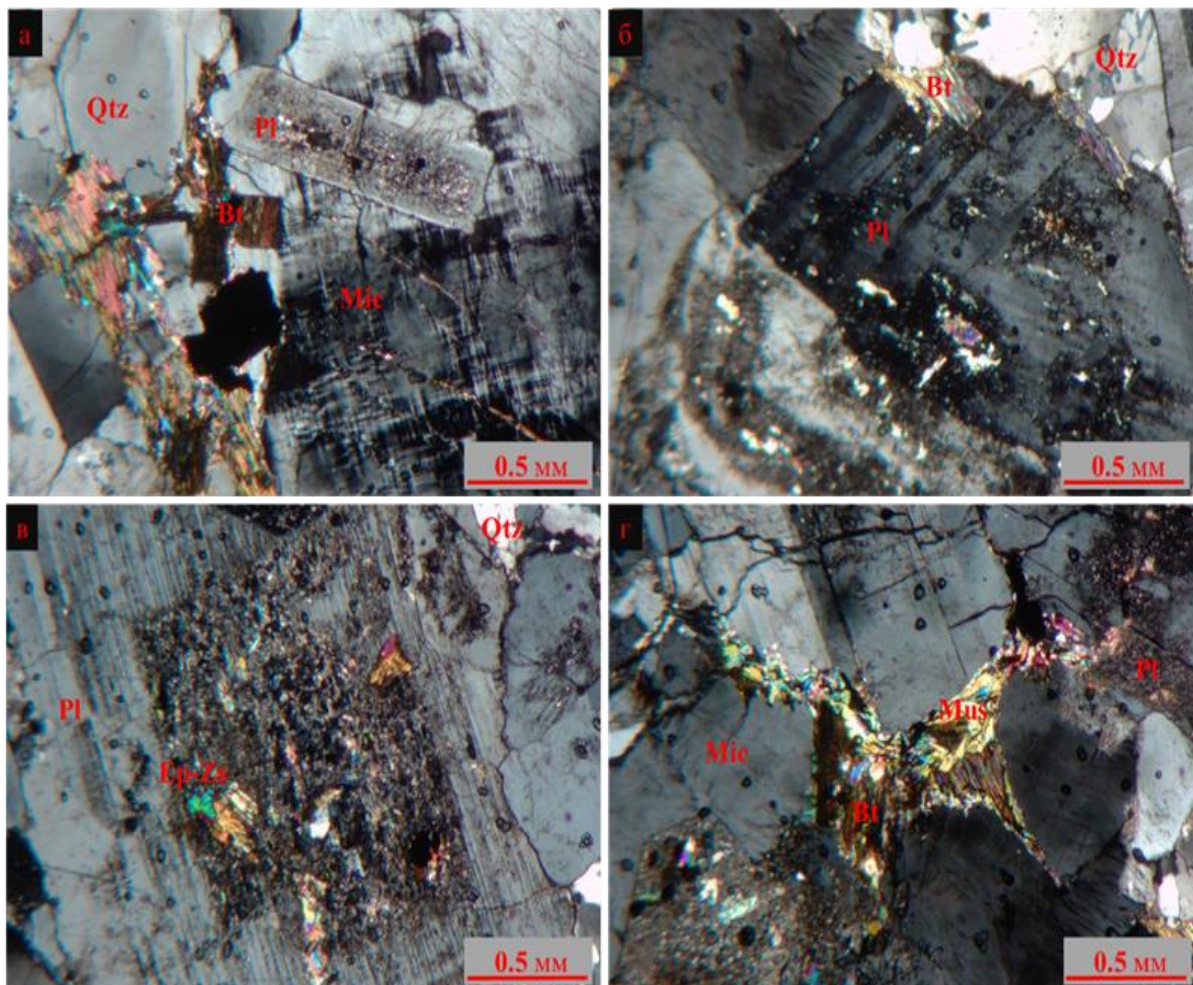


Зураг 19. Тоналит . Плагиоклаз /Pl/, Калишпат /Ksf/, Амфибол /Am/, Биотит /Bt/, Кварц /Qz/ Өсгөлт  $50\times$ . B).

**Гранодиорит / TR-19-06/ нь** энгийн нүдээр харахад цайвар саарал өнгөтэй, гипидиоморф мөхлөгт, бүрэн талстжсан жигд структуртай, брекчлэгдсэн маягтай текстур ажиглагдана. Микроскопоор харахад чулуулаг бүрдүүлэгч гол эрдэс нь плагиоклаз 35-40%, КХЖ- 25-30%, кварц 25-30%, өнгөт эрдэс биотит-5-10%, хоёрдогчоор эпидот-цоизит, хлорит, серицит, төмрийн услаг эрдсүүд, акцессороор циркон, апатит, ховроор сфен цөөн тооны хүдрийн эрдсүүдээс тогтоно (*Зураг 20*). Плагиоклаз нь сунасан харьцангуй зөв хэлбэртэй, мөхлөгийн хэмжээ нь 0.3-2.8 мм хүртэл хэмжээтэй, голчлон призмлэг, пелитээр бохирдсон, ялтаслаг серицит, соссюритын нягт агрегатаар түрэгдсэн, бүслүүрлэг бүтэц ба полисинтет ихэрлэлттэй, калишпатаар хэсэгчлэн түрэгдсэн байна. Бүслүүрлэг плагиоклазыг калишпат түрэхэд “өт” маягийн кварц ялгаруулсан мирмекит структур үүсдэг онцлог ажиглагдана. Полисинтет ихэрлэлттэй плагиоклазын хамгийн их унтралын өнцөг ~8 (олигоклаз  $And_{24}$ ). Плагиоклаз сул катаклазын нөлөөгөөр хагарч бичил ан цавшсан, хагарч бутран ихэрлэлтийн заадсууд муруйж деформацид автжээ.

К-хээрийн жонш (микроклин 0,2-2 мм) пелитээр өнгөц бохирдсон, хавтанлаг хэлбэртэй, тасалдсан зурваслаг альбитын бичил ургалтууд ба сараалж бүтэц ээлжлэн тодорно. Плагиоклазыг микроклин түрсэн заагаар альбитын бичил хүрээ үүссэн, мөн кварцаар коррозилдож байна. Кварц (0.5-2,75 мм) өнгөгүй, долгиолог унтралтай, катаклазын нөлөөгөөр хагарч бичил ан цавшсан мөхлөгүүд дахин кристалжиж, гетерогранобласт структуртай янз бүрийн хэмжээтэй агрегат үүсгэнэ.

Биотит ( $\leq 1,0$  мм) хуудсан, хавтанлаг хэлбэртэй, суналын дагуу шулуун унтралтай, цайвар шаргалаас улаанхүрэн өнгийн плеохроизмтай, цайвар ногоон хлоритоор хэсэгчлэн түрэгдэж, апатит, сфен ба хүдрийн эрдэстэй ассоциаци үүсгэнэ. Биотит катаклазын нөлөөгөөр деформацид автан муруйж тахийсан ажиглагдана. Сфен/Титанит(0,02 - 0,05 мм) хархүрэн өнгөтэй, сунасан хэлбэртэй. Апатит (0,01- 0,12 мм) өнгөгүй, зүүлэг ба нарийн призм хэлбэртэй. Хүдрийн эрдэс (0,01- 0,3 мм) хар өнгөтэй, изометрлэг хэлбэртэй. Чулуулгийн бичил ан цаваар хөгжсөн өнгөгүй мусковит ( $\leq 0,1$  мм) ба эпидот-цоизит ( $\leq 0,12$ мм) нь мусковитжих ба эпидотжих процессыг, харин төмрийн услаг ислүүд ялимгүй өгөршилт явагдсаныг илтгэнэ.



Зураг 20. Гранодиоритын микрофото зураг, голлох эрдсийн бүрэлдэхүүн; Pl-плагиоклаз, Mic-микроклин, Qtz-кварц, Bt-биотит, б). Бүслүүрлэг плагиоклазыг серицит-соссюрит түрж, хэсэгчлэн цэвэрлэгдсэн байна. Өсгөлт 40<sup>х</sup>. в). Плагиоклазын төвийн хэсэг андезинд, полисинтет ихэрлэлттэй захын хэсэг олигоклазад тохирно. Өсгөлт 40<sup>х</sup>. г). Биотитыг хлорит ба мусковит түрнэ. Чулуулгийн ан цаваар мусковит ба эпидот-цоизит хөгжжээ. Өсгөлт 40<sup>х</sup>

**Плагиогранит / TR-19-05/** нь дунд мөхлөгтэй, сул катаклазжсан, цайвар саарал өнгөтэй, мирмецит, гетерогранобласт структуртай, чиглэсэн текстуртай, мөхлөгийн хэмжээ 0,01-2,08 мм. Чулуулаг бүрдүүлэгч гол эрдэс нь плагиоклаз 45-50%, кварц 25-30%, КХЖ 10-15%, биотит-5-8%, зэрэг эрдсээс голлон тогтоно. Хоёрдогч эрдсүүдэд пелит, альбит, серицит, соссюрит, эпидот-цоизит, хлорит, мусковит, төмөрийн услаг эрдсүүд, аксессуароор циркон, апатит, ховроор сфен цөөн тооны хүдрийн эрдсүүдээс тогтоно (Зураг 21).



Плагиоклаз ( $\leq 2,8$  мм) призмлэг, пелитээр бохирдсон, ялтаслаг серицит, соссюритын нягт агрегатаар түрэгдсэн, бүслүүрлэг бүтэц ба полисинтет ихэрлэлттэй, захын хэсгээрээ хоёрдогч эрдсүүдээс цэвэрлэгдсэн, калишпатаар хэсэгчлэн түрэгдсэн байна. Бүслүүрлэг дундлаг найрлагатай плагиоклазыг калишпат түрэхэд “өт” маягийн кварц ялгаруулсан мирмекит структуртай олигоклаз ( $\leq 0,05$  мм) үүсдэг тул плагиоклазын төвийн хэсэг андезинд тохирно. Полисинтет ихэрлэлттэй плагиоклазын хамгийн их унтралын өнцөг  $\sim 8^\circ$  олигоклаз  $And_{24}$ . Плагиоклаз сул катаклазын нөлөөгөөр хагарч бичил ан цавшсан, хагарч бутран ихэрлэлтийн заадсууд муруйж деформацид автжээ.

Кварц ( $\leq 2,75$  мм) өнгөгүй, долгиолог унтралтай, катаклазын нөлөөгөөр хагарч бичил ан цавшсан мөхлөгүүд дахин кристалжиж, гетерогранобласт структуртай янз бүрийн хэмжээтэй агрегат үүсгэнэ. Кварц бусад гол эрдсүүдийг хэсэгчлэн коррозилж байна.

Микроклин ( $\leq 2,12$  мм) пелитээр өнгөц бохирдсон, хавтанлаг хэлбэртэй, тасалдсан зурваслаг альбитын бичил ургалтууд ба сараалж бүтэц ээлжлэн тодорно. Микроклиний харьцангуй том хэмжээтэй мөхлөгүүд плагиоклазын призмлэг мөхлөгүүдийг агуулсан “монзонит” структур ажиглагдана. Плагиоклазыг микроклин түрсэн заагаар альбитын бичилхүрээ үүссэн, мөн кварцаар коррозилгодож байна.

Биотит ( $\leq 1,0$  мм) хуудсан, хавтанлаг хэлбэртэй, суналын дагуу шулуун унтралтай, цайвар шаргалаас улаанхүрэн өнгийн плеохроизмтай, цайвар ногоон хлоритоор хэсэгчлэн түрэгдэж, апатит, сфен ба хүдрийн эрдэстэй ассоциаци үүсгэнэ. Биотит катаклазын нөлөөгөөр деформацид автан муруйж тахийсан ажиглагдана.

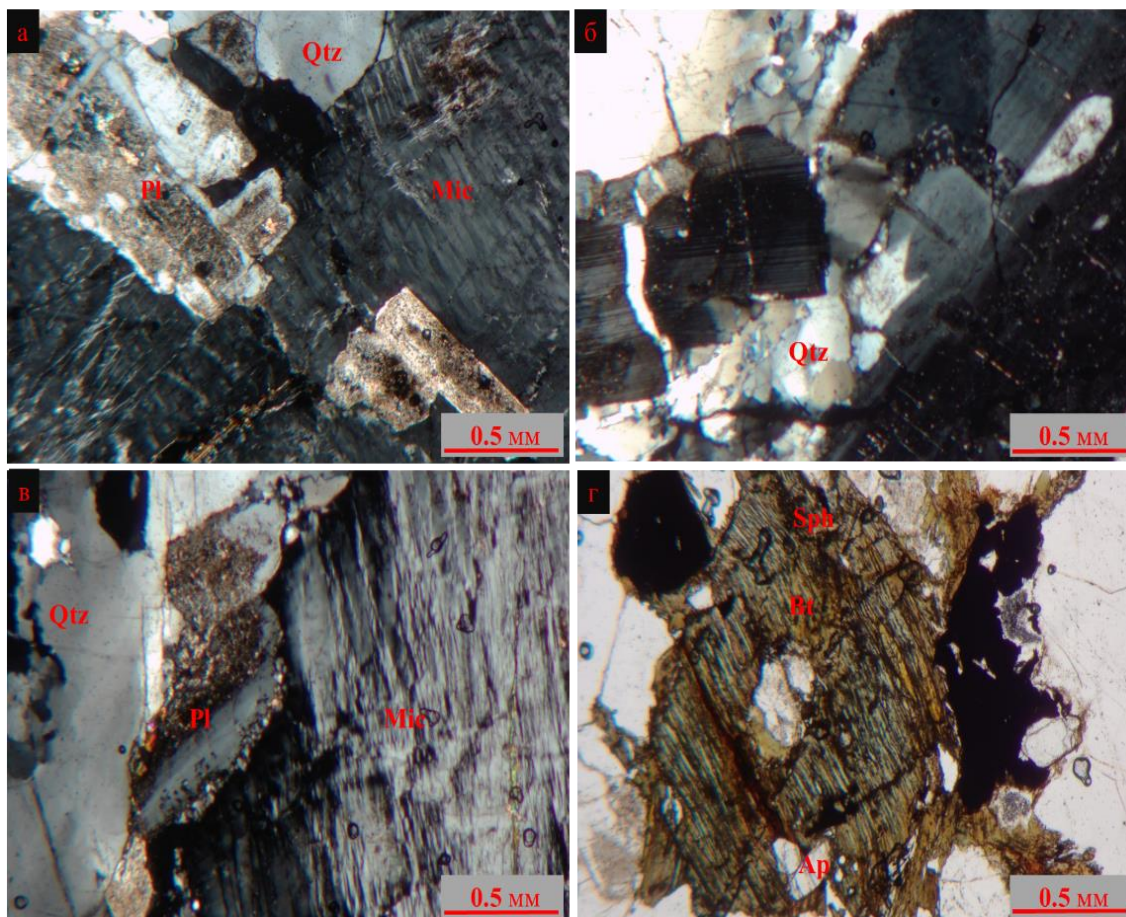
Хүдрийн эрдэс (0,01- 0,3 мм) хар өнгөтэй, изометрлэг хэлбэртэй.

Сфен/Титанит(0,02 - 0,05 мм) хархүрэн өнгөтэй, сунасан хэлбэртэй.

Апатит (0,01- 0,12 мм) өнгөгүй, зүүлэг ба нарийн призм хэлбэртэй.

Чулуулаг нь сул катаклазжих процессын нөлөөгөөр бичил ан цавшсан, гол эрдсүүд захаасаа эмтэрч жижиглэгдсэн боловч кварцын мөхлөгүүд дахин кристалжсан гетерогранобласт структуртай агрегат үүсгэсэн байна. Чулуулгийн бичил ан цаваар хөгжсөн өнгөгүй мусковит ( $\leq 0,1$  мм) ба эпидот-цоизит ( $\leq 0,12$  мм) нь мусковитжих ба эпидотжих процессыг, харин төмрийн услаг ислүүд ялимгүй өгөршилт явагдсаныг илтгэнэ.

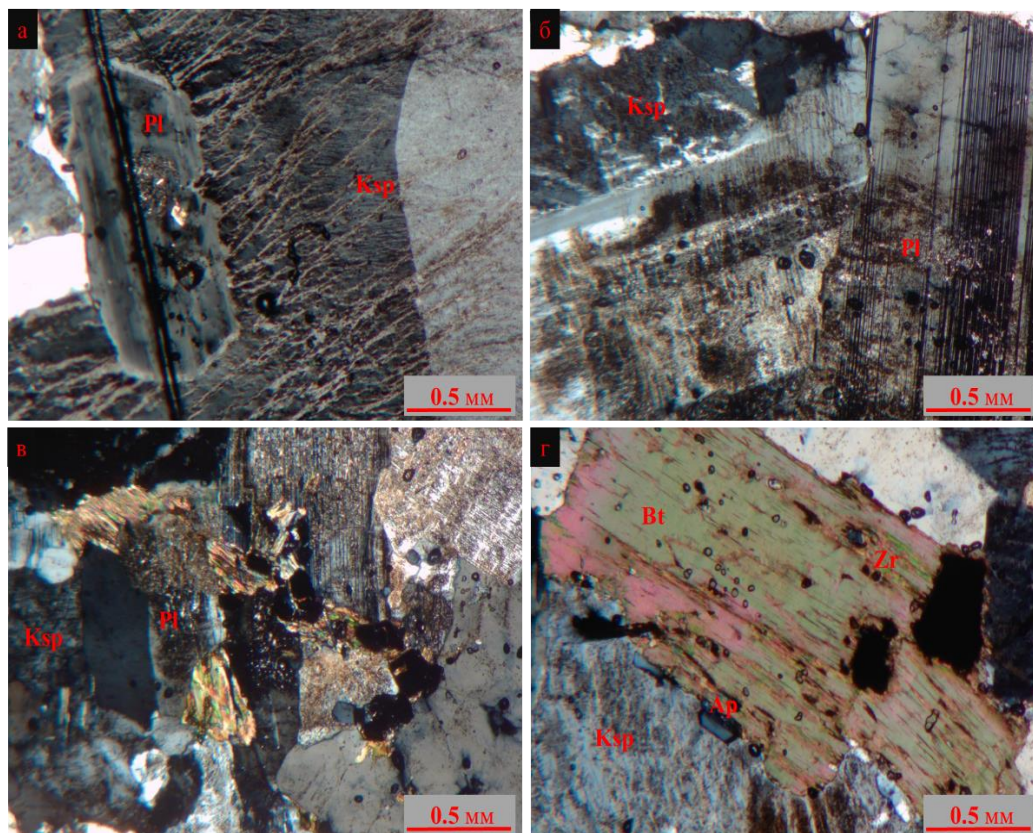




Зураг 21. Сул катаклазжсан плагиогранит, а). Монзонит структур, өсгөлт 40<sup>х</sup>. б). Плагиоклазыг калишпат түрэхэд үүссэн “өт” маягийн кварц ялгаруулсан мirmekит структур ба катаклазжиж хагараад дахин кристалжсан кварцын гетерогранобласт структур. Өсгөлт 40<sup>х</sup>. в). Кварц, плагиоклаз ба сараалж бүтэцтэй микроклин. Өсгөлт 40<sup>х</sup>. г). Микроскопын нэг никольд: биотитыг хлорит түрэх ба апатит, сфен ба хүдрийн эрдэс ассоциаци үүсгэнэ. Чулуулгийн ан цаваар төмрийн услаг ислүүд ба хүдрийн эрдэс хөгжжээ. Өсгөлт 40<sup>х</sup>.

**Дунд мөхлөгтэй биотитот шүлтлэг гранит нь** цайвар ягаавтар өнгөтэй, гипидиоморф мөхлөгт структуртай, цул нягт массив текстуртай, мөхлөгийн хэмжээ 0,01-3,5 мм ажиглагдана. Чулуулгийг гол бүрдүүлэгч эрдсээс К-хээрийн жонш 45-50%, плагиоклаз 15-20%, кварц 30-35%, өнгөт эрдэс биотит 5-10%, акцессор эрдсүүд нь апатит, циркон, сфен зэрэг эрдсээс тогтоно (Зураг 22). К-хээрийн жонш нь пелитээр өнгөц бохирдсон, хавтанлаг хэлбэртэй, тасалдсан зурваслаг хэлбэртэй альбитын бичил ургалтуудтай, карлсбад ихэрлэлттэй, мөхлөгийн хэмжээ нь 0,5-3,5 мм хүртэл хэмжээтэй. Калишпат плагиоклазыг түрж альбитын бичил хүрээ үүсгэсэн ажиглагдана. Плагиоклаз ( $\leq 1,2$  мм) призмлэг, пелитээр жигд бус бохирдсон, ялтаслаг серицитээр

түрэгдсэн, полисинтет ихэрлэлттэй, хоёрдогч эрдсүүдээс хэсэгчлэн цэвэрлэгдсэн байна. Полисинтет ихэрлэлттэй плагиоклазын хамгийн их унтралын өнцөг  $7-9^\circ$  олигоклаз  $And_{23-24}$ . Кварц ( $\leq 3,25$  мм) өнгөгүй, долгиолог унтралтай, бичил ан цавшсан мөхлөгүүд үүсгэнэ. Кварц калишпат-пертит ба плагиоклазыг хэсэгчлэн коррозилж байна. Биотит ( $\leq 0,83$  мм) хуудсан, хавтанлаг хэлбэртэй, суналын дагуу шулуун унтралтай, цайвар шаргалаас улаанхүрэн өнгийн плеохроизмтай, цайвар ногоон хлоритоор хэсэгчлэн түрэгдэж, төмрийн услаг ислээр баяжсан байна. Биотиттой хамт апатит, сфен, циркон ба хүдрийн эрдэс тохиолдоно. Хүдрийн эрдэс (0,01- 0,25 мм) хар өнгөтэй, изометрлэг хэлбэртэй. Сфен (0,02-0,2 мм) хар хүрэн өнгөтэй, шовх оройтой ромбоэдр маягийн сунасан хэлбэртэй, хурц тод интерференцийн өнгөтэй ажиглагдана. Апатит (0,01-0,08 мм) өнгөгүй, зүүлэг ба нарийн призм хэлбэртэй. Циркон ( $\sim 0,01$  мм) өнгөгүй, цацраг идэвхжилтийн бараан хүрээтэй. Чулуулгийн бичил ан цаваар төмрийн услаг ислүүд ба хүдрийн эрдэс хөгжжээ.



Зураг 22. Дунд мөхлөгтэй биотитот шүлтлэгдүү гранит. а ба б). Карлсбад ихэрлэлт, в)  $Kfs$ -калийн хээрийн жонш,  $Pl$ -плагиоклаз, г) Биотитыг даган апатит, сфен, циркон ба хүдрийн эрдэс ассоциаци үүсгэнэ. Өсгөлт  $40^\circ$ .



## Геохимийн судалгаа

Тэлмэн бүрдлийн гранитоид чулуулгийг гранитын болон диоритын бүлгийн чулуулагт ангилаад, гранитын бүлэгт гранодиорит, тоналит, монцогранит, гранит, харин диоритын бүлэгт габбро, габбродиорит, диорит, монцо-диоритын чулуулгийн төрөлжилт багтана. Чулуулгийн гол исэл, сарнимал болон газрын ховор элементүүдийн агуулгыг (Хүснэгт 3)-д тусгав.

**Гранитын бүлгийн чулуулагт** цахиурын ислийн ( $\text{SiO}_2$ ) агуулга 70.54-76.25%, шүлтийн нийлбэр ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ) 7.27-9.96 %, хөнгөн цагааны ислийн ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 12.93-15% агуулга өндөртэй, кали-натрийн шүлтжилт ( $\text{K}_2\text{O}$ : 2.83-5.92%,  $\text{Na}_2\text{O}$ : 3.01-4.45-) дунд зэргийн, төмрийн ислийн ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 0,87-2,30% агуулга бага,  $\text{MnO}$  (0.01-0.06%),  $\text{MgO}$  (0.20-0.63%),  $\text{CaO}$  (0.56-2.28%),  $\text{TiO}_2$  (0.05-0.34%),  $\text{P}_2\text{O}_3$  (0.01-0.1%)-ийн ислүүд харьцангуй бага агуулгатай байна.

Цахиурын ислийг ( $\text{SiO}_2$ ) шүлтийн нийлбэртэй ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ) харьцуулсан чулуулгийн ангиллын диаграмм дээр гранитын бүлгийн чулуулаг нь гранодиорит болон гранитад ялгагдах бөгөөд цахиурын ислийг ( $\text{SiO}_2$ ) калийн исэлтэй ( $\text{K}_2\text{O}$ ) харьцуулсан найрлагын диаграмм дээр ихэнх дээжүүд К-баялаг шохойлог шүлтлэг найрлагатай чулуулаг давамгайлах ба цөөн тооны дээжүүд хэт шүлтлэг ба шохойлог-шүлтлэг найрлагатай чулуулгийн тархалтайг харуулна (Зураг 23.А,В).

Хөнгөн цагааны ханалтын индексийн  $A/\text{CNK}-A/\text{NK}$  (0.85-1.1) диаграмм дээр бүх дээжүүд хөнгөн цагаанаар дунд зэрэг ханасан талбайд бууж байгаа ба Чаппел нарын (Chappel et al., 1974) гранитоидын ангиллаар I төрлийн гранитоидод хамаарах боловч гранитын бүлгийн ихэнх дээжүүд шилжилтийн хэсэгт хамаарагдаж байгааг дурдах нь зүйтэй юм (Зураг 23.С).

Тэлмэн бүрдлийн палеозойн гранитоид нь кали-натрийн шүлтшилт ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ : 7.27-9.96 %) өндөртэй, хөнгөн цагаанаар дунд зэрэг ханасан ( $\text{ASI}=0.8-1.1$ ), сулавтар I төрлийн гранитоид бөгөөд кали өндөртэй шохойлог-шүлтлэг магмаас (Зураг 23.Д) үүсэлтэй геохимийн шинжийг илэрхийлж байна.

**Тэлмэн бүрдлийн диоритын бүлгийн чулуулагт** цахиурын ислийн ( $\text{SiO}_2$ ) агуулга 53.06–61.90%, хөнгөн цагааны ислийн ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 12.76-25.95% агуулга өндөртэй, кали-натрийн шүлтжилт ( $\text{K}_2\text{O}$ : 0.28-6.42%,  $\text{Na}_2\text{O}$ : 1.34-4.39) багавтар, төмрийн исэл ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )

2.22-10.96%, MgO (2.35-9.64%), CaO (4.52-16.34%)-үүд харьцангуй өндөр, MnO (0.03-0.17%), TiO<sub>2</sub> (0.3-1.58%), P<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0.22-0.45%)-ийн ислүүд бага агуулгатай байна.

Цахиурын ислийг (SiO<sub>2</sub>) шүлтийн нийлбэртэй (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) харьцуулсан чулуулгийн ангиллын диаграмм дээр диоритын бүлгийн чулуулаг нь габброгоос гранодиоритын төрөлжилтөд ялгагдах бөгөөд цахиурын ислийг (SiO<sub>2</sub>) калийн исэлтэй (K<sub>2</sub>O) харьцуулсан найрлагын диаграмм дээр ихэнх дээжүүд шохойлог шүлтлэг найрлагатай чулуулгийн тархалтайг харуулна ([Зураг 23.B](#)).

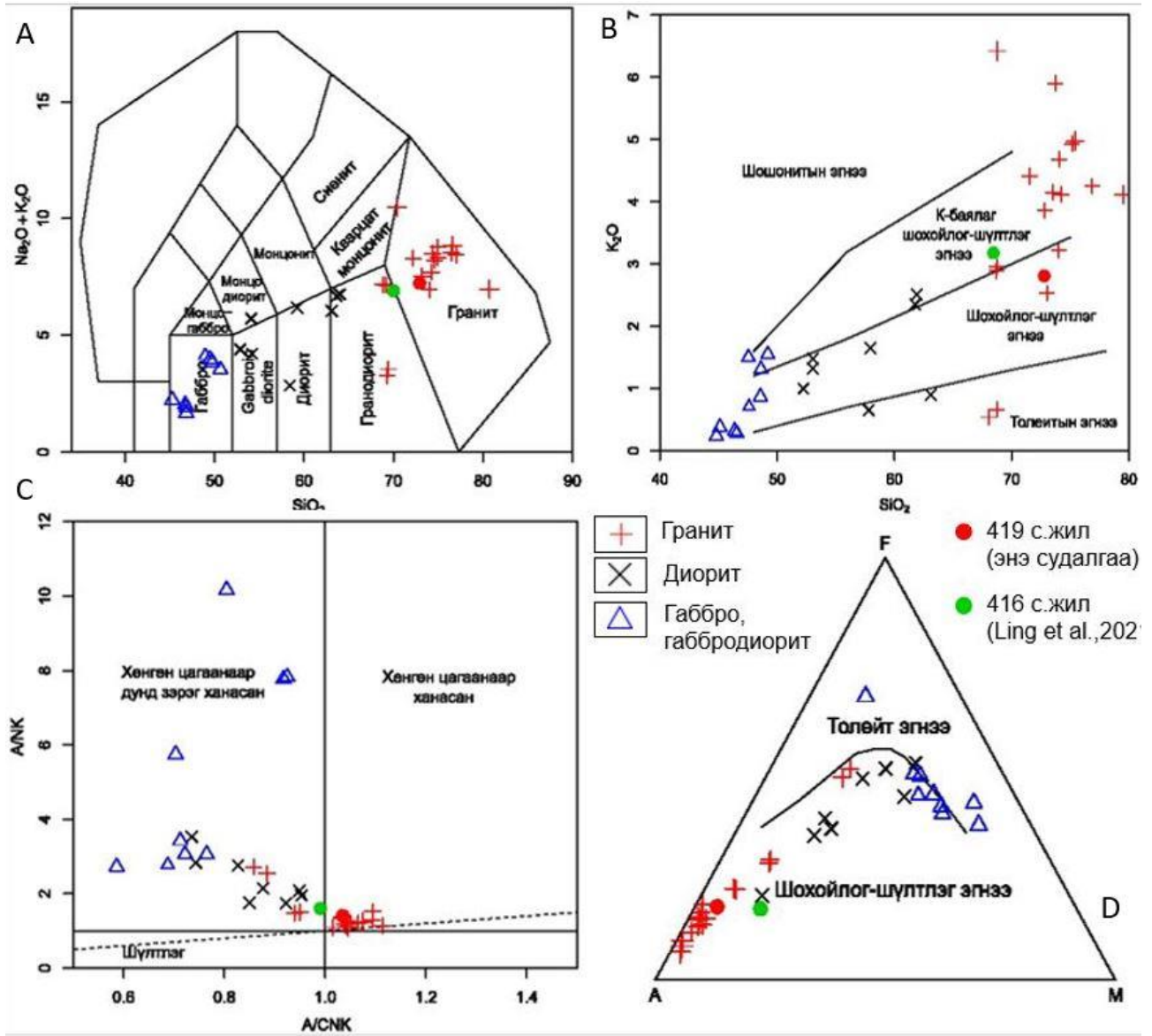
Хөнгөн цагааны ханалтын индексийн A/CNK-A/NK (0.85-1.1) диаграмм дээр бүх дээжүүд хөнгөн цагаанаар дунд зэрэг ханасан талбайд бууж байгаа ба Чаппел нарын (Chappel et al., 1974) гранитоидын ангиллаар I төрлийн гранитоидод хамаарна ([Зураг 23.C](#)).

Магмын чулуулгийн ангиллын AFM диаграмм (Irvine et al., 1971) дээр Тэлмэн бүрдлийн гранитоид чулуулаг нь шохойлог шүлтлэг магмын найрлагатай болох нь давхар батлагдаж байна ([Зураг 23.D](#)).

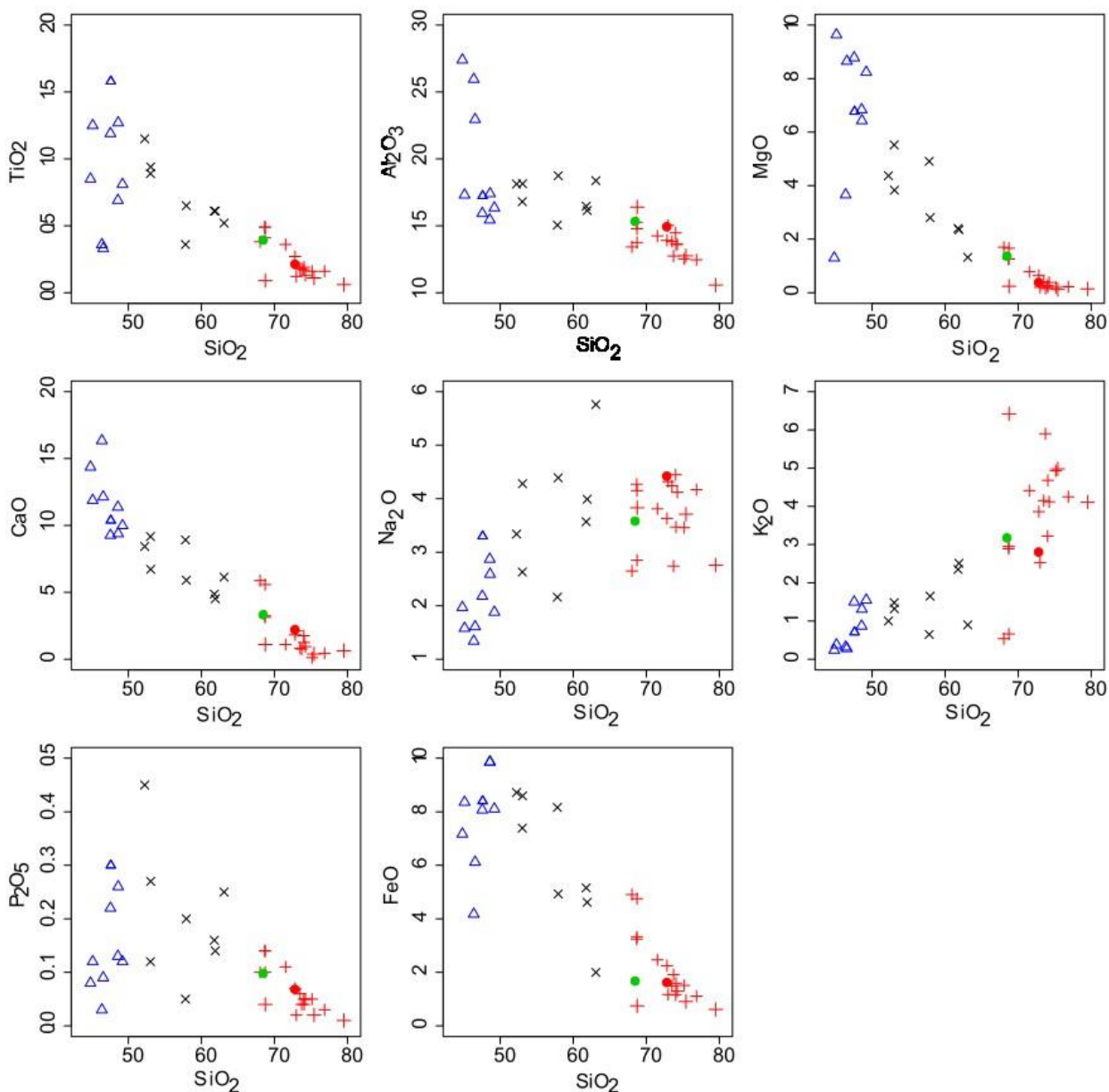
Шинжилгээний үр дүнгээр Тэлмэн бүрдлийн гранитоидын цахиурын ислийн агуулгыг бусад гол ислүүдтэй хэрхэн хамааралтай байгааг үзэхэд Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO<sup>t</sup>, MgO, TiO<sub>2</sub>, CaO, P<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-д зэрэг элементийн ислүүд SiO<sub>2</sub>-той урвуу хамааралтай, харин K<sub>2</sub>O ба Na<sub>2</sub>O багавтар сарнисан боловч эерэг хамаарал үзүүлнэ ([Зураг 24](#)). Энэ тархалтын FeO<sup>t</sup>, болон MgO-ийн урвуу хамаарал үүсгэж байгаа нь магадгүй Тэлмэн бүрдлийн гранитоид чулуулаг нь суурилаг эрдсийн (биотит, магнетит гэх мэт) фракцжилттайг илтгэнэ.

Тэлмэн бүрдлийн палеозойн гранитоид нь хөнгөн цагааны, төмрийн магнийн кальцийн агуулга харьцангуй өндөр, хөнгөн цагаанаар дунд зэрэг ханасан (ASI=0.6-0.9), I төрлийн гранитоид бөгөөд шохойлог-шүлтлэг магмаас үүсэлтэйг илэрхийлнэ.





Зураг 23. Гранитоид чулуулгийн ангиллын диаграммууд: А ба В: – Цахиурын исэл ( $SiO_2$ ) ба шүлтийн нийлбэр ( $Na_2O+K_2O$ ) (Cox et al., 1979, Wilson, 1989); С: Хөнгөн цагааны ханалтын индексийн A/CNK-A/NK (Shand, et al., 1981), D. AFM диаграмм (Irvine et al., 1971).



Зураг 24. Гол элементүүдийн Харкерийн диаграмм (Harker, 1909)

Тэлмэн бүрдлийн гранитоид чулуулгийн эх үүсвэрийн орчин нөхцөл болон магмын найрлагын хөгжлийг тодруулах зорилгоор чулуулгийн сарнимал болон газрын ховор элемент (ГХЭ)-ийн химийн найрлагыг тодорхойлсон.

**Газрын ховор элемент (ГХЭ):** Тэлмэн бүрдлийн гранитын бүлгийн чулуулагт ГХЭ-ийн нийлбэр дүнгийн 85.04-304.64 (143.4 дундаж) г/т агуулгатай, ХөГХЭ-ийн агуулга 75.35-267.2 (131.79 дундаж), ХүГХЭ-ийн агуулга 7.61-36.92 (11.6 дундаж), ХөГХЭ ХүГХЭ-ийн харьцаа 6.3-24.70 (13.75 дундаж) хооронд байна.

Тэлмэн бүрдлийн диоритын бүлгийн чулуулагт ГХЭ-ийн нийлбэр дүнгийн 15.4-222.78 (84.78 дундаж) г/т агуулгатай, ХөгХЭ-ийн агуулга 12.07-210.14 (73.25) хэлбэлзэл ихтэй, ХүГХЭ-ийн агуулга 2.85-25.2(11.5 дундаж), ХөгХЭ ХүГХЭ-ийн харьцаа 3.78-16.25 (6.55 дундаж) хооронд байна.

Чулуулгийн ГХЭ-ийн агуулгыг хондритод нормчилсон агуулгатай диаграмм байгуулахад чулуулаг нь газрын ховор хөнгөн элементээр (ХөгХЭ) баяжсан, хүнд эгнээний элементээр (ХүГХЭ) ядуурсан төрхтэй. Eu-ийн сулхан эерэг гажил үзүүлсэн шинж төрхтэй, харин гранитын бүлгийн чулуулаг цөөн тооны дээжинд сөрөг гажил өгсөн байна (Зураг 25).

Магмын чулуулгийн ГХЭ-ийн тархалт нь чулуулгийн эх үүсвэр дэх ГХЭ-ийн хэмжээ, магмын хайлмагийн хувьслын явцад үүсдэг эрдэс хайлмагийн тэнцвэрт байдлаар хянагддаг. ХөгХЭ-ийн харьцангуй атом масс багатай учир царцдасд ХүГХЭ-ээс илүү баяжигддаг онцлогтой. Уг гранитоидын Eu-ийн эерэгдүү гажил нь магадгүй чулуулаг дахь эх үүсвэрт плагиоклаз бага үлдсэнийг, нөгөө талаас нь авч үзвэл хувиралд өртөж хлорит, серицит зэрэг ус агуулсан хоёрдогч эрдсийн үүсэлтэй холбоотой байж болно. Хоёр бүлгийн чулуулагт ГХЭ-ийн нийлбэр, ХөгХЭ-ийн агуулга нь ялгаатай боловч, ХүГХЭ ба ХөгХЭ/ХүГХЭ-ийн харьцаа нь ялгаагүй байгаа нь эх үүсвэр ижил, фазын ялгаатай гэдгийг илэрхийлнэ.

**Сарнимал элемент:** Тэлмэн бүрдлийн гранитын бүлгийн чулуулагт сарнимал элементүүдийн хувьд Sr; 58-456 (дундаж 270.88) ppm, Ba; 150-1796 (дундаж 870.35) ppm)-ийн өндөр агуулгатай, Nb; 3-15 ppm, Y; 8.2-56.6 ppm (дундаж нь 16.46), Sr/Y харьцаа нэлээд хэлбэлзэлтэй ба 0.8-51.7 (дундаж 25.15), Yb; 0.8-5.6 ppm бага агуулгатай байна.

Тэлмэн бүрдлийн диоритын бүлгийн чулуулагт сарнимал элементүүдийн хувьд Sr; 5-40 (дундаж 24) ppm, Ba; 82-1043 (дундаж 377.6) ppm)-ийн өндөр агуулгатай, Nb; 1-11 ppm, Y; 3.3-35.4 ppm (дундаж нь 16.41), Sr/Y харьцаа нэлээд хэлбэлзэлтэй ба 0.36-8.71 (дундаж 1.96), Yb; 0.3-1.9 ppm бага агуулгатай байна.

Тэлмэн бүрдлийн гранитоидын сарнимал элементүүдийн агуулгыг анхдагч мантид нормчилсон (Sun, McDonough, 1989) спайдер диаграмм байгуулахад ионы радиус

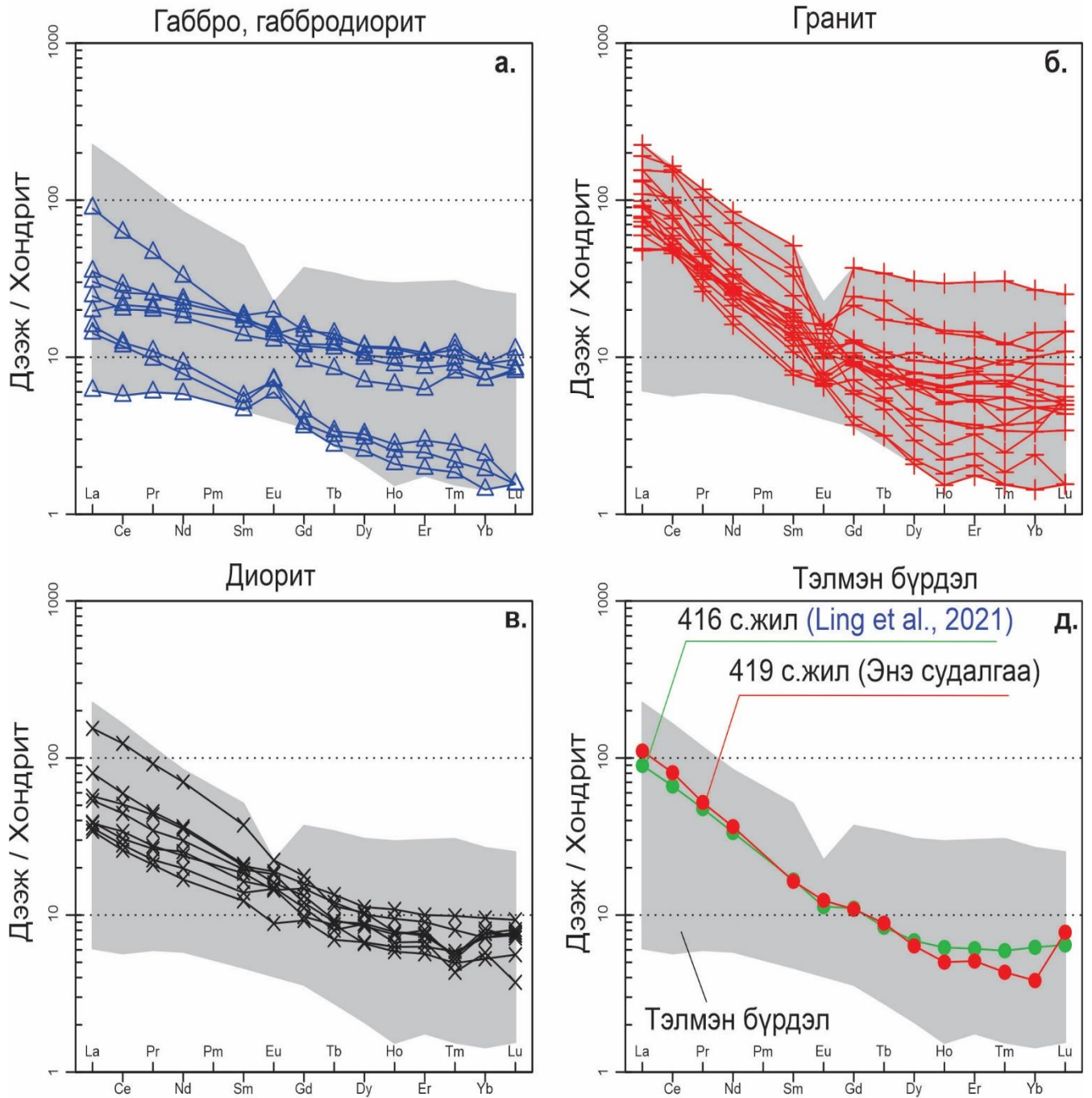


томтой элементээр (ИРТЭ:Rb, Ba, Th, U ба Sr) баяжсан, харин өндөр цэнэгтэй элементээр (ӨЦЭ: Nb, Ti, Y, Yb) ядуурсан хандлага ажиглагдана (Зураг 26).

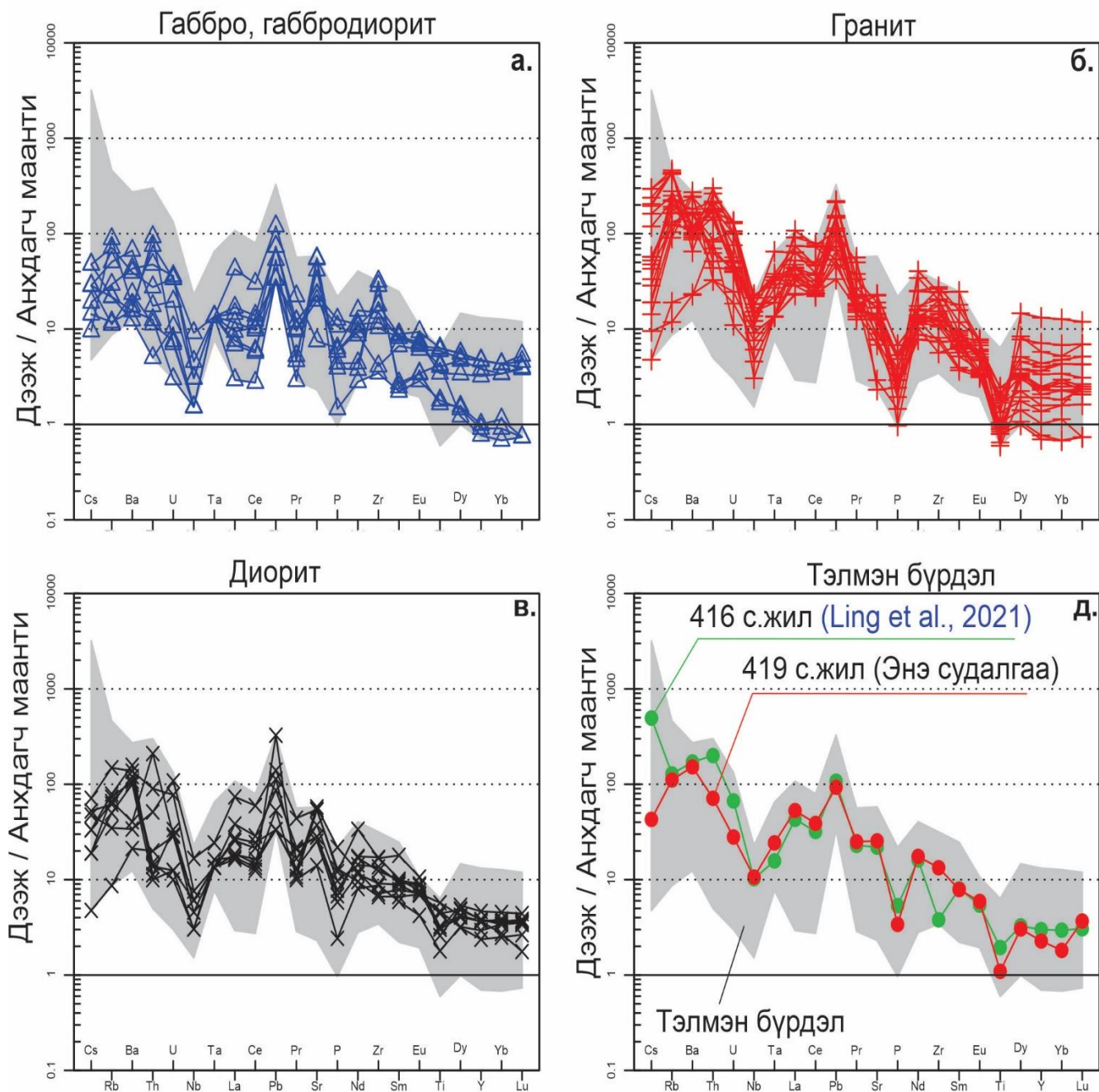
Гранитоидын үүссэн геодинамик орчинг тодруулах зорилгоор Nb-Y ба, Rb-(Y+Nb) Ta-Rb зэрэг элементүүдийн агуулгын хэмжээнд тулгуурлан дискриминацийн диаграммуудыг байгуулахад ихэнх дээжүүд галт уулын нумын (гранитын бүлгийн цөөн тооны дээж синколлизын шинжтэй) геодинамик нөхцөлд үүссэнийг харуулна (Зураг 27). Дээрх геохимийн үр дүнгээс дүгнэж үзэхэд Тэлмэн бүрдлийн гранитоид дахь Ba, Th, U, Sr -ийн өндөр агуулга, Sr /Y харьцаа, Nb, Ti, хүнд ГХЭ -ийн бага агуулга зэрэгт үндэслэн субдукцын бүсийн магмын бүтээгдэхүүн болохыг илэрхийлнэ.

**Геохронологийн судалгаа:** Тарвагатайн блокийн Их-Уул орчмын Тосонцэнгэл гэж зураглагдсан томоохон массиваас авагдсан гранодиорит (TR-19-06)-ын дээжийн цирконы мөхлөгт U-Pb-ны изотопын шинжилгээ хийж үнэмлэхүй насыг тогтоов. Цайвар саарал өнгийн дунд мөхлөгтэй гранодиоритоос цуглуулсан 23 цирконы мөхлөгүүдэд шинжилгээний хэмжилт хийсэн (Зураг 28). Эдгээр хэмжилт хийсэн мөхлөгүүдээс 23 мөхлөг нь конкордант үр дүн өгсөн. Цирконы нас нь конкорд диаграмм дээр 410-440 сая жилийн хооронд хэлбэлзэх бөгөөд  $1\sigma$  шинжилгээний алдаатай байна (Зураг 29). Цирконы U-Pb-ны хамгийн нарийвчлалттай конкордант нас нь  $419\pm 3$  сая жил (MSWD=1.4, магадлал =0.12) байгаа нь уг гранодиоритын биетийн талсжсан хугацааг заана. Цирконы Th агуулга нь 99-аас 682, U агуулга нь 88-аас 655 болон Th/U харьцаа 0.60-1.60 ба 0.1-ээс их ба энэ индикатор нь магмын гарал үүсэлтэйг илтгэнэ.

Бид Тэлмэн бүрдлийн I-р фазын дунд мөхлөгт гранодиоритод геохронологийн судалгааг тогтоож хожуу силурын цаг үед үүссэн тухай судалгааны шинэ үр дүнгээр баяжуулав.

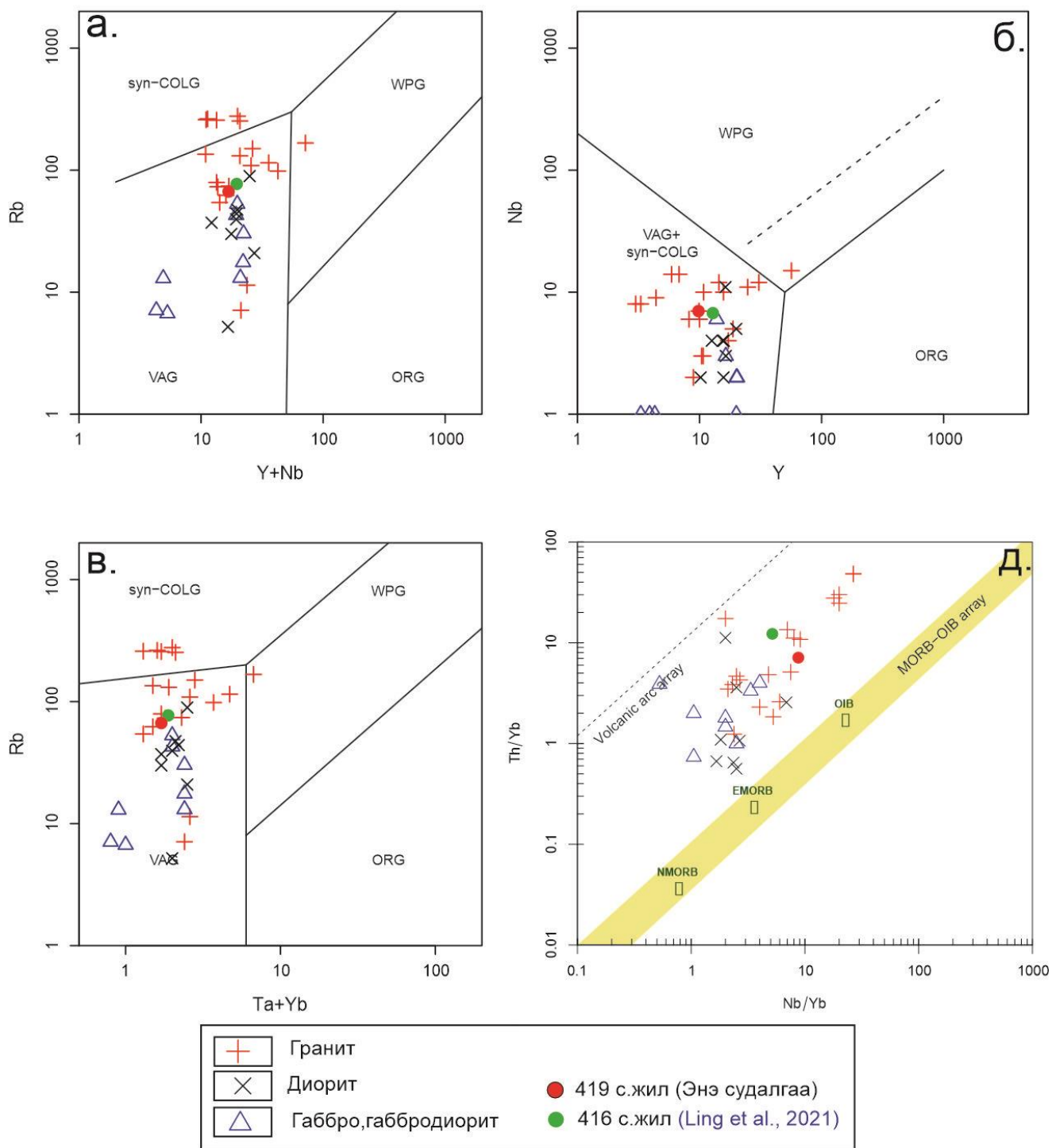


Зураг 25. Тэлмэн бүрдлийн гранитоид чулуулагийн газрын ховор элементийн тархалтыг хондритод нормчилсон диаграмм (Taylor and McLennan., 1985-ийн диаграммыг ашиглав).

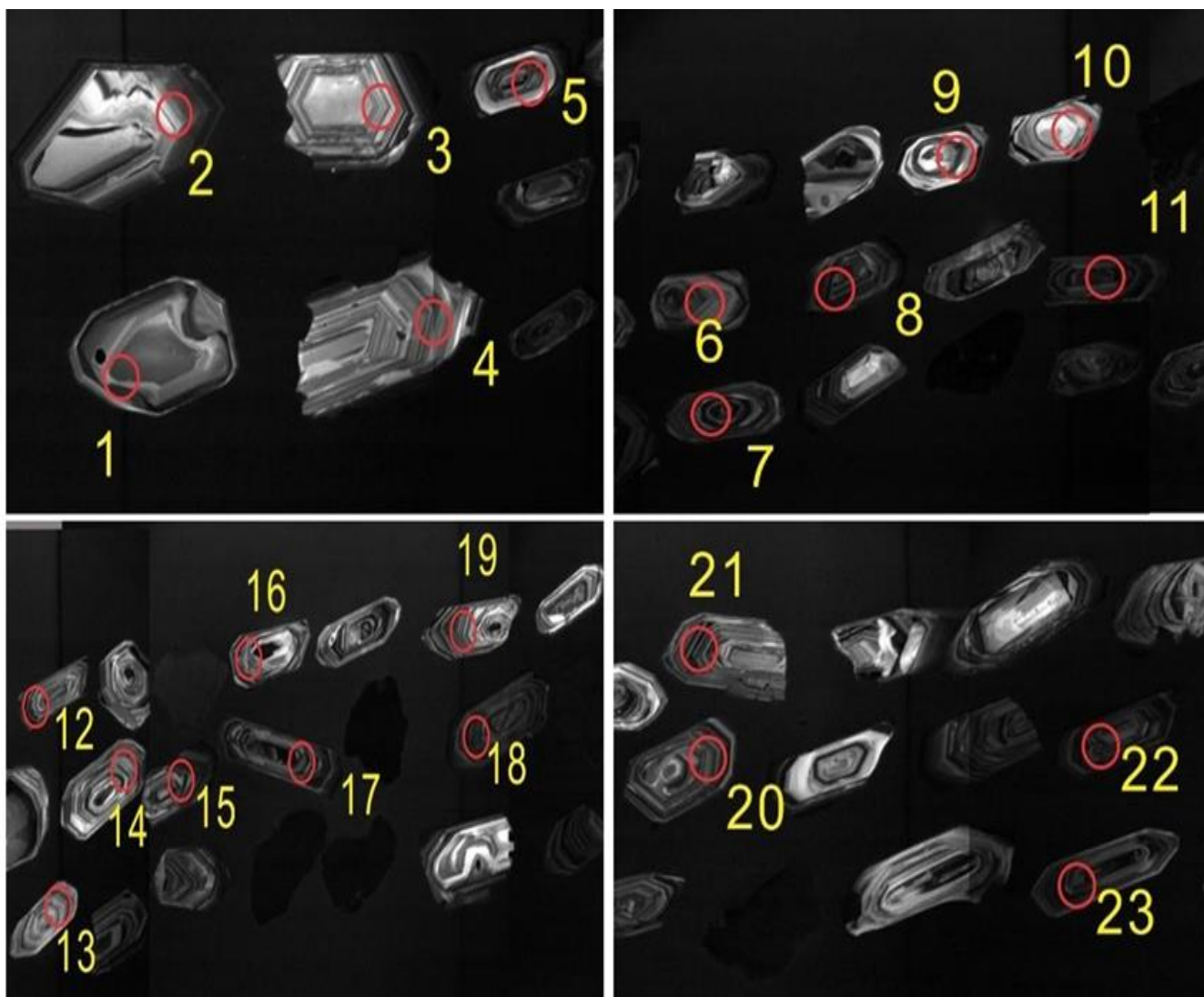


Зураг 26. Тэлмэн бүрдлийн гранитоид чулуулгийн сарнимал элементийн тархалтыг анхдагч мантид нормчилсон диаграмм (Sun, McDonough et al., 1989-ийн диаграммыг ашиглав)

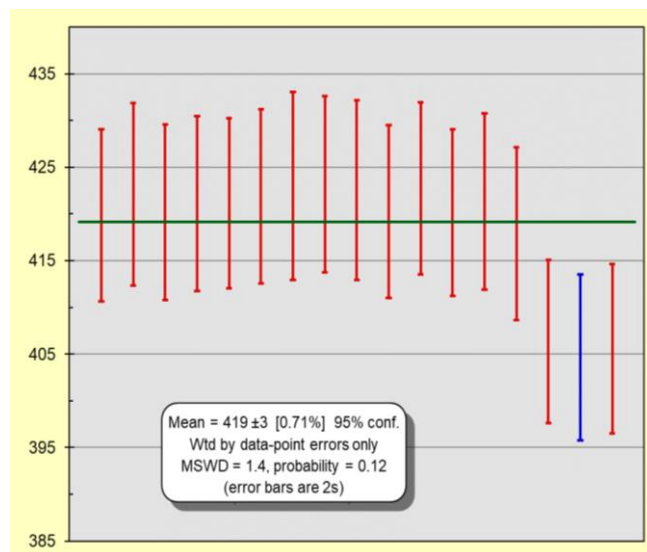
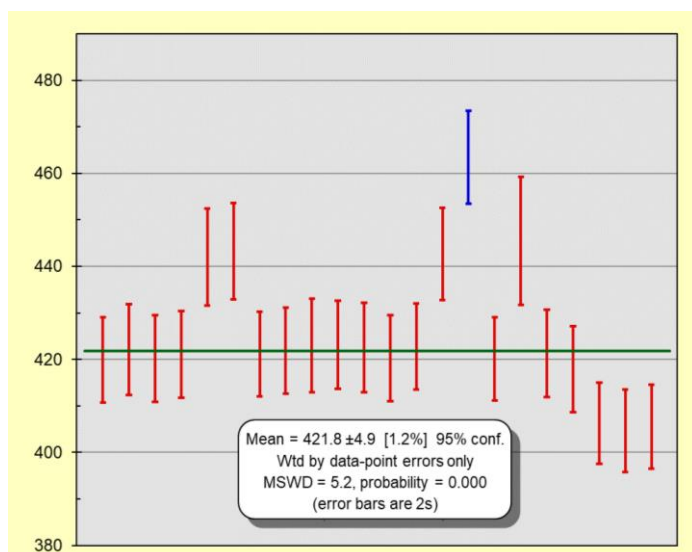
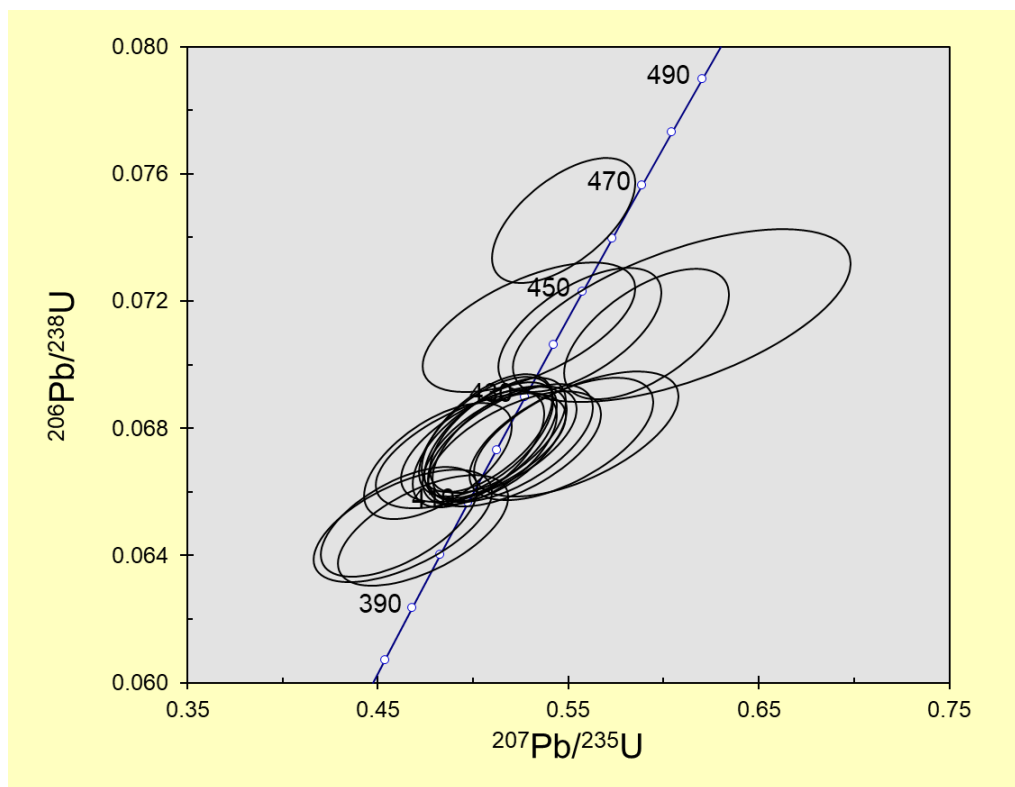




Зураг 27. Гранитоидын дискриминацийн диаграмм: А, Б, В: Nb-Y, Rb-(Y+Nb), (Ta+Yb)-Rb (Pearce et al., 1984); Б, Г:  $10000 \text{ Ga/Al} - \text{FeO}^*/\text{MgO}$ ,  $10000 \text{ Ga/Al} - \text{Zr}$  (Whalen et al., 1987-ийн диаграммыг ашиглав).



Зураг 28. Тэлмэн гранитоид бүрдлийн гранодиоритын (TR-19-06) дээжийн цирконуудын катодлюминесценцийн (CL) зураг Тайлбар: алдаанууд бүгд  $1\sigma$ ; ба 1-4, 7-9, 11-12, 14-15, 18, 20-24 тоот цирконы дугаарын  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ -ны жингийн дундаж  $419 \pm 3$  сая жилийн нас тогтоогдов; улаан тойргон тэмдэг нь LA-ICP-MS U-Pb шинжилгээний хэмжилтийн байршлыг харуулав.



Зураг 29. Гранодиорит чулуулгийн U-Pb-ны үнэмлэхүй насны конкорд диаграмм



Тэлмэн бүрдлийн гранитоид чулуулгийн гол ислийн (жин%), голлох болон сарнимал элементүүдийн агуулга (ppm)

Хүснэгт 3

	TR-19-05	TR-19-09	TR-20-26	TR-22-01	TR-22-03	TR-22-10	TR-22-13	TR-21-14-1	TR-20-13
<b>SiO<sub>2</sub></b>	74.02	74.06	76.87	73.51	74.24	75.16	73.73	73	72.83
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.17	0.19	0.16	0.18	0.13	0.16	0.18	0.12	0.27
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	14.47	13.61	12.46	13.82	13.61	12.53	12.74	15.03	13.91
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	1.28	1.77	1.23	1.66	1.44	1.68	2.12	1.3	2.5
<b>Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub></b>	0.05	0.03	0.04	0.12	0.11	0.04	0.04	0.04	0.04
<b>MgO</b>	0.27	0.2	0.22	0.4	0.38	0.2	0.16	0.2	0.65
<b>CaO</b>	1.76	1.25	0.45	0.83	0.95	0.12	0.76	2.14	1.83
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	4.45	3.47	4.17	4.24	4.12	3.46	2.74	4.32	3.63
<b>K<sub>2</sub>O</b>	3.22	4.68	4.25	4.15	4.12	4.93	5.9	2.53	3.86
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.05	0.04	0.03	0.06	0.05	0.05	0.04	0.02	0.07
<b>SO<sub>3</sub></b>	0.01	0.01	0.01	0.16	0.15	0.09	0.03	0.03	0.01
<b>LOI</b>	0.64	0.7	0.49	0.67	0.46	0.84	0.38	0.23	0.36
<b>SUM</b>	99.75	99.31	99.89	99.13	99.3	98.42	98.44	98.73	99.6
<b>Al</b>	7.31	6.49	6.63	7.35	7.04	6.68	6.88	7.29	7.29
<b>Ba</b>	738	1597	798	635	572	603	1193	1620	1087
<b>Be</b>	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<b>Ca</b>	1.15	0.84	0.41	0.72	0.81	0.25	0.77	1.54	1.63
<b>Cr</b>	58	81	127	10	10	10	10	41	133
<b>Li</b>	14	10	10	20	37	10	10	15	10
<b>Mg</b>	0.16	0.13	0.09	0.24	0.18	0.08	0.07	0.11	0.35
<b>Mn</b>	321	229	327	894	791	274	281	208	351
<b>Ni</b>	5	5	8	11	24	6	5	5	7
<b>Sc</b>	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<b>V</b>	8	17	5	15	11	5	7	5	20
<b>Zn</b>	26	22	471	136	51	44	101	17	64
<b>Co</b>	1.7	1.7	0.5	2.2	1.7	0.5	0.5	1.4	3.6
<b>Ga</b>	16	16	16	18	18	20	16	18	16
<b>Ge</b>	2	1	2	2	2	2	1	1	1
<b>As</b>	24	31	5	5	5	5	5	5	5
<b>Mo</b>	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Cd</b>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5
<b>In</b>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
<b>Sn</b>	1	1	1	10	7	5	15	1	2
<b>Sb</b>	0.1	0.1	0.1	0.6	0.6	0.4	0.1	0.1	0.1
<b>Cs</b>	0.6	1.1	0.4	2.5	3.4	0.7	1	0.3	1.2
<b>W</b>	1	1	2	1	1	1	1	6	2
<b>Tl</b>	0.5	0.7	0.5	0.7	0.7	0.8	0.6	0.5	0.5

<b>Pb</b>	16	33	22	17	17	8	7	14	16
<b>Bi</b>	0.1	0.1	0.1	1.2	0.7	0.1	0.1	0.1	0.1
<b>Rb</b>	74	115	109	131	150	167	135	54.3	98.3
<b>Sr</b>	452	378	58	155	136	46	153	456	199
<b>Ba</b>	738	1597	798	635	572	603	1193	1620	1087
<b>Y</b>	9.9	24.8	15.7	10.8	14.4	56.6	8.9	8.2	30.6
<b>Zr</b>	276	289	126	77.3	59.2	256	254	111	213
<b>Hf</b>	2	5	4	2	2	8	7	2	5
<b>Nb</b>	7	11	10	10	12	15	2	6	12
<b>Ta</b>	1.3	2.4	0.7	0.8	1.3	1.1	0.5	0.5	0.7
<b>Th</b>	13.5	11.1	3.5	11.9	16.7	24	17.4	4.1	6.9
<b>U</b>	0.81	0.89	0.85	0.99	1	1.98	1.13	1.04	2.12
<b>La</b>	28.6	40.7	28.3	22.6	18.5	59.2	48.1	24.4	69.7
<b>Ce</b>	53.5	79.6	61.7	45.9	37	133	122	42.4	126
<b>Nd</b>	20.1	31.5	17.6	15.3	12.8	50.5	31	14.9	42.9
<b>Pr</b>	5.54	8.46	5.33	4.7	3.82	14.3	9.6	4.57	12.7
<b>Sm</b>	3.7	6.4	3	3	2.7	10	4.8	2.3	7.3
<b>Eu</b>	0.78	1.11	0.5	0.58	0.53	0.72	1.2	0.9	1.18
<b>Gd</b>	2.76	6.31	2.29	2.64	2.58	9.6	3.3	1.59	5.52
<b>Dy</b>	2.01	5.64	2.54	2.13	2.57	9.86	2.13	1.3	5.24
<b>Tb</b>	0.37	1.09	0.34	0.41	0.42	1.62	0.47	0.25	0.82
<b>Ho</b>	0.37	1.02	0.55	0.43	0.53	2.12	0.44	0.28	1.06
<b>Er</b>	1.12	2.85	1.71	1.19	1.63	6.32	1.09	0.74	3.04
<b>Tm</b>	0.15	0.4	0.21	0.18	0.25	0.99	0.18	0.12	0.39
<b>Yb</b>	1	2.3	1.9	1.1	1.5	5.6	1	0.8	3
<b>Lu</b>	0.15	0.47	0.29	0.17	0.21	0.81	0.16	0.16	0.47
<b>REE</b>	120	187.85	126.26	100.33	85.04	304.64	225.47	94.71	279.32
<b>(La/Yb)<i>n</i></b>	20.52	12.69	10.68	14.74	8.85	7.58	34.51	21.88	16.67
<b>(Eu/Eu*)<i>n</i></b>	1.39	1.89	1.78	1.62	1.64	4.5	1.14	1.6	0.73
<b>Sr/Y</b>	45.65	15.24	3.69	14.35	9.44	0.81	17.19	55.60	6.50

Үргэлжлэл

	TR-20-12	TR-20-05	TR-19-24	TR-19-25	TR-20-05	TR-21-5	TR-21-4-3	TR-21-19-b	TR-21-21
<b>SiO<sub>2</sub></b>	71.53	68.73	68.72	68.69	68.04	49.2	48.61	48.57	47.55
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.36	0.41	0.49	0.49	0.38	0.81	1.27	0.69	1.19
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	14.24	13.75	14.77	15.26	13.42	16.34	17.4	15.44	15.93
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	2.74	5.28	3.69	3.6	5.45	9.01	10.96	10.95	8.97
<b>Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub></b>	0.04	0.08	0.08	0.07	0.1	0.16	0.2	0.19	0.16
<b>MgO</b>	0.78	1.66	1.26	1.26	1.7	8.24	6.43	6.84	8.78
<b>CaO</b>	1.09	5.58	3.14	3.25	5.88	9.99	9.39	11.37	9.27
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	3.81	2.85	4.15	4.27	2.65	1.88	2.59	2.87	2.18
<b>K<sub>2</sub>O</b>	4.41	0.66	2.95	2.89	0.54	1.55	1.31	0.87	1.5

<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.11	0.1	0.14	0.14	0.1	0.12	0.26	0.13	0.22
<b>SO<sub>3</sub></b>	0.03	0.01	0.01	0.01	0.09	0.06	0.01	0.02	0.02
<b>LOI</b>	1.09	0.7	0.32	0.41	0.64	2.15	1.87	1.03	2.2
<b>SUM</b>	99.14	99.11	99.4	99.93	98.35	97.36	98.43	97.94	95.77
<b>Al</b>	7.28	6.49	7.31	7.12	7.11	9.09	9.57	8.21	8.39
<b>Ba</b>	1796	154	1040	1108	150	259	440	115	284
<b>Be</b>	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<b>Ca</b>	0.96	3.9	1.91	1.87	4.4	7.18	6.73	7.42	5.98
<b>Cr</b>	109	130	49	53	13	328	130	292	197
<b>Li</b>	10	10	14	13	10	16	12	10	12
<b>Mg</b>	0.41	0.86	0.67	0.64	1.01	4.72	3.68	4.03	5.12
<b>Mn</b>	366	647	528	512	751	1086	1282	1112	943
<b>Ni</b>	10	10	5	5	5	25	14	75	84
<b>Sc</b>	5	16	8	9	17	34	33	5	40
<b>V</b>	21	91	63	60	108	183	268	226	164
<b>Zn</b>	47	45	24	18	53	54	95	87	57
<b>Co</b>	3.7	10.6	7.9	7.5	11.2	40.2	36.1	2.4	42.8
<b>Ga</b>	15	14	16	16	15	16	19	15	16
<b>Ge</b>	1	1	1	1	2	1	1	1	2
<b>As</b>	5	5	5	5	5	9	5	5	5
<b>Mo</b>	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Cd</b>	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
<b>In</b>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
<b>Sn</b>	1	1	1	1	16	1	1	1	1
<b>Sb</b>	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.3	0.1	0.1
<b>Cs</b>	0.4	0.1	1.2	0.9	0.2	1	0.6	0.2	0.4
<b>W</b>	1	1	1	1	1	12	12	1	1
<b>Tl</b>	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
<b>Pb</b>	11	8	10	7	5	11	5	18	11
<b>Bi</b>	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.5	0.2	0.4
<b>Rb</b>	62.2	11.4	79.3	73.1	7.1	42.8	30.3	52.9	17.6
<b>Sr</b>	335	263	451	447	280	450	453	149	398
<b>Ba</b>	1796	154	1040	1108	150	259	440	115	284
<b>Y</b>	10	18.8	10.4	10.7	17.2	16.4	20.3	13.8	20.1
<b>Zr</b>	161	131	210	116	152	187	123	156	42.9
<b>Hf</b>	4	3	2	3	3	3	2	4	1
<b>Nb</b>	6	5	3	3	4	3	2	6	2
<b>Ta</b>	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
<b>Th</b>	2.6	2.6	5.6	5	6.6	2.2	1.4	6	3.8
<b>U</b>	0.49	0.37	0.79	0.86	0.22	0.68	0.39	0.67	0.72
<b>La</b>	33.9	14.8	21.2	21	15.2	10.9	9.4	27.5	7.6
<b>Ce</b>	84	39.3	40	39.9	39.1	23.2	20.8	50.3	16.3
<b>Nd</b>	19.5	16.7	15.7	16.4	15.8	13.2	14	19.6	10.8
<b>Pr</b>	5.85	4	4.61	4.54	4.18	3.06	3.08	5.64	2.42



<b>Sm</b>	3.3	3.9	2.6	2.8	3.5	3.5	3.6	3.3	2.7
<b>Eu</b>	1.17	0.84	0.94	1.04	0.74	1.08	1.44	1.13	0.94
<b>Gd</b>	2.34	3.2	2.34	2.42	3.32	3.14	3.82	2.45	3.05
<b>Dy</b>	2.22	3.44	2.25	2.32	3.06	3.16	3.72	2.27	3.32
<b>Tb</b>	0.3	0.47	0.36	0.37	0.51	0.57	0.67	0.4	0.54
<b>Ho</b>	0.36	0.66	0.46	0.47	0.66	0.64	0.81	0.48	0.71
<b>Er</b>	1.13	2.07	1.43	1.47	1.78	1.8	2.16	1.31	2.2
<b>Tm</b>	0.12	0.29	0.22	0.23	0.31	0.29	0.39	0.26	0.36
<b>Yb</b>	1	2.1	1.2	1.3	1.9	1.5	1.9	1.5	1.9
<b>Lu</b>	0.14	0.35	0.16	0.17	0.29	0.26	0.36	0.27	0.31
<b>REE</b>	155.3	92.12	93.47	94.43	90.35	66.3	66.15	116.41	53.15
<b>(La/Yb)<i>n</i></b>	24.32	5.05	12.67	11.59	5.74	5.21	3.55	13.15	2.87
<b>(Eu/Eu*)<i>n</i></b>	0.81	1.41	0.87	0.83	1.52	1.02	0.84	0.85	1
<b>Sr/Y</b>	33.5	13.96	43.36	41.77	16.27	27.43	22.37	10.71	19.1

Үргэлжлэл

	TR-19-22	TR-19-21	TR-22-09	TR-19-23	TR-20-18	TR-20-21	TR-22-12	TR-20-10	TR-20-03
<b>SiO<sub>2</sub></b>	46.56	46.38	45.12	44.82	63.1	61.9	61.77	57.94	57.82
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.33	0.36	1.25	0.85	0.52	0.61	0.61	0.65	0.36
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	22.95	25.95	17.31	27.4	18.37	16.14	16.46	18.74	15.05
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	6.8	4.64	9.29	7.97	2.22	5.13	5.73	5.48	9.07
<b>Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub></b>	0.09	0.07	0.17	0.06	0.03	0.09	0.13	0.09	0.14
<b>MgO</b>	8.65	3.66	9.64	1.3	1.32	2.35	2.4	2.8	4.91
<b>CaO</b>	12.14	16.34	11.88	14.37	6.14	4.52	4.87	5.91	8.92
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	1.61	1.34	1.58	1.97	5.76	3.99	3.57	4.39	2.16
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0.28	0.32	0.38	0.24	0.9	2.51	2.35	1.65	0.65
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.09	0.03	0.12	0.08	0.25	0.14	0.16	0.2	0.05
<b>SO<sub>3</sub></b>	0.04	0.01	0.09	0.11	0.01	0.01	0.12	0.01	0.01
<b>LOI</b>	0.85	1.31	3.28	0.68	0.91	1.25	1.42	1.81	0.6
<b>SUM</b>	99.54	99.1	96.83	99.17	98.62	97.39	98.17	97.86	99.14
<b>Al</b>	11.19	12.99	9.06	13.23	9.29	7.95	9.12	9.45	8.63
<b>Ba</b>	155	82	102	103	224	1043	906	708	140
<b>Be</b>	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<b>Ca</b>	7.4	10.17	8.28	8.63	4.48	3.24	3.83	4.27	7.4
<b>Cr</b>	157	263	250	131	103	104	59	45	122
<b>Li</b>	10	10	18	10	10	10	18	10	10
<b>Mg</b>	4.45	1.9	5.17	0.66	0.72	1.31	1.44	1.61	3.21
<b>Mn</b>	670	514	1208	417	239	745	959	752	1238
<b>Ni</b>	63	5	104	5	24	13	53	12	28
<b>Sc</b>	11	34	32	11	7	11	12	12	36
<b>V</b>	69	130	192	323	51	94	117	106	233

<b>Zn</b>	35	33	86	29	34	70	90	69	84
<b>Co</b>	46.1	13.5	42.4	20.7	3.4	12.1	15.2	17.3	28.4
<b>Ga</b>	15	16	17	21	22	18	20	20	15
<b>Ge</b>	1	1	2	1	1	1	1	1	2
<b>As</b>	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<b>Mo</b>	2	2	4	2	2	2	8	2	2
<b>Cd</b>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4
<b>In</b>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
<b>Sn</b>	1	1	5	1	1	1	3	1	1
<b>Sb</b>	0.1	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
<b>Cs</b>	0.6	0.6	1	0.3	1	0.7	1.5	0.4	0.1
<b>W</b>	30	1	43	51	1	1	1	1	1
<b>Tl</b>	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
<b>Pb</b>	5	5	5	8	21	13	5	17	49
<b>Bi</b>	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
<b>Rb</b>	6.7	13	13.1	7.1	20.9	47.4	89.4	44	5.2
<b>Sr</b>	826	1077	455	1102	1084	561	559	746	280
<b>Ba</b>	155	82	102	103	224	1043	906	708	140
<b>Y</b>	4.3	3.9	20	3.3	16.3	15.8	20	15.5	12.6
<b>Zr</b>	299	36.2	108	332	176	180	130	143	91.6
<b>Hf</b>	1	1	2	1	4	5	3	3	2
<b>Nb</b>	1	1	1	1	11	4	5	4	4
<b>Ta</b>	0.5	0.5	0.5	0.5	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5
<b>Th</b>	0.9	0.4	7.4	1	4.1	0.9	7.2	1.1	1.6
<b>U</b>	0.15	0.21	0.14	0.06	2.17	0.67	1.55	0.25	0.57
<b>La</b>	4.9	1.9	6.1	4.4	47.8	24.8	17.7	16.6	10.6
<b>Ce</b>	10	4.6	17.4	9.5	100	48.1	41	35.9	20.9
<b>Nd</b>	5.5	3.5	11.7	4.7	42.2	21.9	21.2	17.9	10.1
<b>Pr</b>	1.33	0.73	2.54	1.18	11.2	5.54	5.3	4.21	2.55
<b>Sm</b>	1.1	0.9	3.3	1	7.3	4.1	4	3.8	2.4
<b>Eu</b>	0.52	0.44	1.03	0.53	1.64	1.18	1.39	1.34	0.65
<b>Gd</b>	1.17	0.98	4.06	0.93	4.59	3.43	4.1	3.1	2.39
<b>Dy</b>	1.04	0.98	3.78	0.82	3.34	2.73	3.62	2.84	2.16
<b>Tb</b>	0.16	0.15	0.62	0.13	0.54	0.44	0.64	0.43	0.33
<b>Ho</b>	0.2	0.18	0.83	0.15	0.56	0.54	0.78	0.56	0.45
<b>Er</b>	0.62	0.52	2.24	0.41	1.59	1.68	2.1	1.55	1.32
<b>Tm</b>	0.09	0.07	0.32	0.06	0.18	0.17	0.32	0.18	0.19
<b>Yb</b>	0.5	0.4	1.9	0.3	1.6	1.6	2	1.7	1.5
<b>Lu</b>	0.05	0.05	0.27	0.05	0.24	0.26	0.3	0.23	0.25
<b>REE</b>	27.18	15.4	56.09	24.16	222.78	116.47	104.45	90.34	55.79
<b>(La/Yb)<i>n</i></b>	7.03	3.4	2.3	10.52	21.43	11.12	6.35	7	5.07
<b>(Eu/Eu*)<i>n</i></b>	0.71	0.71	1.16	0.6	1.23	1.06	0.96	0.86	1.21
<b>Sr/Y</b>	192	276.1	22.7	333.9	66.5	35.5	27.9	48.1	22.2

Үргэлжлэл

	TR-19-08	TR-22-07	TR-21-9	TR-20-27	TR-22-20	TR-20-27	TR-20-37	TR-20-36	L18M84IV	TR-19-06
<b>SiO<sub>2</sub></b>	53.06	53.03	52.24	47.6	79.51	47.6	75.43	68.75	68.4	72.74
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.94	0.89	1.15	1.58	0.06	1.58	0.11	0.09	0.4	0.22
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	18.14	16.8	18.12	17.24	10.57	17.24	12.76	16.4	15.4	15
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	9.55	8.21	9.69	9.34	0.68	9.34	1.01	0.83	1.9	1.84
<b>Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub></b>	0.14	0.16	0.17	0.16	0.03	0.16	0.03	0.04	0.1	0.06
<b>MgO</b>	3.83	5.52	4.37	6.77	0.14	6.77	0.12	0.24	1.4	0.42
<b>CaO</b>	6.72	9.17	8.43	10.38	0.64	10.38	0.39	1.1	3.4	2.28
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	4.28	2.63	3.34	3.3	2.76	3.3	3.71	3.83	3.6	4.44
<b>K<sub>2</sub>O</b>	1.32	1.48	1	0.71	4.11	0.71	4.98	6.42	3.2	2.83
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.27	0.12	0.45	0.3	0.01	0.3	0.02	0.04	0.1	0.07
<b>SO<sub>3</sub></b>	0.02	0.1	0.03	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02		0.01
<b>LOI</b>	2.07	1.56	1.2	1.36	0.35	1.36	0.41	0.59	0.6	0.45
<b>SUM</b>	98.27	98.11	98.99	97.39	98.53	97.39	98.58	97.76	97.8	99.91
<b>Al</b>	8.74	8.79	9.67	9.06	5.66	9.06	7.1	8.4		7.44
<b>Ba</b>	793	267	663	257	302	257	398	4131	1128.5	1005
<b>Be</b>	5	5	5	5	5	5	5	5		5
<b>Ca</b>	4.2	6.47	6.15	8.05	0.59	8.05	0.42	0.88		1.45
<b>Cr</b>	27	51	92	224	10	224	93	67		81
<b>Li</b>	12	12	11	10	28	10	10	10		21
<b>Mg</b>	2.25	3.11	2.58	4.06	0.05	4.06	0.04	0.12		0.24
<b>Mn</b>	1005	1123	1116	1343	230	1343	223	313		427
<b>Ni</b>	24	18	5	52	14	52	9	13		5
<b>Sc</b>	21	32	27	37	5	37	5	5	6.13	5
<b>V</b>	226	182	224	173	6	173	5	5		14
<b>Zn</b>	92	207	64	96	23	96	28	161		39
<b>Co</b>	26.1	34.2	24.5	29.9	0.7	29.9	0.5	0.7		2.3
<b>Ga</b>	20	17	22	21	14	21	17	15	15.9	17
<b>Ge</b>	1	2	1	2	1	2	2	1	1.6	2
<b>As</b>	20	5	5	5	5	5	5	5		16
<b>Mo</b>	2	2	2	2	2	2	2	2		2
<b>Cd</b>	0.2	0.2	0.2	0.2	1.4	0.2	0.2	0.3		0.2
<b>In</b>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2		0.2
<b>Sn</b>	1	7	1	1	5	1	1	1		1
<b>Sb</b>	0.1	0.5	0.1	0.1	1.4	0.1	0.1	0.1		0.1
<b>Cs</b>	1.1	0.7	0.4	0.3	3.6	0.3	0.4	0.9	10.38	0.9
<b>W</b>	1	1	10	1	1	1	2	1		50
<b>Tl</b>	0.5	0.5	0.5	0.5	1.2	0.5	0.8	0.7		0.5
<b>Pb</b>	8	5	5	5	25	5	64	46	16.15	14
<b>Bi</b>	0.1	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1		0.1
<b>Rb</b>	37.1	39.5	30	12.4	215	12.4	137	123	77.06	66.7
<b>Sr</b>	1071	505	1150	710	113	710	42	405	436.6	507

<b>Ba</b>	793	267	663	257	302	257	398	4131	1128	1005
<b>Y</b>	10.2	16.4	15.7	35.4	2.8	35.4	27	9.7	12.8	9.8
<b>Zr</b>	69.7	95.7	74.8	208	55.5	208	124	44.5	39.8	140
<b>Hf</b>	1	3	1	5	2	5	5	1	1.59	2
<b>Nb</b>	2	3	2	5	4	5	10	4	6.73	7
<b>Ta</b>	0.6	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.58	0.9
<b>Th</b>	1.2	16.8	0.8	0.1	18.9	0.1	5.1	2.2	15.9	5.7
<b>U</b>	0.2	0.59	0.25	0.07	1.74	0.07	0.93	1.04	1.33	0.56
<b>La</b>	11.1	11.9	12.1	21.6	23.5	21.6	35.9	26	27.8	34.3
<b>Ce</b>	22.6	27.5	24.7	55	33	55	69.4	48.5	53.6	65.1
<b>Nd</b>	11.9	14.3	15.2	33.7	7.8	33.7	25.1	17.4	20.1	21.9
<b>Pr</b>	2.74	3.36	3.22	7.6	2.77	7.6	7.36	5.02	5.81	6.35
<b>Sm</b>	2.7	3.6	3.2	8.3	1	8.3	5.1	3	3.25	3.2
<b>Eu</b>	1.08	1.06	1.1	2.66	0.27	2.66	0.38	1.72	0.83	0.91
<b>Gd</b>	2.53	3.82	2.88	7.82	0.87	7.82	4.56	1.94	2.86	2.82
<b>Dy</b>	2.12	3.25	2.83	6.85	0.47	6.85	4.77	1.72	2.20	2.05
<b>Tb</b>	0.41	0.57	0.38	1.14	0.09	1.14	0.67	0.24	0.39	0.42
<b>Ho</b>	0.42	0.68	0.48	1.37	0.1	1.37	0.93	0.31	0.44	0.36
<b>Er</b>	1.19	1.9	1.42	3.69	0.31	3.69	2.9	0.88	1.28	1.07
<b>Tm</b>	0.16	0.26	0.14	0.46	0.05	0.46	0.38	0.11	0.19	0.14
<b>Yb</b>	1.1	1.5	1.2	3.4	0.2	3.4	2.8	1.1	1.30	0.8
<b>Lu</b>	0.18	0.24	0.12	0.54	0.05	0.54	0.42	0.14	0.20	0.25
<b>REE</b>	60.23	73.94	68.97	154.13	70.48	154.13	160.67	108.0	120.	139.6
<b>(La/Yb)<i>n</i></b>	7.24	5.69	7.23	4.55	84.31	4.55	9.2	16.96	15.3	30.76
<b>(Eu/Eu*)<i>n</i></b>	0.8	1.15	0.91	1	1.15	1	4.23	0.48	1.22	1.1
<b>Sr/Y</b>	105	30.79	73.24	20.05	40.35	20.05	1.5	41.75	33.95	51.734

Хүснэгт. 2

### 3.3. ТЭС БҮРДЛИЙН ГЕОЛОГИ, ГЕОХИМИ БОЛОН ГЕОХРОНОЛОГИЙН СУДАЛГАА

Тэс бүрдлийн гүний чулуулгийг анх 1963 онд В.А.Амантов, Б.Лувсанданзан нар Баруун Хойд Монголын хэмжээнд тархсан ягаан өнгийн шүлтлэгдүү лейкократ гранитыг түрүү-дунд девоны настай Тэс бүрдэл гэж ялгасан байна.

В.А.Благонравов, Е.Е.Федоров нар (1966) Идэрийн бүсэд Нөмрөг бүрдэл нэрээр ялгасан гүний чулуулгийн найрлага нь Тэс бүрдэлтэй адил гэжээ. Үүнээс хойш судлаачид энэ 2 нэрийг зэрэгцүүлэн хэрэглэж ирсэн байна.



Судалгааны талбайн ойр орчимд хийгдсэн геологийн судалгааны ажлуудаас үзэхэд тус бүрдлийн чулуулгийг В.А. Амантов (1966), Д.Даваасамбуу (1976), Д.Тогтох (1977) нар Тэс бүрдэлд 2-4 фаз, В.А.Благонравов (1966), Е.Е.Феодоров, Ё.Батчулуун (1977), Д.Чулуунбат (1977) нар Нөмрөг бүрдэлд 2 фаз тус тус ялгасан байдаг. Д.Тогтох, З.Гансүх нар (1977) түрүү-дунд девоны настай Тэс бүрдлийг 3 фаз-д ялгажээ. Үүнд: 1-р фаз: том мөхлөг, шигтгээлэг биотитот гранит, 2-р фаз: дунд мөхлөгт, лейкократ ба биотитот гранит, граносиенит, кварцат сиенит, 3-р фаз: жижиг ширхэгт, лейкократ ба биотитот гранит юм. 3-р фазын гранит ксеноморф хэлбэртэй хар кварцтай байдаг ба 2-р фазын гранит нь Хойд Монголын девоны настай аляскит-гранитын формацын чулуулагтай ижил байдаг байна. Ер нь баруун-хойд Монголд тархаж буй девоны гранит нь хар-саарал, хар өнгийн ксеноморф болон хар кварцтай байдаг бөгөөд энэ нь петрографийн гол онцлог шинж нь болдог байна.

2002 онд Д.Доржнамжаа нар Сонгино-Тарвагатайн бүсийн хэмжээнд тус гүний чулуулгийг дунд-хожуу девоны Тэс бүрдэлд хамааруулан дээрх 3 фазаар ялгажээ. Энэ бүрдлийн гүний чулуулгийн голлох онцлог нь нэг талаас ан цавшилтанд хүчтэй өртсөн, нөгөө талаас микроклинжих, гематитжих, цахиржих процессын нөлөөнд хүчтэй автсан байх ба пермийн эх газрын үе шатанд идэвхэжсэн вулканизм болон шүлтлэг гранитын гүний нэвчилтийн хүчтэй нэрвэгдсэн байдаг гэж үзжээ А.Х.Ивановым (1953), В.А.Амантов, Б.Лувсанданзан, Р.А.Хасин (1966), И.Н.Лукьянов, В.В.Беззубцев (1959), Э.Рутковский (1964), В.А.Благонравов, Е.Е.Феодоров (1970), В.И.Гольденберг, А.В.Ильин, А.С.Павленко, Р.М.Яшин зэрэг олон судлаачид судалжээ (Геология МНР. Том II. 1973).

Тархалтын хувьд Тэс бүрдлийн гүний чулуулаг нь Идэр, Жинст болон Сонгино-Тарвагатайн бүс, Тува Монголын массивын урд хэсгээр өргөн тархалттай бөгөөд бидний судалгааны талбайн өмнөд хэсгээр баруун урдаас зүүн хойш чигтэй сунасан структурыг үүсгэн тархана (Зураг 30).

Тарвагатайн өргөгдлийн хэмжээнд Тэс бүрдлийн гэж зурагласан гүний чулуулаг нь баруун урдаас зүүн-хойш чигтэй тектоник хагарал болон бусад насны хурдас чулуулгаар тусгаарлагдсан янз бүрийн хэлбэр хэмжээтэй массив, бүлэг биетүүдийг үүсгэх бөгөөд ерөнхий гаршийн хувьд сайн, гадаргууд гарч ирсэн хадан цохионууд нь гудас дэр маягийн хэсэгшил үүсгэдэг нь бусад бүрдлийн чулуулгаас ялгарах онцлог

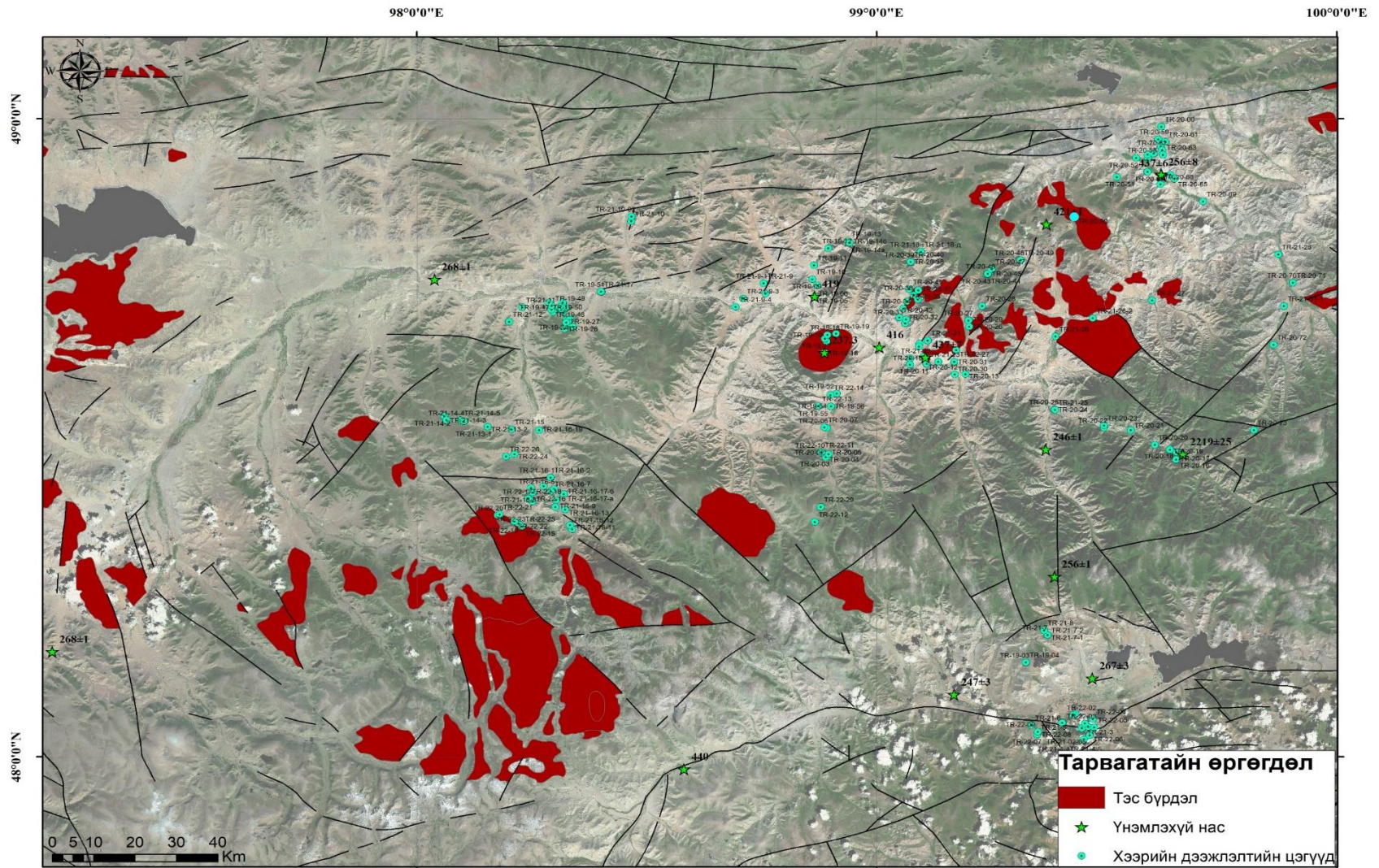
шинж нь юм. Тус өргөгдлийн хэмжээнд Тэс бүрдлийн I-р фазын улаан ягаан, цайвар ягаан өнгийн дунд-том мөхлөгт шүлтлэгдүү гранит голлон тархана.

Агаарын гэрэл зурагт цайвар-саарал өнгийн барсгар гадаргуутай ажиглагдах нь бусад насны хурдас чулуулгаас сайн ялгардаг. Чулуулгийн гарш нь гадаргуугийн элэгдэлд орж мөлгөр гадаргуутай болсон (Зураг 31.) байх ба зарим газруудад гудас дэр маягийн хэсэгшил (Зураг 32.) бүхий 5-7м, хааяа 10-15м орчим өндөртэй хадан цохионууд (Зураг 33.) үүсгэх байдлаар уулсын хяр, гуу жалгаар, харин уулсын ар, өвөр бэл, хормойгоор ихэнхдээ элювийн томоохон бул чулуу бүхий асгадсаар илэрдэг. Ерөнхийдөө бүрдлийн гүний чулуулаг нь намхавтар уулс, гүвээ толгодыг үүсгэдэг онцлогтой.

Тус бүрдлийн шүлтлэг лейкогранитын Шар ус гол бүрдлийн гүний чулуулгаар зүсэгдэж, түрүү ордовикийн Тэлмэн, дунд-хожуу кембрийн Шинэ-Идэр бүрдлийн гүний чулуулгуудыг тус тус зүссэн хил заагийн харьцаа үүсгэнэ. Хил заагийн гадаад зурваст Шар ус гол бүрдлийн шүлтлэгдүү лейкогранитын ширхгийн хэмжээ жижгэрснээс өөр онцын хувирал өөрчлөлт ажиглагддаггүй.

Тэс бүрдлийн гүний чулуулгийг найрлага, петрографи, харилцан байршил, үүссэн дэс дараалал, өөр хоорондын зүссэн зүсэгдсэн хил заагийн харьцаанд үндэслэн дараах хоёр фазын чулуулгаар нь авч үзсэн. Ингээд фаз тус бүрийн тархалт, найрлага, хил заагийн харьцаа, хувирал өөрчлөлтийг дурдвал;

1-р фаз: Энэ фазын гүний чулуулаг нь цайвар-саарал өнгийн, том ширхэгтэй, хар кварцат, хоёр хээрийн жоншит порфир маягийн биотитот гранит багаар өөр хоорондоо аажим шилжилттэй сиенит, кварцат сиенитээс тогтоно. Ерөнхий гаршийн хувьд сайн, гадаргууд гарч ирсэн хадан цохионууд нь гудас, дэр маягийн хэлбэр үүсгэдэг нь бусад насны гүний чулуулгаас ялгарах онцлог шинж нь юм.



Зураг 30. Тарвагатайн өргөгдөлд тархалттай Тэс бүрдлийн гранитоид магматизмын тархалтын зураг



Судалгааны талбайн өмнөд хэсэгт батолит, шток маягийн биетүүдээр өөрийн насны болон хожуу фазын гүний чулуулгуудтай хамт томоохон хэмжээний массивыг үүсгэнэ. Тухайн гүний чулуулгууд нь голоцены сэвсгэр хурдас, дээд плейстоцен-голоцены делюви-пролювийн хурдсаар хучигдаж, түрүү ордовикийн Тэлмэн, дунд-хожуу кембрийн Шинэ-Идэр бүрдлийн гүний чулуулгийг зүсэх буюу зарим газартаа тектоник хагарлаар хиллэнэ. Мөн Шар ус гол бүрдлийн хожуу фазын гүний чулуулгаар зүсэгдсэн хил заагийн шугам нь тэгш долгиолог, заримдаа апофизлэг байна. Дотоод ба гадаад хил заагийн зурваст хувирал өөрчлөлт төдийлөн ажиглагддаггүй.

2-р фаз: Судалгааны талбайд мөн өмнөд хэсгээр дөрөвдөгчийн сэвсгэр хурдсаар тусгаарлагдсан янз бүрийн хэлбэр хэмжээтэй хэд хэдэн жижиг биетүүдийг үүсгэсэн байдаг. Уг фазын гүний чулуулаг нь ягаан-саарал өнгийн дунд-том ширхэгтэй сул шүлтлэг лейкогранитаас тогтоно.



*Зураг 31. Тэс бүрдлийн Цахиртын массив ба гадаргуугийн элэгдэлд орж мөлгөөр гадаргуутай болсон гаршийн зураг*





Зураг 32. Намхаавтар уулс, гүвээ толгод ба гудас дэр маягийн хэсэгшил бүхий гаршийн зураг



Зураг 33. Өндөр хадан цохио бүхий гаршийн зураг

**Насны үндэслэл:** Талбайн хэмжээнд тархаж буй уг гүний чулуулгийн насыг доорх үндэслэлд тулгуурлан авч үзлээ. Үүнд:

1. Насны дээд хязгаар нь Хануй группын вулканоген чулуулгаар хучигддаг. Вулканоген зузаалгийн ул суурийн туф хөрзөнд уг боржингийн хайрга агуулагдана. Энэ нь Гүнгэрваа ууланд хийгдсэн (М-47-123-В, А.Ц-1675) маршрутын судалгаагаар тогтоогдсон.

2. А.В.Ильин, В.А.Павлов, Р.М.Яшина, А.С.Павленко нарын судлаачид 1960-1970 онуудад Хөвсгөлийн дүүрэгт тархсан Тэс бүрдлийн боржинлогийн үнэмлэхүй насыг биотит-кали аргоны аргаар  $346 \pm 10$  -  $314 \pm 10$  сая жил, Нөмрөг, Тэлмэн нуурын орчмоос авсан сорьцын шинжилгээнд 280-295 сая жил, Идэрийн массиваас авсан сорьцонд 333

сая жил, Е.Е.Федоров (1760ф) нар Цахирт голын массивын гранитын үнэмлэхүй насыг кали-аргоноор 283 сая.жилээр тогтоосон байна. Өмнөх судлаачид эдгээр массивуудыг бүгдээрээ шүлтлэг, цахиурлаг метасамотоз өргөн хөгжсөн, удаан хөгжилтэй гүний хагарлуудын бүсэд оршдогоор энэ бүрдлийн чулуулгийн радиологийн насны залуужилтыг (Гранитойдные и щелочные формацы) тайлбарладаг байна.

Бид Тэс бүрдлийн Цахиртын массивын улаавтар ягаан, өнгийн дунд мөхлөгт шүлтлэгдүү гранит чулуулгийн геохронологийн судалгааг гүйцэтгэж, массивын үнэмлэхүй насыг лазераар нэвтлэх индукцийн хос плазмет масс спектрометр (LA-ICPMS)-ийн дэвшилтэд багажаар  $237 \pm 1$  сая жилээр тогтоосон

Бид Цахирт, Тосонгийн ам, Булжихын даваа, Хожуулын рашаан, Зөөлөнгийн давааны, Цагаан бургастын массивуудад хийгдсэн өөрсдийн судалгаа болон өмнөх судлаачдын судалгааны материал дээр үндэслэн талбайн хэмжээнд илэрсэн цайвар-саарал өнгийн том ширхэгтэй, хар кварц, хоёр хээрийн жоншит порфир маягийн биотитот гранит болон хааяа сиенит, кварцат сиенит, ягаан-саарал өнгийн, дунд-том ширхэгт, шигтгээлэг, сул шүлтлэг лейкогранит геологийн тогтоц структур, текстур, петрографи, петрохими, үүсэж хөгжсөн геодинамикийн орчин зэрэг онцлог шинжүүдийг харгалзан үзэж судалсан.

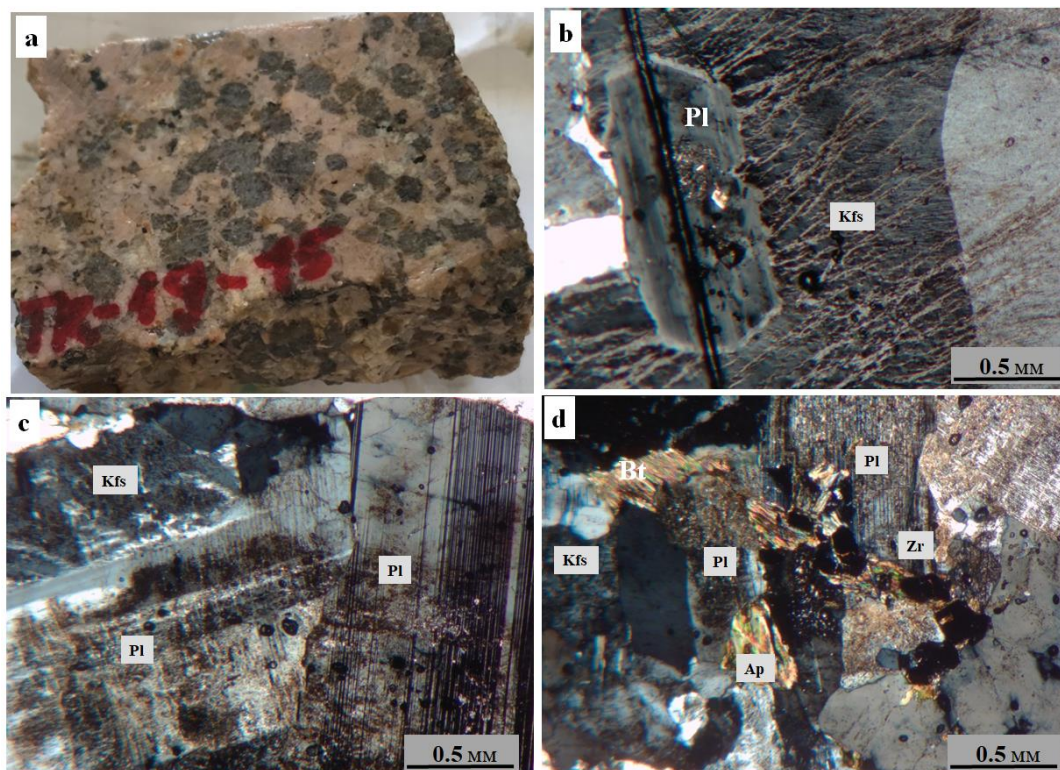
### ПЕТРОГРАФИЙН СУДАЛГАА

Шүлтлэг найрлагатай гранитоид чулуулгууд нь ягаавтар-саарал өнгийн, том-дунд мөхлөгтэй цул, порфирлог текстур бүхий гранит, граносиенит, монцогранитаас тогтоно.

**Дунд мөхлөгтэй биотитот шүлтлэг гранит нь** цайвар ягаавтар өнгөтэй, гипидиоморф мөхлөгт структуртай, цул нягт массив текстуртай, мөхлөгийн хэмжээ 0.01-3.5 мм ажиглагдана. Чулуулгийг гол бүрдүүлэгч эрдсээс К-хээрийн жонш 45-50%, плагиоклаз 15-20%, кварц 25-30%, өнгөт эрдэс биотит 5-10%, акцессор эрдсүүд нь апатит, циркон, сфен зэрэг эрдсээс тогтоно ([Зураг 34](#)). К-хээрийн жонш нь пелитээр өнгөц бохирдсон, хавтанлаг хэлбэртэй, тасалдсан зурваслаг хэлбэртэй альбитын бичил ургалтуудтай, карлсбад ихэрлэлттэй, мөхлөгийн хэмжээ нь 0.5-3.5 мм хүртэл хэмжээтэй. Калишпат плагиоклазыг түрж альбитын бичил хүрээ үүсгэсэн ажиглагдана. Плагиоклаз ( $\leq 1.2$  мм) призмлэг, пелитээр жигд бус бохирдсон, ялтаслаг серицитээр



түрэгдсэн, полисинтет ихэрлэлт тод илэрнэ, хоёрдогч эрдсүүдээс хэсэгчлэн түрэгдсэн байна. Полисинтет ихэрлэлттэй плагиоклазын хамгийн их унтралын өнцөг 7-9° ба олигоклаз  $And_{23-24}$  -ын найрлагад хамаарагдана. Кварц ( $\leq 3.25$  мм) өнгөгүй, долгиолог унтралтай, бичил ан цавшсан мөхлөгүүд үүсгэнэ. Кварц калишпат-пертит ба плагиоклазыг хэсэгчлэн коррозилж байна. Биотит ( $\leq 0.83$  мм) хуудсан, хавтанлаг хэлбэртэй, суналын дагуу шулуун унтралтай, цайвар шаргалаас улаан хүрэн өнгийн плеохроизмтай, цайвар ногоон хлоритоор хэсэгчлэн түрэгдэж, төмрийн услаг ислээр баяжсан байна. Биотиттой хамт апатит, сфен, циркон ба хүдрийн эрдэс тохиолдоно. Хүдрийн эрдэс (0.01- 0.25 мм) хар өнгөтэй, изометрлэг хэлбэртэй. Сфен (0.02 – 0.2 мм) хар хүрэн өнгөтэй, шовх оройтой ромбоэдр маягийн сунасан хэлбэртэй, хурц тод интерференцийн өнгөтэй ажиглагдана. Апатит (0.01- 0.08 мм) өнгөгүй, зүүлэг ба нарийн призм хэлбэртэй. Циркон (~0.01 мм) өнгөгүй, цацраг идэвхжилтийн бараан хүрээтэй. Чулуулгийн бичил ан цаваар төмрийн услаг ислүүд хөгжжээ .



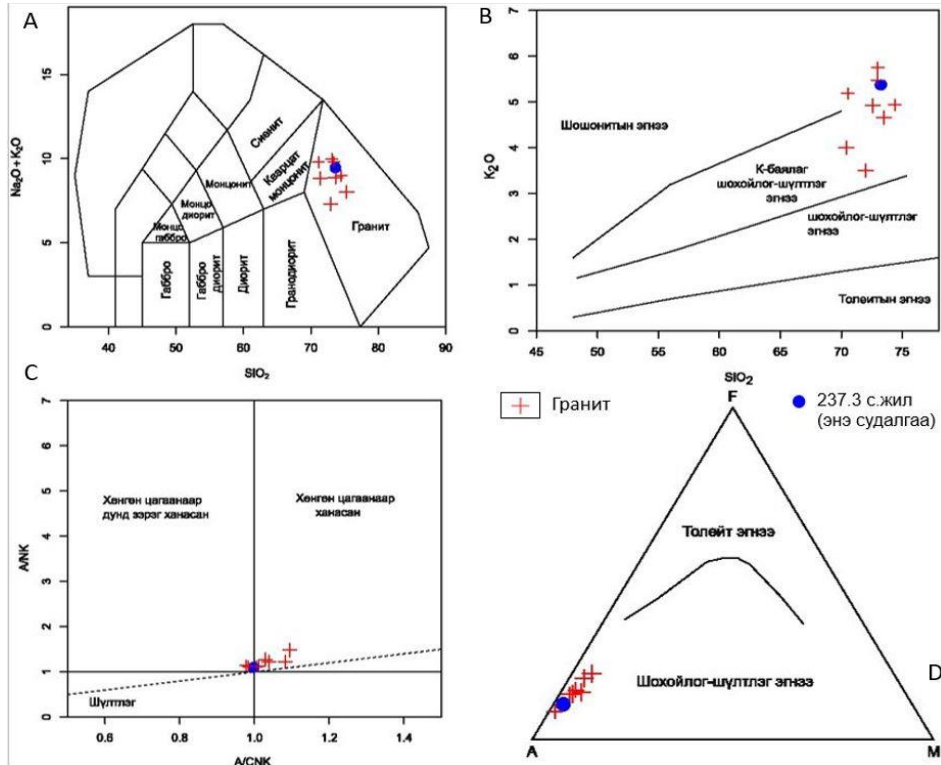
Зураг 34. а) Тэс бүрдлийн дунд мөхлөгтэй биотитот шүлтлэгдүү гранит. b ба c). Карлсбад ихэрлэлт, Kfs-калийн хээрийн жонш, Pl-плагиоклаз, d) биотитыг даган апатит, сфен, циркон ассоциаци үүсгэнэ. Өсгөлт 40 $\times$ .

## ГЕОХИМИЙН СУДАЛГАА

Чулуулгийн гол исэл, сарнимал болон газрын ховор элементүүдийн агуулгыг (Хүснэгт 4) -д тусгав. Тарвагатайн өргөгдөлд тархалттай Тэс бүрдлийн гранитоид чулуулгууд нь цахиурын ислийн агуулга өндөр (68.75%-75.43%), шүлтийн нийлбэр агуулга 8.69%-10.25% хүртэл хэлбэлзэх бөгөөд цахиурын ислийг шүлтийн нийлбэр исэлтэй харьцуулсан (Middlemost et al., 1994) ангиллын диаграмм дээр чулуулгууд шүлтлэгдүү гранитын шинжтэй байна (Зураг 35.A). Чулуулгууд  $\text{SiO}_2$  ба  $\text{K}_2\text{O}$ -ийн ислийн харьцуулсан диаграмм (Peccherillo and Taylor, 1976) дээр К-ийн өндөр агуулгатай, шохойлог-шүлтлэгээс шүлтлэг эгнээнд (Зураг 35.B), хөнгөн цагааны ханалтын индексийн  $\text{A}/\text{CNK}$ - $\text{A}/\text{NK}$  диаграмм дээр хөнгөн цагаанаар сулавтар ханасан, гранитоидын ангиллаар I төрөлд хамаарагдаж байна (Shand et al., 1943) (Зураг 35.C).

Судалгаанд хамаарагдсан гранитоидын цахиурын ислийн агуулгыг бусад гол ислүүдтэй хэрхэн хамааралтай байгааг Харкерийн диаграммаас харахад  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}^t$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ -д зэрэг элементийн ислүүд  $\text{SiO}_2$ -той урвуу, харин  $\text{K}_2\text{O}$  ба  $\text{Na}_2\text{O}$  эерэгдүү хамааралтай ба энэ нь магадгүй чулуулгууд суурилаг эрдсийн фракцжилттайг илтгэнэ.





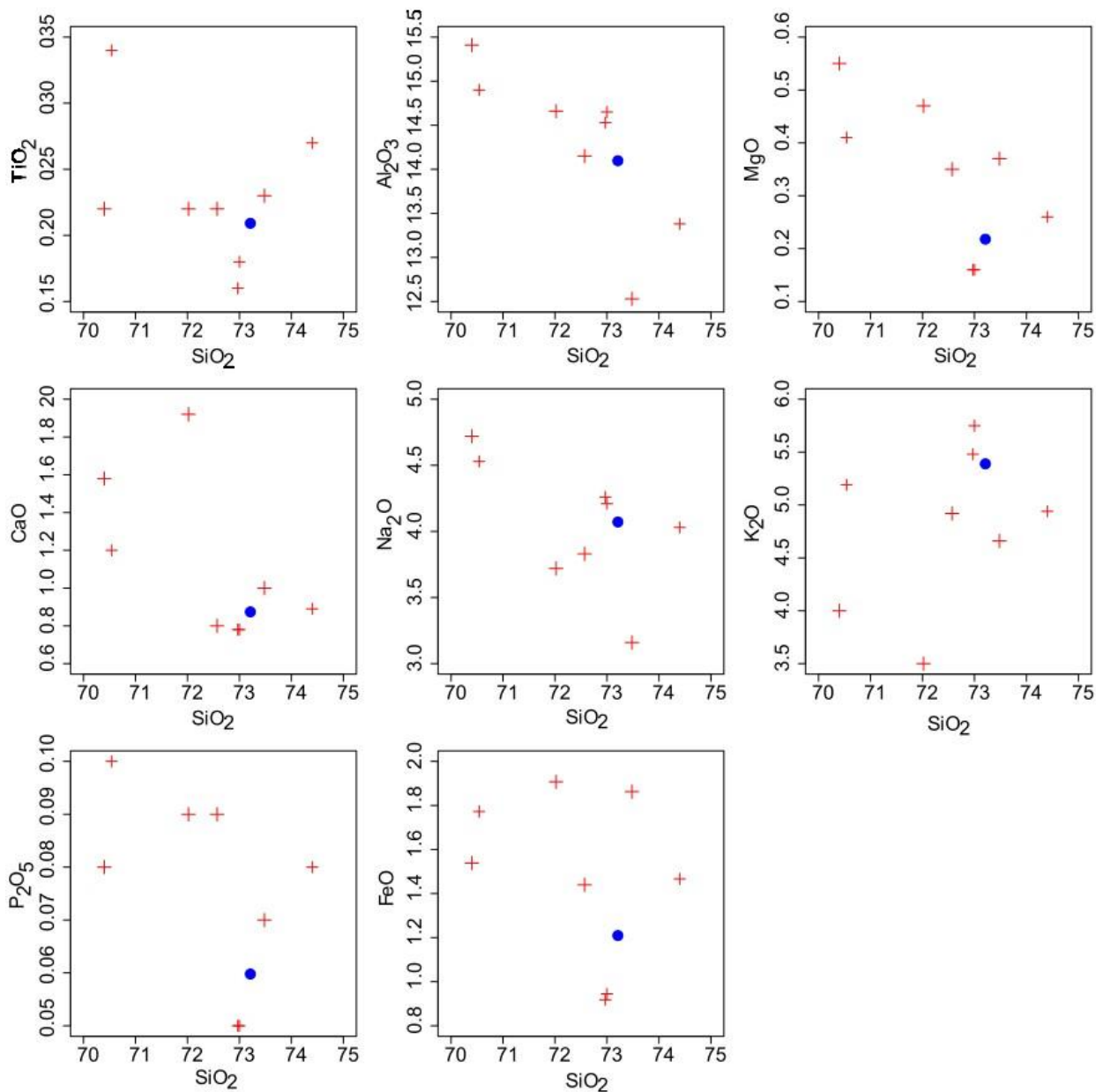
Зураг 35. A) Цахиурын исэл ( $\text{SiO}_2$ ) ба шүлтийн нийлбэр ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ) (Middlemost 1994), B: Цахиурын исэл ( $\text{SiO}_2$ ), кали исэл ( $\text{K}_2\text{O}$ )-ийн хамаарлын диаграмм (Rickwood 1989), C: Хөнгөн цагааны ханалтын индексийн  $\text{A/CNK}$ - $\text{A/NK}$  диаграмм (Peccherillo et al., 1976). D. AFM диаграмм (Irvine et al., 1971).

**Газрын ховор болон сарнимал элементүүд:**

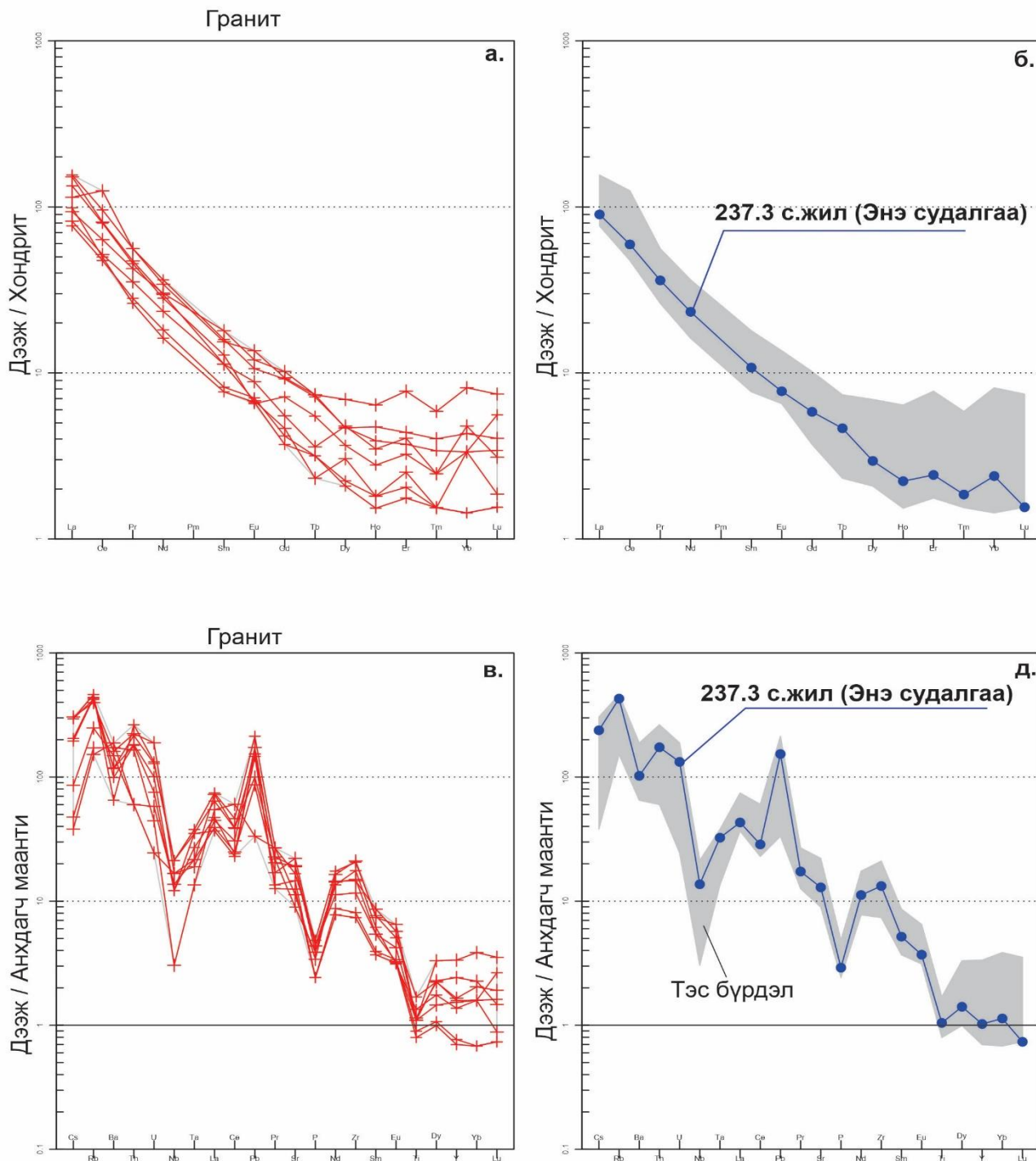
Чулуулгууд ГХЭ-ийн нийлбэр (88.35-164.39 г/т ба дундаж 119,72) агуулга өндөртэй, ХөгХЭ/ХүГХЭ-ийн харьцаа 16.23-54.21 хооронд хэлбэлзэж байна. Чулуулгийн ГХЭ-ийн агуулгыг хондритод нормчилсон агуулгатай диаграмм байгуулахад чулуулаг нь газрын ховор хөнгөн элементээр (ХөгХЭ) баяжсан, хүнд эгнээний элементээр (ХүГХЭ) ядуурсан төрхтэй ба Eu-ийн онцлог гажил өгөөгүй байна (Зураг 37.A).

Чулуулгийн сарнимал элементүүдийн агуулгыг анхдагч мантид нормчилсон (Sun, McDonough, 1989) спайдер диаграмм байгуулахад ионы радиус томтой (Rb, Ba Th, Pb) элементээр баяжсан, харин өндөр цэнэгтэй Nb, Ta P болон Ti зэрэг элементээр ядуурсан тархалтыг үзүүлнэ (Зураг 37.B). Гранитоидын үүссэн геодинамик орчинг тодруулах зорилгоор (Y+Nb)-Rb, Y-Nb, (Ta+Yb)-Rb ба Yb-Ta зэрэг элементүүдийн агуулгын хэмжээнд тулгуурлан дискриминацийн диаграммуудыг байгуулахад (Y+Nb)-

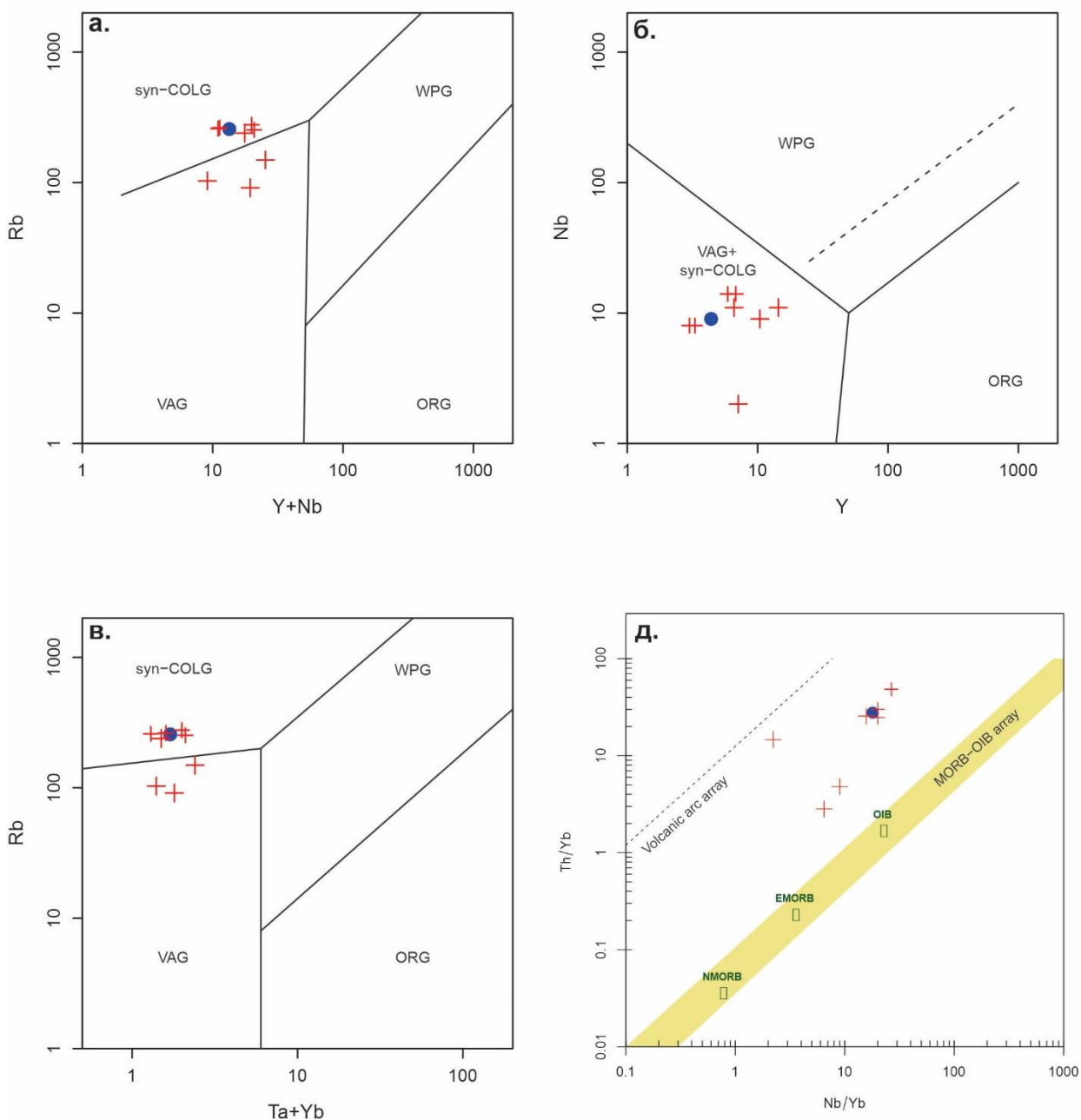
Rb, (Ta+Yb)-Rb -ийн диаграммуудад Их-Уул орчмын гранитын дээжүүд синколлизын, бусад дээжүүд магмын арлан нумын шинжийг харуулж байна (Зураг 38). Дээрх геохимийн үр дүнгээс дүгнэж үзэхэд Тэлмэн бүрдлийн гранодиорит нь ионы радиус томтой элементээр баяжсан, Sr/Y (26.66-87.87) харьцаа өндөртэй, Nb-Ta-ийн хосолсон бууралттай тархалт үзүүлсэн геохимийн онцлог ажиглагдана.



Зураг 36. Тэс бүрдлийн гранитоид чулуулгийн гол элементүүдийн Харкерийн диаграмм (Harker, 1909)



Зураг 37. а ба б) Гранитоид чулуулгийн газрын ховор элементийн тархалтыг хондритод нормчилсон диаграмм, шинээр үнэмлэхүй нас тогтоогдсон дээжийн хамт (Taylor and McLennan., 1985), в,д) сарнимал элементийн тархалтыг анхдагч маантид нормчилсон диаграмм (Sun, McDonough et al., 1989) ба шинээр үнэмлэхүй нас тогтоогдсон дээжийн хамт

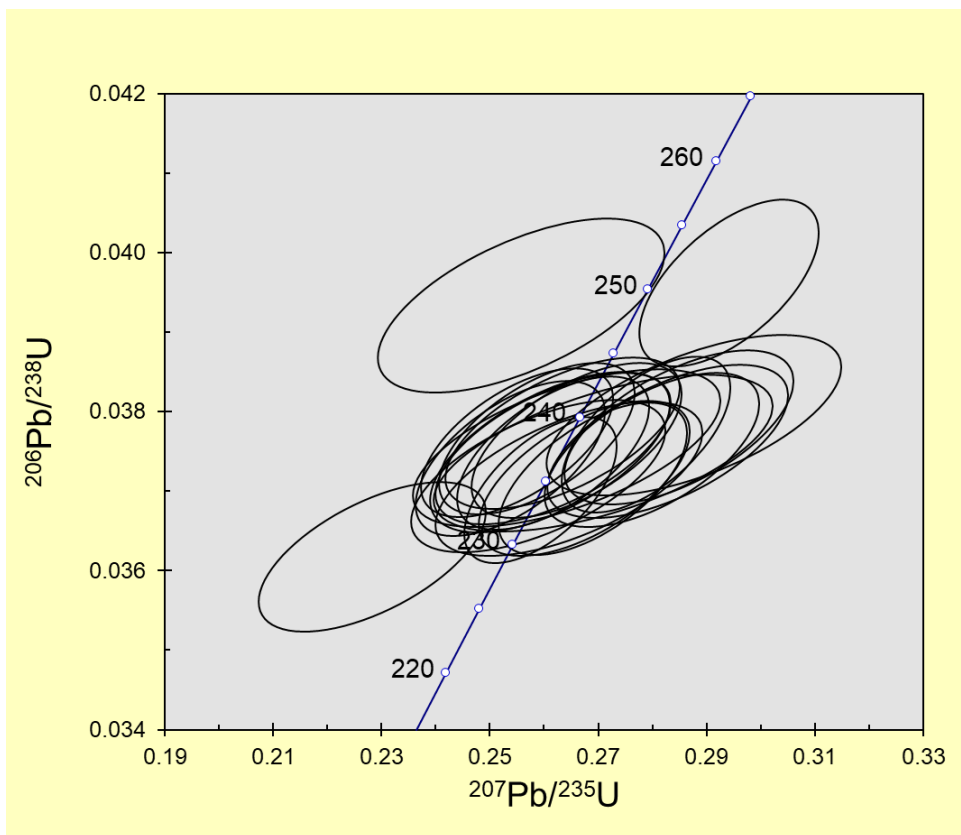


Зураг 38. Гранитоидын дискриминацийн диаграммууд:  $(Y+Nb)$ -Rb, Y-Nb,  $(Ta+Yb)$ -Rb ба Yb-Ta (Pearce et al., 1984). болон Nb/Yb-Th/Yb зэрэг элементүүдийн агуулгын хэмжээнд тулгуурлан хийгдсэн диаграмм

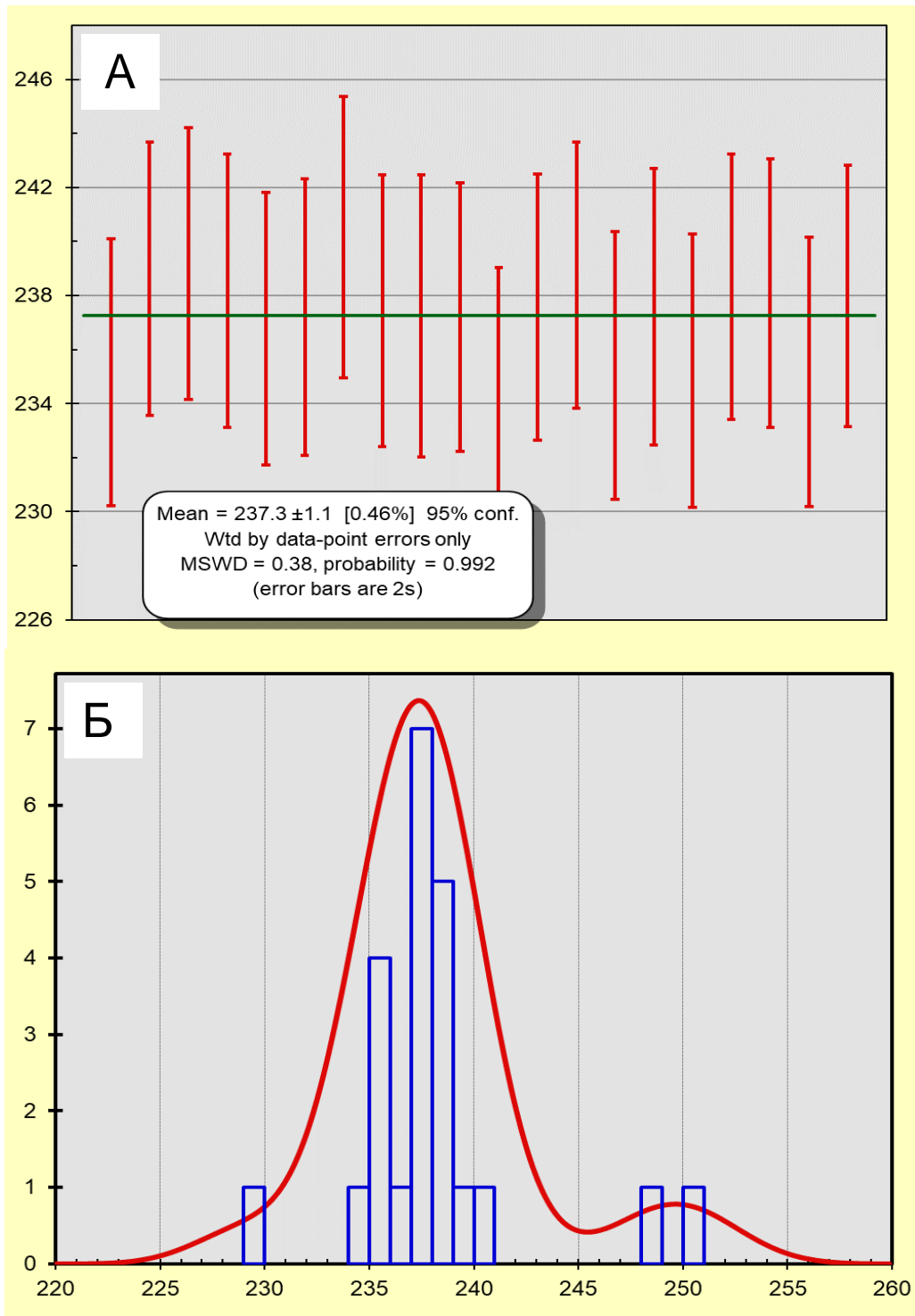


## ГЕОХРОНОЛОГИЙН СУДАЛГАА

Тарвагатайн блокийн Их-Уул орчмын Тэс бүрдэл гэж зураглагдсан томоохон цагариг бүтэц бүхий гранит (TR-19-15)-ын дээжийн цирконы мөхлөгт U-Pb-ны изотопын шинжилгээ хийж үнэмлэхүй насыг тогтоов. Ягаан өнгийн дунд мөхлөгтэй хар кварцат шүлтлэг гранитаас цуглуулсан 24 цирконы мөхлөгүүдэд шинжилгээний хэмжилт хийсэн. Эдгээр хэмжилт хийсэн мөхлөгүүдээс 24 мөхлөг нь конкордант үр дүн өгсөн. Цирконы нас нь конкорд диаграмм дээр 237-250 сая жилийн хооронд хэлбэлзэх (Зураг 39) бөгөөд  $1\sigma$  шинжилгээний алдаатай байна. Цирконы U-Pb-ны хамгийн нарийвчлалттай конкордант нас нь  $237.3 \pm 1.1$  сая жил (MSWD=0.38 магадлал =0.9; (Зураг 40.А.Б) байгаа нь уг гранитын биетийн талсжсан хугацааг заана. Цирконы Th агуулга нь 115-аас 585, U агуулга нь 135-аас 267 болон Th/U харьцаа 0.63-2.17, ба 0.1-ээс их ба энэ индикатор нь магмын гарал үүсэлтэйг илтгэнэ.



Зураг 39. Гранит чулуулгийн U-Pb-ны үнэмлэхүй насны конкорд диаграмм



Зураг 40. А) Гранит чулуулгийн U-Pb-ны үнэмлэхүй насны жигнэсэн дундаж насны диаграмм Б) Гранит чулуулгийн U-Pb-ны үнэмлэхүй насны тархалтын гистограмм

Судалгаанд хамрагдсан гранитоид чулуулгууд нь гол бүрдүүлэгч эрдсээс К-хээрийн жонш, плагиоклаз, кварц, өнгөт эрдэс биотит, эвэрхуурмаг, акцессор эрдсүүдээс апатит, циркон, сфен зэргээс тогтоно. Чулуулгууд нь цахиурын исэл ( $\text{SiO}_2$ : 68.75%–75.43%), кали-натрийн шүлтжилт ( $\text{Na}_2\text{O}$  3.71%–4.72%;  $\text{K}_2\text{O}$  4.0%–5.75%) өндөртэй,  $\text{MgO}$  (0.12-0.55%),  $\text{TiO}_2$  (0.09-0.34%),  $\text{P}_2\text{O}_5$  (0.02-0.1%,)-ийн ислүүд харьцангуй бага агуулгатай байна. Түүнчлэн бүх дээжүүд Eu-ийн онцгой гажилгүй ба ионы радиус томтой (Rb, Ba, Th, Sr, Zr, K) элементээр баяжсан, харин өндөр цэнэгтэй (Nb, Ta, P, Ti) элементээр ядуурсан тархалтыг үзүүлнэ. Дээрх геохимийн үр дүнгээс дүгнэж үзэхэд уг гранитоид нь кали-натрийн шүлтшилт өндөртэй, хөнгөн цагаанаар дунд зэрэг ханасан, I төрлийн шохойлог-шүлтлэг эх үүсэлтэй субдукцын бүсийн магмын бүтээгдэхүүн болохыг илэрхийлнэ.

Гранитоид чулуулаг нь магмын үүсэлт ба плейт тектоник хоорондын уялдаа холбоонд хянагддаг тул тухайн дүүргийн геологи-тектоникийн түүхийг сэргээн босгоход чухал үүргийг гүйцэтгэдэг (Winter., 2001). Бидний судалгааны талбай болох Тарвагатайн блокийн хэмжээнд палеозойн болон түрүү мезозойн цаг үеийн магмын идэвхжилтэй холбоо бүхий олон төрлийн бүтэцтэй гранитоид бүрдлүүдийн тархалттай. Өмнөх судалгаагаар судлаачид Сибирийн болон Таримын кратоны хооронд орших палеозойн болон түрүү мезозойн ороген бүсийн магматизмын хөгжлийг тайлбарлахдаа Палео-Азийн ба Монгол-Агнуурын далайн хаагдалтай холбоотой үүссэн тухай санааг дэвшүүлдэг.

Бидний судалгаагаар гранитоидуудын үүссэн геодинамик орчинг тодруулах зорилгоор хийгдсэн (Y+Nb)-Rb, Y-Nb, (Ta+Yb)-Rb ба Yb-Ta зэрэг дискриминацийн диаграммууд дээр дээжүүд синколлизын, болон магмын нумын гэсэн 2 өөр геодинамик орчинг илэрхийлнэ (Зураг 38). Дээрх судалгааны үр дүнгээс харахад уг гранитоидууд нь магмын эх үүсвэр ижил, үүссэн бүрэлдсэн цаг хугацаа, орон зайн болон геодинамик орчин өөр байгааг илтгэнэ.

Их уул орчмын Идэрийн голын өмнө орших дунд хожуу девоны Тэс хэмээн зураглагдсан цагариг бүтэц бүхий гранитоид массивын шүлтлэг гранитын дээжийн цирконы мөхлөгт U-Pb-ны изотопын шинжилгээ хийж чулуулагт  $237.3 \pm 1.1$  сая жилийн настайг тогтоож уг дүүрэгт шинэ насны үр дүнгээр баяжууллаа. Синколлизын геодинамик шинжийг үзүүлж буй магмын чулуулгийн U-Pb-ны үнэмлэхүй нас нь өмнөх судалгааны явцад тогтоогдсон харьцангуй наснаас ялгаатай залуу насыг илэрхийлж

байна. 1:200000-ны масштабтай геологийн зурагт дунд-хожуу девоны харьцангуй насаар зураглагдсан Тэс бүрдлийн гэж зураглагдсан шүлтлэг гранитын цирконы конкордант нас  $237.3 \pm 1.1$  сая жил гэж тогтоогдсон нь дунд Триассын цаг хугацааг хамаарч байна. Энэхүү насны судалгаа нь уг массивыг хожуу девоны Тэс бүрдэлд хамруулах боломжгүйг илэрхийлэх бөгөөд хожуу перми-түрүү триасын насны гранитоидоор зураглах нь зүйтэй гэж үзлээ.

Ингээд Тарвагатайн блокийн төв хэсгээр орших гранитоид нь доод царцдасын хэсэгчилсэн хайлалтын эх үүсвэртэйгээр Сибирийн болон Таримын кратоны хооронд орших хожуу палеозой болон түрүү мезозойн ороген бүсийн хэмжээнд сүбдукци-коллизтой холбоотой магмын нумын болон синколлизын геодинамикийн нөхцөлд үүссэнийг илтгэнэ.

Тэс бүрдлийн гранитоид чулуулгийн гол ислийн (жин%), голлох болон сарнимал элементүүдийн агуулга (ppm)

Хүснэгт 4

	TR-22-27	TR-19-15	TR-21-26-2	TR-21-19-a	TR-20-50	TR-19-19	TR-19-17	TR-19-16	TR-19-18
<b>SiO<sub>2</sub></b>	73.48	73.2	72.57	72.02	70.4	74.4	73	72.97	70.54
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.23	0.21	0.22	0.22	0.22	0.27	0.18	0.16	0.34
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	12.53	14.11	14.15	14.66	15.41	13.38	14.65	14.53	14.9
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	2.07	1.35	1.6	2.12	1.71	1.63	1.05	1.02	1.97
<b>Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub></b>	0.06	0.02	0.06	0.09	0.08	0.03	0.02	0.02	0.04
<b>MgO</b>	0.37	0.22	0.35	0.47	0.55	0.26	0.16	0.16	0.41
<b>CaO</b>	1	0.88	0.8	1.92	1.58	0.89	0.78	0.78	1.2
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	3.16	4.08	3.83	3.72	4.72	4.03	4.21	4.26	4.53
<b>K<sub>2</sub>O</b>	4.66	5.4	4.92	3.5	4	4.94	5.75	5.48	5.19
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.07	0.06	0.09	0.09	0.08	0.08	0.05	0.05	0.1
<b>SO<sub>3</sub></b>	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
<b>LOI</b>	0.75	0.46	0.64	0.79	0.36	0.44	0.51	0.41	0.5
<b>SUM</b>	98.42	100	99.24	99.61	99.12	100.36	100.37	99.85	99.73
<b>Al</b>	6.77	6.95	8.18	8.34	7.98	6.66	7.53	7.14	7.59
<b>Ba</b>	1140	675	1062	1241	979	429	773	653	783
<b>Be</b>	5	5	5	5	5	6	5	5	5
<b>Ca</b>	0.93	0.59	0.63	1.53	1.24	0.57	0.57	0.52	0.82
<b>Cr</b>	28	152	118	106	84	171	156	142	135
<b>Li</b>	10	29	38	30	33	35	25	23	39
<b>Mg</b>	0.18	0.13	0.17	0.19	0.3	0.17	0.12	0.1	0.25
<b>Mn</b>	403	187	452	763	654	265	148	141	302
<b>Ni</b>	23	5	16	5	5	5	8	5	5
<b>Sc</b>	5	5	5	5	5	5	5	5	5



<b>V</b>	9	14	19	6	10	17	11	9	21
<b>Zn</b>	40	18	40	51	45	27	17	20	37
<b>Co</b>	1.4	2	2.5	1.4	1.5	2	1.4	1.3	3
<b>Ga</b>	15	19	21	21	18	20	20	20	21
<b>Ge</b>	1	1	2	2	2	2	1	1	1
<b>As</b>	5	23	5	5	5	28	24	18	20
<b>Mo</b>	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Cd</b>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
<b>In</b>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
<b>Sn</b>	3	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Sb</b>	0.1	0.1	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
<b>Cs</b>	1	5	6.4	0.8	1.8	6.2	4.3	4.1	6.2
<b>W</b>	1	1	4	2	1	1	1	1	1
<b>Tl</b>	0.5	1.3	1.4	0.5	0.7	1.5	1.3	1.4	1.4
<b>Pb</b>	5	23	15	13	26	23	22	23	32
<b>Bi</b>	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
<b>Rb</b>	103	257	239	91.2	149	277	263	259	253
<b>Sr</b>	224	257	377	440	384	178	290	249	331
<b>Ba</b>	1140	675	1062	1241	979	429	773	653	783
<b>Y</b>	7.1	4.4	6.6	10.4	14.4	5.9	3.3	3	6.8
<b>Zr</b>	221	139	157	122	153	185	85	77.4	216
<b>Hf</b>	5	2	4	2	4	3	2	2	4
<b>Nb</b>	2	9	11	9	11	14	8	8	14
<b>Ta</b>	0.5	1.2	0.8	0.8	0.7	1.3	1.3	1	1.4
<b>Th</b>	13.2	13.9	17.9	4.8	4.8	21.1	14.6	14.4	17.3
<b>U</b>	0.89	2.65	3.77	1.16	0.49	2.65	2.01	1.51	2.57
<b>La</b>	35.4	27.9	47	25.4	29	41.5	23.8	30.6	48.2
<b>Ce</b>	101	48	65.4	41.7	51.3	64.5	38.4	40.3	77.4
<b>Nd</b>	20.5	14	17.8	14.1	18.1	16.9	10.9	9.7	21.8
<b>Pr</b>	6.83	4.4	5.76	4.31	5.18	5.55	3.43	3.2	6.83
<b>Sm</b>	3	2.1	2.2	2.2	3.5	2.5	1.6	1.5	3.1
<b>Eu</b>	1	0.57	0.5	0.65	0.88	0.48	0.52	0.49	0.78
<b>Gd</b>	2.42	1.51	1.2	1.43	2.64	1.86	1.08	0.96	2.38
<b>Dy</b>	1.5	0.95	0.98	1.54	2.23	1.18	0.72	0.67	1.51
<b>Tb</b>	0.35	0.22	0.11	0.17	0.35	0.26	0.15	0.15	0.34
<b>Ho</b>	0.34	0.16	0.13	0.25	0.46	0.2	0.13	0.11	0.28
<b>Er</b>	0.92	0.51	0.53	0.85	1.63	0.68	0.43	0.37	0.78
<b>Tm</b>	0.13	0.06	0.05	0.08	0.19	0.08	0.05	0.05	0.11
<b>Yb</b>	0.9	0.5	0.7	1	1.7	0.7	0.3	0.3	0.7
<b>Lu</b>	0.13	0.05	0.06	0.1	0.24	0.11	0.05	0.05	0.18
<b>REE</b>	174.42	100.93	142.42	93.78	117.4	136.5	81.56	88.45	164.39
<b>(La/Yb)<sub>N</sub></b>	28.22	40.04	48.18	18.22	12.24	42.54	56.93	73.19	49.41
<b>(Eu/Eu*)<sub>N</sub></b>	0.9	0.6	0.5	0.6	1	0.7	0.4	0.4	0.9
<b>Sr/Y</b>	31.54	58.4	57.12	42.3	26.66	30.16	87.87	83	48.67

### **БҮЛЭГ 3.4. ХАНГАЙН БҮРДЛИЙН ГЕОЛОГИ, ГЕОХРОНОЛОГИ**

Хангайн бүрдэл нь судалгааны талбайн өмнөд хэсгийг эмжин тархах бөгөөд тэдгээр нь геологи, геохими болон геохронологийн судалгаа харьцангуй сайн судлагдсан тул судалгааны материалыг нэгтгэн дүгнэж тайланд тусгасан болно. Бид Хангайн гранитоид бүрдлийг судлаачдын нэршсэн “Хангайн батолит” гэдэг нэрээр нь авч ашиглав.

Хангайн батолит нь Төв Монголын боржингийн плутоны хамгийн том (> 150 мянган км<sup>2</sup>) хуримтлалын бүрэлдэхүүн хэсэг бөгөөд боржингийн шүлтлэг найрлагаар тодорхойлогдоно. Батолитын нь бимодаль ба шүлтлэг боржингийн магматизмтай хамт оршдог онцлогтой. Бимодальт бүтцэд базальт-трахит-комендит (пантеллерит) болон базальтын вулканик эвслүүд түүн дотор шүлтлэг сиенит ба гранит, граносиенит болон лейкогранитаас тогтоно. Батолитын үүсэл нь хожуу палеозой ба түрүү мезозойн үед Сибирийн эртний эх газрын идэвхт бүсийн хөгжлийн нэг онцлог болсон юм. 300-190 сая жилийн хооронд Хангайгаас гадна Ангар-Витим ба Хэнтийн батолитууд үүссэн. Эдгээр батолитууд нь нийтлэг шинж чанартай байдаг. Тэдгээр нь тоналит ба плагиогранит, граносиенит, ховор металлт боржингийн найрлага бүхий гранитоидуудаас тогтдог. Тэдний гол онцлог нь рифтийн процесстой холбоотойгоор батолитын хил дагуу рифтийн гарал бүхий магматизмын бүсүүдийг үүсгэдэг. Ийм том хэмжээний болон онцгой өвөрмөц батолитын үүсэл нь хожуу палеозойн Сибирийн континентын эх газрын идэвхитэй бүс, Палео-Азийн далайн олон тооны халуун цэгүүдтэй давхацсан гэж үздэг (Ярмолюк и др 2008).

Өмнөх судалгаагаар геохронологийн олон тооны өгөгдлүүд бий болж тухайн бүс нутагт болсон геологийн томоохон үйл явцыг анх удаа батолитын насны асуудалтай холбон тайлбарлах боломжтой болсон (Ярмолюк и др., 1997а, 1997б; Цыганков и др., 2010; Цыганков, 2014; Ковач и др., 2012). Түүнчлэн Хэнтийн түрүү мезозойн батолитын (Ярмолюк и др., 2002; Коваленко и др., 2003) болон Хангайн батолитын талаар олон ажилд тусгагдсан байдаг (Хангайн уулсын геологийн зураг, 1993; Оролмаа и др., 2008; Ярмолюк и др., 2008, 2013а, 2013б; Изох и др., 2011).

Сүүлийн жилүүдэд ОХУ-ын ШУА-н Геохими, минералоги, петрографи, хүдрийн ордын геологийн хүрээлэн ба Монголын ШУА-ийн Геологийн хүрээлэнгийн судлаачид геологийн хамтарсан экспедицийн судлаагааг амжилттай зохион байгуулж ирсэн.

Энэхүү хамтарсан экспедицийн судалгааны зарим үр дүнгүүдээс тус дэд бүлэг тусгагдсан.

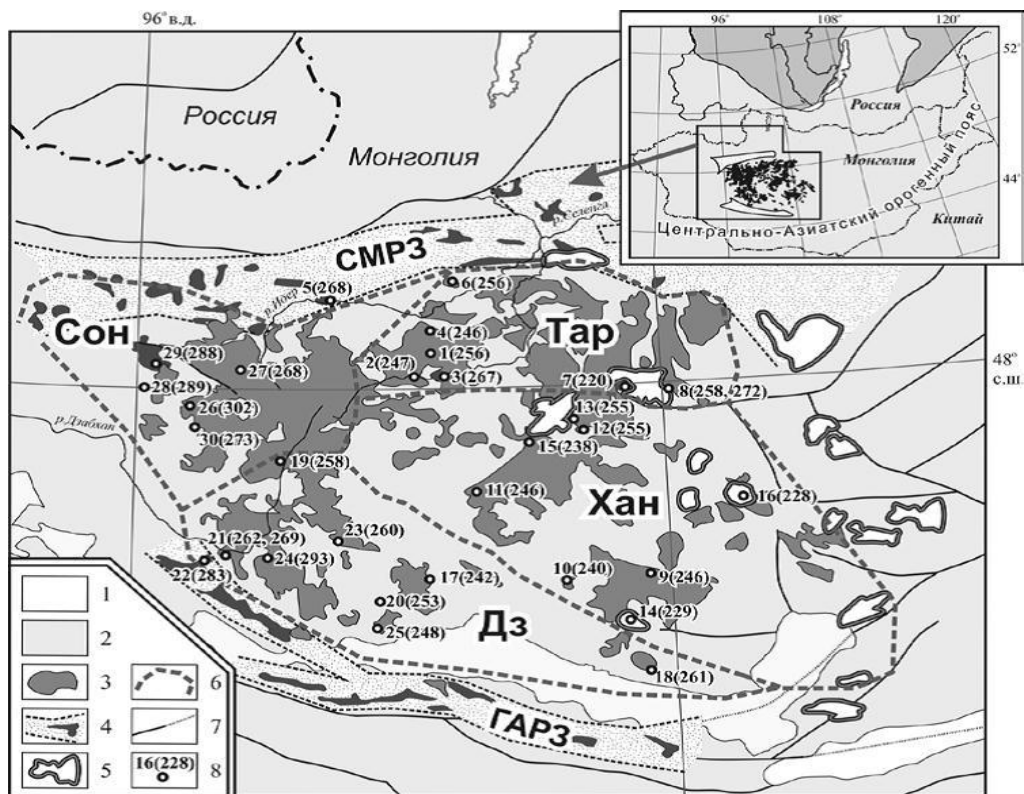
## ХАНГАЙН БАТОЛИТЫН ЕРӨНХИЙ ШИНЖ ЧАНАР

Хангайн батолит нь Төв Азийн бусад том батолитын адил Хангайн том хэмжээний магмын бүсчлэлийн элемент юм (Ярмолюк, Коваленко, 2003а, 2003б; Ярмолюк и др., 2013 и др). Энэ бүс нутаг нь ойролцоогоор 250 000 км<sup>2</sup> талбайг хамарсан, төвлөрсөн бүслүүржилт маягийн бүтэцтэй (Зураг 41). Төв хэсэгт нь Хангайн батолит орших бөгөөд зах хэсгээр бимодаль бүхий шүлтлэг гранитоидоор (базальт-шүлтлэг риолит) илэрхийлэгдэх Говь-Алтай, Умард Монголын рифтийн бүс үүссэн. Хангайн батолит нь олон тооны гранитоидын массивуудыг нэгтгэсэн нийт талбайн хэмжээ 450 x 360 км (зураг 41). Батолитын бүтцийн дийлэнх хэсэгт Хангайн бүрдэл орох бөгөөд хоорондоо фазын шилжилтээр холбогдсон дунд, том мөхлөг бүхий порфирлог эвэр хуурмагт – биотит ба биотитот гранодиорит ба гранит орно. Шарусгол бүрдлийн шүлтлэг лейкократат гранитыг батолитын үүслийн сүүлчийн шат гэж үздэг (Карта., 1989; Геологические, 1995). Саяхныг хүртэл Хангайн батолитын геохронологийн өгөгдөл бараг байдаггүй байв. Гэвч батолитын зүүн ба зүүн өмнөд хэсгүүдийн гранитоидын хувьд U-Pb насны тодорхойлолт олон бий болсон (Budnikov et al., 1999; Оролмаа и др., 2008; Ярмолюк и др., 2008), түүнчлэн Rb-Sr, K-Ar, Sm-Nd, U-Pb-ийн аргуудаар Баянхонгорын бүсийн гранитоидод нас тодорхойлсон (Arakawa et al., 1999; Takahashi et al., 2000; Jahn et al., 2004; Оролмаа и др., 2008). Гранитаас гадна батолитын төв хэсгийн базит интрузивыг судалж <sup>40</sup>Ar /<sup>39</sup>Ar ба U-Th-Pb-ын аргаар нас (Изох, и др 2011; Шелепаев и др, 2015) мөн Хангайн дүүргийн хэмжээнд явуулсан зарим 1:50000-ын масштабтай геологийн зураглалын ажлын явцад хэд хэдэн массивын гранитоидод U-Pb-ын аргаар үнэмлэхүй насны өгөгдлүүд бий болсон (Тогтох нар, 2010ф; Төмөрчөдөр нар, 2013; Батдэлгэр нар, 2015).

Судалгаагаар батолитын төв хэсгийн гранитоид (Ярмолюк и др., 2008, 2013а, 2013б), болон зах хэсгээр нэлээд хөгжсөн А-төрлийн гранитоидын баталгаатай өгөгдлүүдийг бий болгосон (Сальникова и др, 2014; Kozlovsky et al., 2015). Мөн Хангайн өргөгдлийн батолитын төв хэсэгт цирконоор U-Pb аргаар том хэмжээний плутоны насыг тогтоосон. Тухайлбал: Таацын гол (246 ± 2 сая жил), Эрдэнэ цогт (240 ± 1 сая жил), Эгийн даваа (246 ± 10 сая жил), Цэцэрлэг (255 ± 1 сая жил), Хойт тамир (255 ± 1 сая жил). 41-р зурагт эдгээр массивууд нь 9-13 гэсэн дугаартай тохирно. 41-р зурагт 4,

5, 22 гэсэн тоонуудаар дараах массивуудын А төрлийн гранитоидын насыг тодорхойлсон : Жаргалант (246 ± 1 сая жил), Тосон цэнгэл (268 ± 1 сая жил), Улаан-Уул (283 ± 1 сая жил).

Одоогийн байдлаар Хангайн батолитын насыг 302-228 сая жилээр тодорхойлж байгаа боловч энэ нь зөвхөн батолитын төв болон зүүн өмнөд хэсгийн чулуулгийн нас юм. Хангайн болон шарусгол бүрдэлд (гранит-гранодиорит ба гранит-лейкогранитын формац) хамаарах массивт А төрлийн гранитоидыг илрүүлсэн нь батолитын хувьд ердийн төрөл биш болохыг сүүлийн үеийн судалгаагаар тогтоосон ([Ярмолук и др., 2013б](#)).



Зураг 41. Хангайн магмын бүсийн бүдүүвч зураг.

1 – мезо-кайнозойн хотгор; 2 – Төв Азийн атираат бүслүүрийн хожуу палеозойн атираат бүрдлийн тархалт; 3 – Хангайн батолитын гранитоид массивууд; 4 –рифтийн бүс (ГАРЗ-Говь Алтайн рифтийн бүс, СМРЗ-Умард Монголын рифтийн бүс) бимодаль вулканик эвшил бүхий шүлтлэг гранитоид; 5 – түрүү мезозойн вулканик талбай ба гранитоидын массивууд; 6 – Хангайн төррөйнүүд (Сон-Сонгины, Дз-Завханы, Тар-Тарвагатайн, Хан-Хангайн); 7 – гол хагарал; 8- хүснэгт 1-ийн массивын дугаар болон нас сая жилээбаруун дээд хэсэгт Төв Азийн ороген бүсийн магмын бүсчлэлийг харуулав.



Батолитын насны судалгаа нь цирконоор U–Pb болон, амфиболын  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  аргачлал дээр үндэслэгдсэн. Акцессор циркон ялгах ажлыг хүнд шингэн хэрэглэн стандарт арга аргачлалаар гүйцэтгэн U–Pb аргаар нас тогтоох шинжилгээг Москва хотын Геохими ба аналитик химийн хүрээлэнд гүйцэтгэсэн. Цирконы гадаад болон дотоод морфологийг электрон скан микроскоп АВТ-55 (Япон) ашиглан Санкт-Петербург хотын Урьдкембрийн геологи, геохронологийн хүрээлэнд,  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  шинжилгээг Новосибирск хотын Геологи минералогийн хүрээлэнд тус тус гүйцэтгэв.

**Тарвагатайн өргөгдөлд** Хангай болон Шар ус гол бүрдлийн голлох найрлага бүхий гранит-гранодиорит ба гранит-лейкогранитаар илэрхийлэгдэнэ ([Геологические..., 1995](#)). Бүрдлийн гранитоидууд нь эрдсийн төрлүүд нь ойролцоо ба чулуулгийн эрдсийн найрлагад плагиоклаз, калийн хээрийн жонш, кварц, биотит, эвэр хуурмаг зэрэг орно. Шар ус бүрдлийн массив нь голдуу батолитын баруун хэсэгт Хангайн хотгорын хил дагуу тархсан байдаг ([Геологические ..., 1995](#)). Тэдгээрийн бүтцэд хоёр үндсэн фаз тодорхойлогдоно. Эхний фазын чулуулгууд нь нэлээд жигд, дунд болон том мөхлөг бүхий порфирлог гранитаар илэрхийлэгдэнэ.

Сүүлийн жилүүдэд тухайн структурт орших массивуудад геохронологийн шинэ насны үндэслэл багагүй хэмжээгээр тогтоогдоод байна. Тухайлбал,

*Оорохын даваа болон Тэрхийн цагаан нуур* орчимд U–Pb геохронологийн судалгаагаар том мөхлөг бүхий калийн хээрийн жонштой порфирлог гранит нь **256±1 сая жилийн** настай болохыг тодорхойлсон ([Ярмолук др., 2013б](#)).

*Тэрхийн голын массив*–зүүн талаараа Мөст уулын анортозитын массивтай хиллэдэг том хэмжээний (20x10 км) массив юм ([41-р зургийн №2](#)). Тэрхийн голын массив нь саарал болон ягаан саарал өнгийн монзонит, гранодиорит ба гранит, томоохон калийн хээрийн жоншны ялгарал бүхий биотит-порфирлог эвэр хуурмагаас бүрдэнэ. Массивын насыг  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  аргаар тодорхойлоход **247 ± 3 сая жилийг** заав.

*Алаг-Өвөр уулын дайк* ([41-р зургийн №6](#)). Шинэ Идэр сумаас зүүн өмнө зүгт Алаг-Өвөр уулын массивын баруун хэсгээс 12 км-т оршино. Дайкууд босоо байдалтай 0.5-аас 1.5м хүртэл зузаантай өргөргийн дагуу чиглэлтэй. Алаг-Өвөр уулын гранитоидын дайк үүсэх хугацааг цирконы шинжилгээгээр **256 ± 8 сая жилээр** тогтоов.

Гранит-лейкогранитын формацын чулуулгийн насыг *Жаргалантын массиваар* төлөөлүүлж болно. Жаргалант сумын нутагт байрладаг *Жаргалантын массив* нь улаан ба ягаан өнгийн биотит агуулсан граносиенит ба лейкогранитаас тогтоно. Түүний

хэмжээ 15x7 км бөгөөд энэ нь Оорохын давааны массивыг түрж гарсан. Массивын граносиенитын насыг U-Pb аргаар цирконоор тодорхойлоход **246±1 сая жилээр** тогтоогдов (Ярмолук и др., 2013б; Сальникова и др., 2014).

*Тосонцэнгэлийн массив нь* батолитын хойд захад Умард Монголын рифтийн бүсийн давхцал дээр байрладаг (41-р зурагт 5-р зураг). Массив нь хожуу неопротерозой - кембрийн арлан нумын бүрдэл Идэр бүс болон хожуу палеозойн вулканоген зузаалгуудыг түрж гарсан ба дунд, том мөхлөгтэй шүлтлэг гранитаас тогтоно. Түүний насыг U-Pb аргаар цирконоор тодорхойлоход **268 ± 1 сая жилийг** заав (Ярмолук и др., 2013б; Сальникова и др., 2014).

*Дархан-Уулын массив нь* Хангайн нурууны төв хэсэгт, Тэрхийн-Цагаан нуурын баруун захаар байрладаг (41-р зурагт №3). Массивын хөндлөн зүсэлтээр уг массив нь ойролцоогоор 2 км урт, Мөст-Уулын массивын палеопротерозойн анортозитоос бүрдэнэ. Дархан-Уулын массив нь саарал дунд зэргийн мөхлөгт эгирин-арфведсонитын шүлтлэг гранит ховроор жижиг судлууд бүхий нарийн ширхэгтэй шүлтлэг гранитаас тогтоно. Массивын чулуулгийн насыг геохронологийн судалгааны  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  аргаар тодорхойлоход **267 ± 3 сая жил** байна.

*Батцэнгэлийн массив (41-р зурагт №7)* нь Хойт тамирын голын зүүн хөвөөнд батолитын төв хэсэгт түрүү мезозойн Батцэнгэлийн хотгорт байрладаг. Массивын хөндлөн зүсэлт 6 км хүрч, сав газрын вулканоген базальт–шүлтлэг–риолитыг түрэн вулканоген бүрдлийн доод хэсэгт оршдог. Массив нь цайвар саарал өнгийн дунд, том мөхлөг бүхий арфведсонит шүлтлэг гранитаас бүрдэнэ. Массивын чулуулгийн геохронологийн судалгааг  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  аргаар тодорхойлоход **220 ± 3 сая жилээр** тогтоогдов.

Хангайн батолитын магмын чулуулгийн геохронологийн өгөгдлүүдээр насны гурван бүлгийг ангилжээ.

**302-283 сая жилийн** хооронд үүссэн гранитоидууд. Энэ бүлэг нь магмын бүслүүржилтийн хоёр хэсгээс бүрдэнэ. Түүний нэг нь Төв Монголын баруун хэсэгт хамаарагдах түрүү пермийн Хангайн нурууны өмнөд хил дагуу байрласан вулкан плутоны бүс. Нөгөө нэг нь рифтийн процессын үр дүнд үүссэн Тарим ба Ангар-Витимийн магмын бүс.

**230-200 сая жилийн** хооронд магмын чулуулгийн хамгийн залуу бүлэг үүссэн. Тэдгээрт батолитын зүүн захаар тархсан шүлтлэг өндөртэй магмын чулуулгууд: шүлтлэг гранит, граносиенит, базальт-трахит ба бимодальт базальт-шүлтлэг риолитийн эвшлүүд орно.

Хангайн батолитын гранитаар хучигдсан өгөршлийн гадаргуутай вулканоген чулуулаг нь тэдгээрийг үүсэхээс өмнөх нутаг дэвсгэрийн томоохон өөрчлөлтүүдийг харуулж байна.

**273–238 сая жилийн** хооронд үүссэн магмын бүрдлүүд нь суурилгаас хүчиллэг-шүлтлэгдүүгээс шүлтлэг бүхий чулуулгийн найрлагатай хоёр эвшил багтана. Үүнд: гранит–гранодиорит (Хангайн бүрдэл) ба гранит-лейкогранит (шарусгол бүрдэл).

Судалаачид Хангайн батолитыг Төв Азийн ороген бүсэд орших том хэмжээний тухайлбал Ангар-Витим ба Хэнтийн батолиттой харьцуулахад тэдгээрийн бүтэц ижил төстэй байгааг илрүүлжээ. Бүх батолитууд ойролцоо эвшил бүхий чулуулгаас бүрддэг бөгөөд үүнд гранодиорит-гранит-лейкогранит эгнээний чулуулгууд давамгайлахаас гадна суурилаг ба шүлтлэг интрузив хамаарна. Тэдгээрийн үүсэл, насны байдлыг харьцуулж үзвэл: Ангар-Витимын батолит 305–275 сая жил, Хэнтийх 229–195 сая жилийн хооронд үүссэн байна. Тэдгээрийн үүслийн цаг хугацааны үргэлжлэлийг ойролцоогоор 30 сая жил гэж үзвэл энэ нь том хэмжээний батолит үүсэхэд оролцсон анатектик магмын дэлхийн гүнд хөрөхөд шаардлагатай хугацаа гэж үзэж болно.

Тарвагатайн өргөгдөлд Хангайн бүрдлийн нас 273–238 сая жилийн хооронд үүссэн насны бүлгүүд хамаарч байна. Бүрдлүүдийн үүсэл хөгжлийг судлаачид янз бүрээр авч үздэг. Нэг талаас Палео-Ази, Монгол-Агнуурын далайн хаагдалтын үр дүнд бий болсон гэсэн үзэл баримтлал ([Мазукабзов и др., 2010](#), [Donskaya et al., 2013](#)). Нөгөө талаас мантийн плюмын идэвхижилийн үйл ажиллагаатай холбоотой гэсэн үзэл байдаг ([Ярмолюк, Коваленко, 2003а, 2003б](#); [Kuzmin et al., 2010](#); [Ярмолюк и др., 2013б](#)).

## **БҮЛЭГ 4. ТАРВАГАТАЙН ӨРГӨГДЛИЙН КЕМБРИЙН ӨМНӨХ МЕТАМОРФ БА ГРАНИТОИД ЧУЛУУЛАГ: БОДИСЫН НАЙРЛАГА, ЭХ ҮҮСВЭР, ҮҮССЭН ЦАГ ХУГАЦАА БА ГЕОДИНАМИК ХӨГЖИЛ**

### **4.1. ИДЭР МЕТАМОРФ ТАЛСТ БҮРДЛИЙН ГЕОЛОГИ, ГЕОХИМИЙН СУДАЛГАА**

1963-1965 онуудад [Я.Немчок](#), [В.И.Гольденберг](#), [Е.Е.Федоров](#) (1968 он) нар Идэрийн гол, Их жаргалант сумын орчим тархсан метаморф хурдсыг Идэрийн (занар-гнейсийн) ба Жаргалантын (карбонат) гэсэн 2 комплекст ялгасан. Үүний зэрэгцээ 1981 онд [Ф.П.Митрафонов](#), [И.К.Козаков](#) нар дээрх судлаачдын ерөнхий ангиллыг зөвшөөрч занар-гнейсийн зузаалгийг Байдрагийн бүсэд ялгасан Бөмбөгөрийн комплекстэй адилтган доод протерозойд карбонат хурдсыг доод дунд рифейн Өлзийт бүрдэл болон

Нарийний комплекстэй (баруун сангилений) харьцуулсан байдаг ([Шижирбаатар нар., 1997\(5035ф\)](#)).

Сүүлийн үеийн сэдэвчилсэн болон 1:50000-ны масштабын зураглалын ажлаар неогархайн Идэр метакомплекс хамруулах болсон ([Kozakov et al., 2011](#); [Шижирбаатар нар., 1997\(5035ф\)](#); [2001\(5394ф\)](#)).

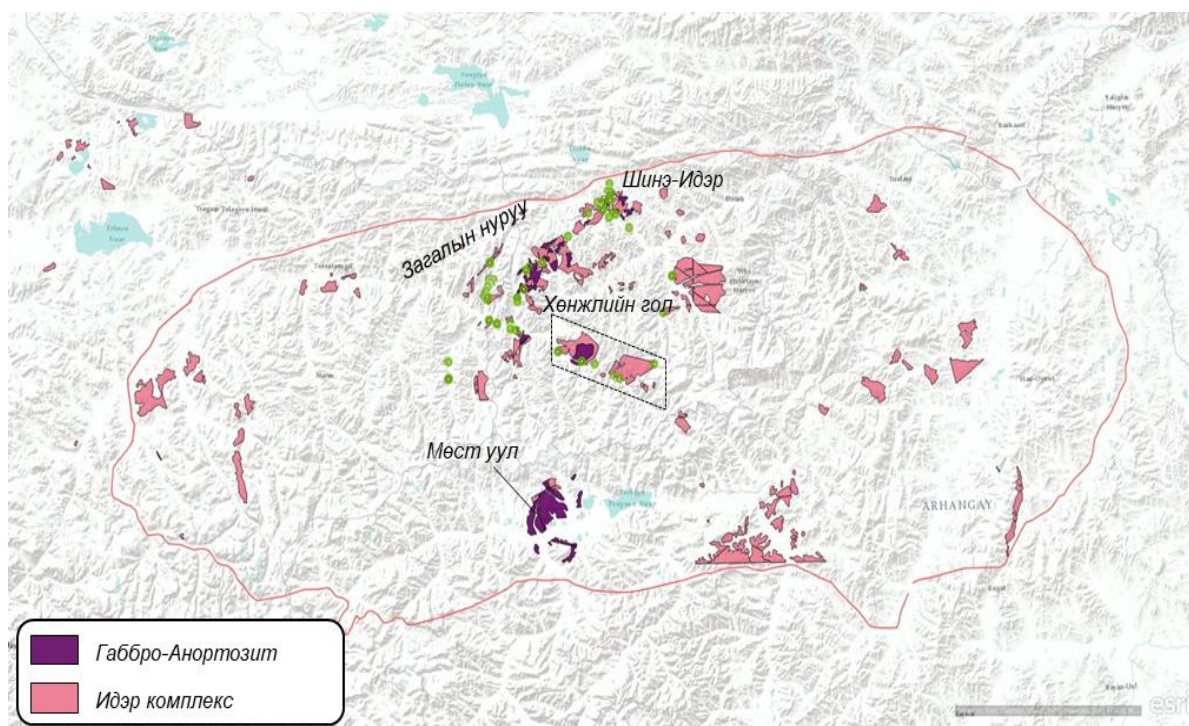
Тарвагатайн өргөгдлийн талст суурийг бүрдүүлэгч Идэр метакомплекс нь силлиманитат гнейс, гранит гнейс, мигматит, ортогнейс, амфиболитоос голлон тогтоно ([Зураг 43](#)). Өргөгдөлд неогархайн Идэр бүрдэл нь баруун-урдаасаа зүүн-хойш чиглэлтэй сунасан структурыг үүсгэсэн үлдэгдэл гаршууд байдлаар тохиолдох бөгөөд хэвтээ чиглэлийн изоклиналь атриануудад автсан гнейсжилт, занаржилт, шугамжилт тод илэрсэн байдаг Эдгээрээс хамгийн том талбайг Дээд Цэцүүх, Хөнжлийн гол, Шинэ-Идэр, Зост уул, Байшинтын ам, Хожуулын гол орчмыг эзлэх бөгөөд судлаачид түрүү протерозойн амфиболит- гнейсын зузаалагт хамруулсан байдаг ([Чулуунбат \(2981ф\)](#), ([Зураг 42](#))).

Уг метакомплексын чулуулаг нь Булнайн хагарлын өмнөд хэсэгт орших тул неотектоникийн эвдрэлд ихээр өртөгдөж баруун хойшоо болон зүүн хойшоо чиглэлтэй хагарлуудаар хүчтэй хэрчигдсэн нь агаар сансрын зурагт болон хээрийн ажиглалтаар тод ажиглагдана.

Метакомплексын үлдэгдэл биетүүд биотит-эвэр хуурмагт, эвэр хуурмагт, биотитот гнейсээс голлон тогтох ба бага хэмжээгээр гранат-биотитот, хоёр гялтагануурт талст занар, мигматит, гранит гнейс, амфиболитын үелэл үүсгэж байна .



Бид Дээд Цэцүүх, Хөнжлийн гол, Шинэ-Идэрийн судалгааны талбайд структур геологийн ажиглалт хийж Идэр метаморф бүрдлийн чулуулагт метаморф хавтгайшил болон шугамшил илүү хөгжсөнийг тодруулсан ба энэхүү онцлог шинжээрээ бусад метаморф бүрдлүүдээс ялгарна. Тухайлбал, гранит гнейс болон мигматитууд нь ихэвчлэн “М” төрлийн атираажилт үүссэн структурын онцлогийг тогтоосон (Зураг 45.D). Эдгээр шахалтат тектоник идэвхжилүүд нь Булнай хагарал болоод Байкалидын тектоник хөдөлгөөнүүдтэй холбоотой гэж үзлээ.



Зураг 42. Тарвагатайн өргөгдөл тархсан кембрийн өмнөх чулуулгийн тархалт.

Хээрийн ажиглалтын цэг болон дээжийн дугаар TR-20-01-с TR-20-71. Эх сурвалж: ESRI Base map Terrain, ArcGIS Earth.

Идэр бүрдлийн насны үндэслэлийг Хөнжлийн голын орчимд илэрсэн чарнокит гнейсд U-Pb аргаар тогтоогдсон 2520-2550 сая жил (Kröner et al., 2015), гранит-гнейст 2219±25 сая жилийн (Kozakov et al., 2011) насны үр дүнтэй, харин Шижирбаатар нар (2001Ф)-ын мезопротерозойн Намиг (MP1) гэж ялгасан бүрдлийг Хөнжлийн голын габбро-анортозитын массивд болон Тарвагатайн блокийн хэмжээнд тогтоогдсон үнэмлэхүй нас болон Nd загвар насны судалгаатай дүйцүүлэн судалсан байна.

Тарвагатайн блокийн Идэр комплексын гранулит болон гнейсын модель нас нь Завхан микроконтинентийн Байдрагийн блокийн настай дүйж байсан нь Байдрагийн блоктой гарал үүслийн хувьд нэг байж болох юм гэж дүгнэжээ (Kozakov et al., 2007), Энэхүү загвар насыг тооцохдоо тухайн биет нь  $2219 \pm 25$  сая жилийн настай гранит-гнейсын биетээр түрэгддэг тул насны дээж хязгаарыг 2400 сая жил гэж тооцсон байна (Kozakov et al., 2011). Габбро-анортозитын Pb аргаар 1700-1800 сая жил гэж тогтоосон үнэмлэхүй насны үр дүнтэй тус тус дүйцүүлэн судлав.



Зураг 43. Хээрийн судалгааны ажлаар авагдсан Идэр метакомплексын чулуулгийн төрлүүд

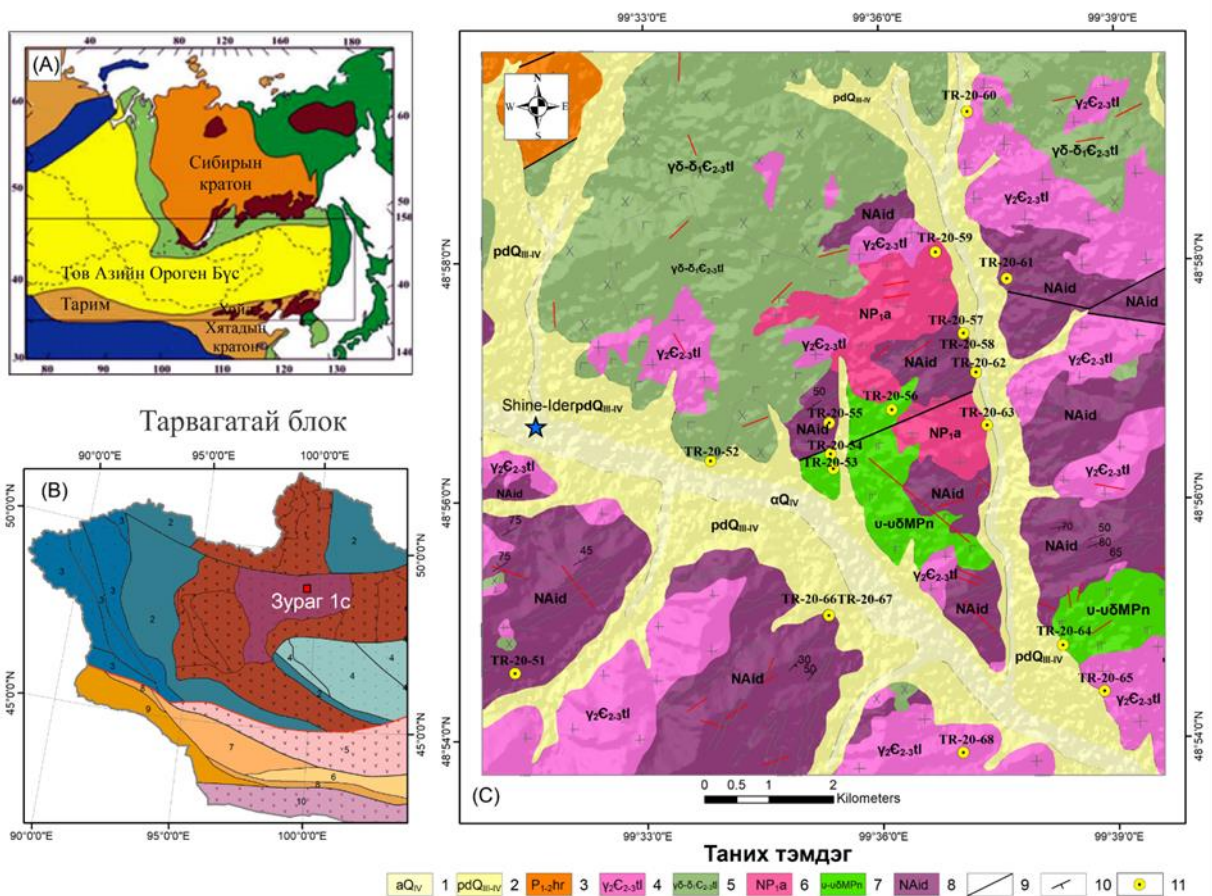
### **ШИНЭ-ИДЭР ОРЧМЫН ГЕОЛОГИЙН ТОГТОЦ, ПЕТРО-ГЕОХИМИЙН ҮР ДҮН**

2020 онд судалгааны талбайд хээрийн судалгааг гүйцэтгэж талбайд тархалттай метаморф болон гранитоид бүрдлүүдийн анхдагч байршлын хил заагийг тогтоох, чулуулгийн төрөлжилтийг тодруулах, метаморф чулуулгийн структурын байршлын хэмжилт хийх зэрэг маршрутын судалгааг гүйцэтгэсэн. Судалгааны талбайн төв хэсгээр гранитоид болон метаморф бүрдлүүдийн бодисын найрлага, геодинамик



нөхцөлийг тодруулах зорилгоор петрографи, геохими болон геохронологийн шинжилгээнд зориулан дээж материал цуглуулсан.

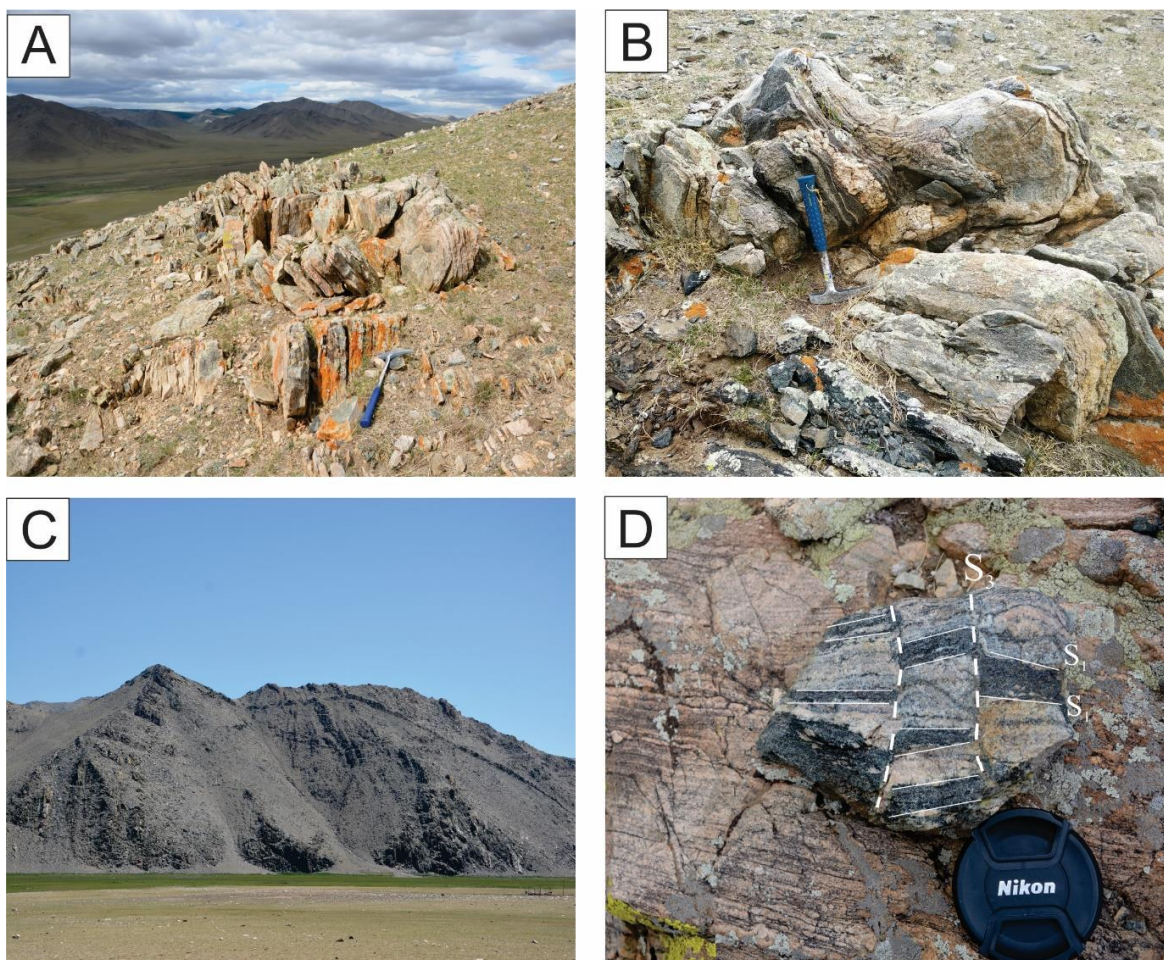
Судалгааны талбай нь Хөвсгөл аймгийн Шинэ-Идэр сумын зүүн хойд хэсэг дэх Бумбатын ам, Нарийны ам болон Овоон дух орчим хамрах бөгөөд геологийн тогтцын хувьд хамгийн хөгшин Неоархейн Идэр бүрдлийн метаморф чулуулаг (NA), мезопротерозойн Намиг (MP1), неопротерозойн Агьт (NP1), дунд-хожуу кембрийн Тэлмэн гэсэн хэд хэдэн үе шатны гранитоид бүрдлүүдийн тархалттайгаар зураглагдаж байна (Зураг 44.С). Мөн хожуу үе шатны ЗХ болон БХ хойш чиглэлтэй дундлаг ба хүчиллэг найрлагатай дэл судлуудаар түрэгддэг (Зураг 45 С).



Зураг 44 56. А) Төв Азийн Ороген Бүс (Şengör and Natal'in, 1996; Jahn et al., 2009). В) Монголын атираат мужийн тектоник бүсийн зураг (Төмөртоогоо, 2014; 2017). С) Шинэ-Идэр талбайн геологийн зураг. 1. Аллювийн хайрга, хайрганцар, элс, шаварлаг элс, шавар, 2. Делюви-пролювийн хайрганцар, дайрга, сайрга, элс, элсэнцэр, шавар, 3. Харгана формац. Суурилаг дундлаг найрлагатай эффузив, тэдгээрийн туф, үе мэшилээр туф, алевролит, туф элсжин, туф гравелит, туф хөрзөн, 4. Тэлмэн бүрдлийн II фазын цайвар саарал өнгийн, жигд биш ширхэгтэй биотитот гранит, плагиогранит, гранодиорит, 5. Тэлмэн бүрдлийн I фазын хар ногоон өнгийн, дунд, дунд-том ширхэгтэй габбро, габбродиорит, диорит, 6. Агьт бүрдлийн улаан өнгийн дунд-том ширхэгтэй

шигтгээт талстлаг гнейслэг гранит, 7. Намиг бүрдлийн хар ногоон өнгийн жижиг-дунд ширхэгтэй гнейслэг габбро, габбро-диорит, пироксенит, 8. Идэр бүрдлийн гнейс, гарнит-гнейс, талстат занар, амфиболит, пегматит, үе мэшилээр шохойн чулуу, кварцит, 9. Хагарал, 10. Байрлалын элемент, 11. Дээжийн дугаар

Судалгааны талбайн хэмжээнд Неоархейн Идэр бүрдэл нь нэлээд өргөн тархалттай ба баруун-урдаасаа зүүн-хойш чиглэлтэй сунасан структурыг үүсгэсэн үлдэгдэл гаршууд байдлаар тохиолдоно (Зураг 45.A). Энд гранит-гнейс, диорит-гнейс, амфиболит, мигматит болон, кварцитын үе мэшлүүдээс тогтоно. Уг бүрдэл нь гранитын дэл судлуудаар түрэгдсэн байдаг.



Зураг 45. Шинэ-Идэр талбайн геологийн харьцааг харуулсан фото зурагууд. A, B). Идэр метаморф бүрдлийн гаршийн харагдах байдал. C). Идэр бүрдлийн(баруун талаас) баруун хойш чиглэлтэй дундлаг ба хүчиллэг дэл судлуудаар зүсэгдсэн байдал. D). гранит-гнейс болон мигматитуудад үүссэн “M” төрлийн атираажилтын төрөл.



Мезопротерозойн Намиг бүрдэл нь гнейслэг габбро, габбродиорит, голлон бүрдэх бөгөөд Идэр бүрдлийн метаморф чулуулгийг зүсэж, Тэлмэн бүрдлийн гранитоидоор түрэгддэг. Хил заагийн дотоод хэсэгтээ өнгөт эрдсийн агуулга ихэсч чулуулаг гнейслэг текстуртай болсон байх ба гадаад хэсэгтээ агуулагч чулуулгийн үеийн дагуу нийцлэгээр диорит, плагиогранит, хүчиллэг дэл судлын биетүүд тохиолдохын зэрэгцээ мигматитжих, гранитжих хувирлууд, зарим интрузив чулуулгаар зүсэгдсэн хэсэгтээ метаморф чулуулаг нь роговижсон ажиглагдана.

Неопротерозойн Агьт бүрдэл нь судалгааны талбайн баруун хойд хэсэгт буюу Улаан-Өвөр уул орчимд жижиг биет байдлаар илэрнэ. Уг бүрдлийг [Шижирбаатар нар \(2001Ф\)](#) анх ялгасан ба бие даасан интрузив бүрдлийн хэмжээнд ялгаж гнейслэг гранит, риолитик гранит гнейс болон амфиболит зэрэг чулуулгийн төрөлжилттэй ажиглагдана.

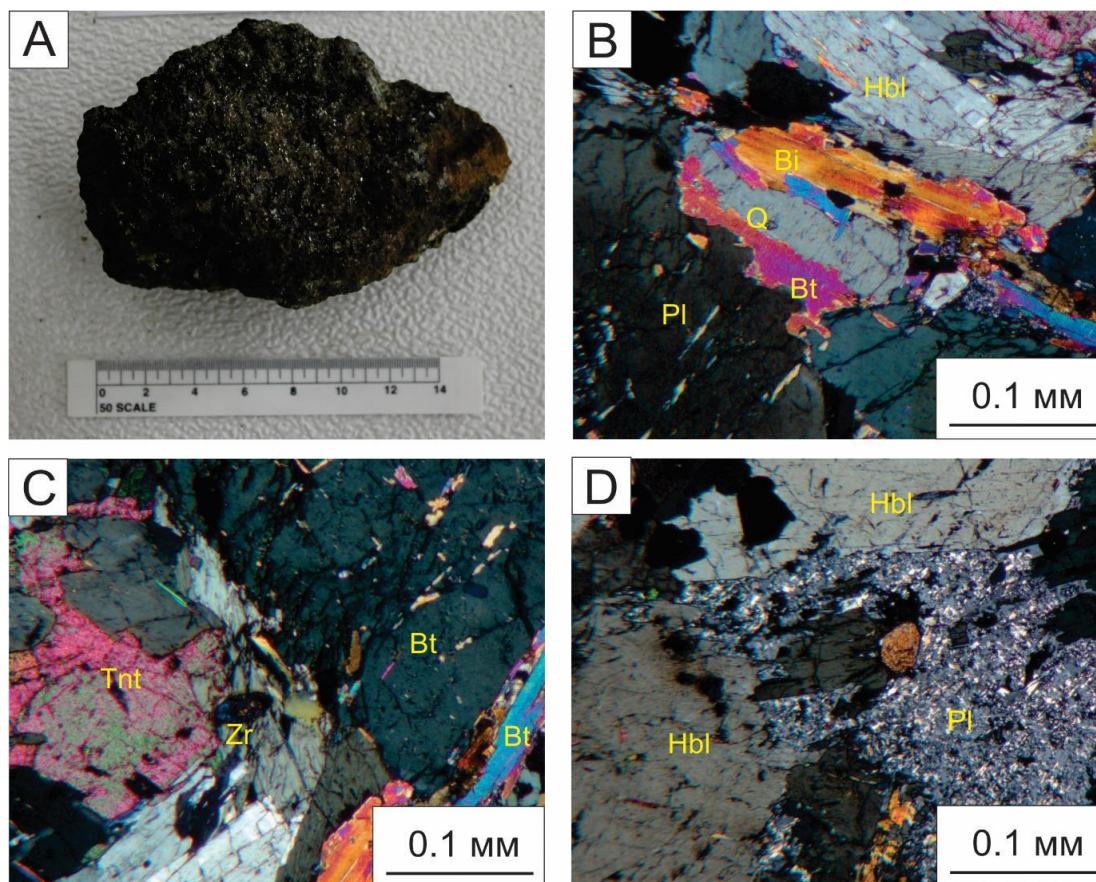
Дунд-хожуу кембрийн Тэлмэн бүрдлийн гранитоид нь судалгааны талбайд өргөн тархалттай ба янз бүрийн хэмжээ бүхий жижиг биетүүдээр илрэх бөгөөд 2 фазад ялгагддаг. 1-р фазын чулуулагт дунд-том ширхэгтэй габбро, габбродиорит, диорит, кварцат диоритоос тогтоно. 2-р фазын чулуулагт гранодиорит, гранит, плагиогранитаас тогтоно. Уг бүрдэл нь хагарлын дагуу суларсан бүсээр жижиг ширхэгтэй габбро, габбродиорит, микродиоритийн дэл судлын биетүүдээр түрэгддэг.

Судалгааны талбай нь Булнайн хагарлын өмнөд хэсэгт орших тул неотектоникийн эвдрэлд ихээр өртөгдөж баруун хойшоо болон зүүн хойшоо чиглэлтэй хагарлуудаар хүчтэй хэрчигдсэн нь агаар сансрын зурагт болон хээрийн ажиглалтаар тод ажиглагдана. Структур геологийн ажиглалт хийж Идэр метаморф бүрдлийн чулуулагт метаморф хавтгайшил болон шугамшил илүү хөгжсөн байдаг нь бусад метаморф бүрдлүүдээс ялгарна. Тухайлбал, гранит гнейс болон мигматитууд нь ихэвчлэн “М” төрлийн атираажилт үүссэн структурын онцлогийг тогтоосон ([Зураг 45](#)). Эдгээр шахалтат тектоник идэвхжилүүд нь Булнайн хагарал болоод Байкалидын тектоник хөдөлгөөнүүдтэй холбоотой гэж үзлээ.

## Петрографи:

Шинэ-Идэр орчмын Идэр бүрдэл, Намиг бүрдэл, Агьт бүрдэл, Тэлмэн бүрдлүүдийн голлох чулуулгийн петрографийн судалгааг гүйцэтгэлээ. Петрографийн судалгаа хийсэн дээжүүд эрдсийн найрлагаараа ойролцоо ба эрдсүүдийн өнгө, хэлбэр төрх, хуваагдлын онцлог, гэрлийн хугарлын илтгэгч өөр хоорондоо төстэй шинжийг үзүүлнэ.

**Дээж: Амфиболит /TR-20-58, 61, 67/** нь хар бараан өнгийн, микропойкилобласт структуртай, занарлаг текстур ажиглагдана. Микроскопоор харахад чулуулаг бүрдүүлэгч гол эрдэс нь эвэрхуурмаг 75-80%, плагиоклаз 10-15%, биотит  $\leq 5\%$  хоёрдогчоор серицит, соссюрит, эпидот-цоизит, хлорит мөн хүдрийн эрдэс, төмрийн усан эрдсүүд тогтоно (Зураг 46). Эвэр хуурмаг нь нематобласт структуртай, мөхлөгийн хэмжээ нь 0.2-2.6 мм цайвар ногооноос хөхдүү ногоон өнгийн плеохроизмтай, энгийн ба полисинтет ихэрлэлттэй, ромбоэдрийн дагуух хоёр чиглэлийн хуваагдлын зураасуудтай, унтралын өнцөг  $27^\circ$ , биотитоор, эпидот-цоизитоор хэсэгчлэн түрэгдэнэ.



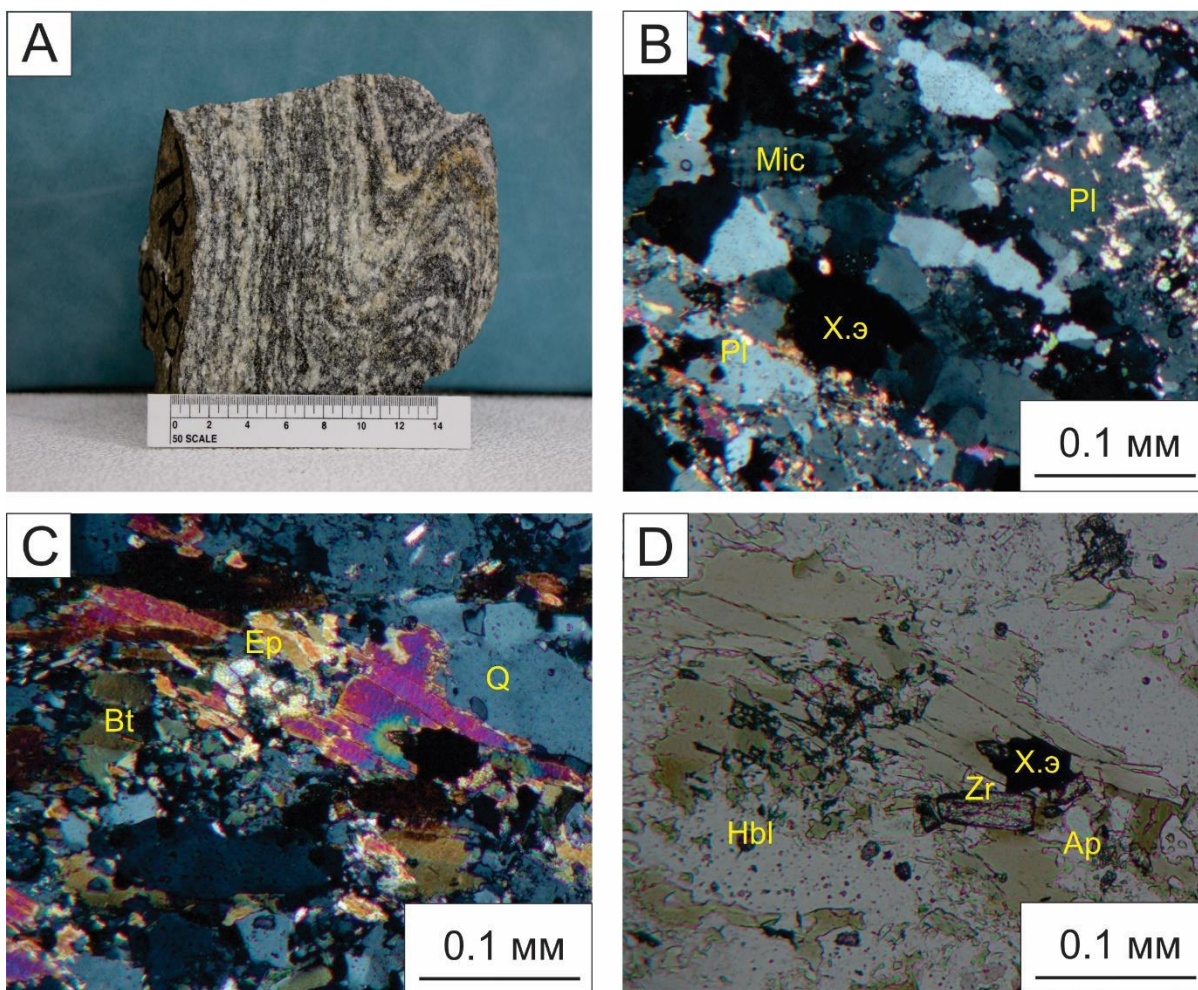
Зураг 46. TR-20-58 дээжийн макро болон петрографийн зурагууд. А). TR-20-58 амфиболит, В). Эвэрхуурмаг биотитоор хэсэгчлэн түрэгдсэн байдал, С). Цайвар ногооноос хөх-ногоон

*плеохроизмтай баганалаг эвэрхуурмаг ба бор шаргалаас улаан хүрэн өнгийн биотит ба эвэрхуурмаг, биотитын ан цавшлаар хөгжсөн титанит, D). Эвэрхуурмаг ба деформацийн нөлөөгөөр муруйж тахийсан плагиоклаз. Өсгөлт 40х. (Hbl – Эвэрхуурмаг; Pl – Плагиоклаз; Bt – Биотит; Q – Кварц; Zr – циркон; Tnt – Титанит)*

Плагиоклазын мөхлөгийн хэмжээ 0.12-1.45 мм серицит - сосюритын агрегатаар жигд бус түрэгдсэн, бүслүүрлэг бүтэц ба полисинтет ихэрлэлтийн заадсууд деформацийн нөлөөгөөр муруйж тахийсан, хоёрдогч хувирлын эрдсүүдийг баримтлан андезинд тохирно. Биотит нь мөхлөгийн хэмжээ 0.06-0.8 мм хуудаслаг, суналын дагуу шулуун унтралтай, цайвар шаргалаас улаан хүрэн өнгийн плеохроизмтай, лепидобласт структуртай, хүдрийн эрдэстэй ассоциаци үүсгэнэ. Хүдрийн эрдэс 0.01-0.12 мм хар өнгөтэй, изометрлэг хэлбэртэй. Акцессор эрдсээр сфен 0.02-0.6 мм хүрэн өнгөтэй, сунасан хэлбэртэй, апатит нь 0.01- 0.2 мм өнгөгүй, призм хэлбэртэй, циркон нь 0.02-0.11 мм өндөр рельефтэй, призм хэлбэртэй, тод интерференцийн өнгөтэй.

**Дээж: Гранит-гнейс /TR-20-55, 57, 62/** нь энгийн нүдээр харахад өнгөт ба өнгөгүй эрдсүүд нь ялгарч харагддаг цайвар шаргалаас хар ногоон өнгийн микропойкилобласт структур болон гнейс маягийн текстур ажиглагдана. Микроскопоор харахад эрдэслэг бүрэлдэхүүнд микроклин 25-30%, плагиоклаз 15-20%, кварц 25-30%, биотит 5-10%, мусковит ≤5% хоёрдогчоор пелит, альбит, серицит, мусковит, хлорит ба хүдрийн эрдэс тохиолдоно ([Зураг 47](#)). Микроклин 0.2-0.3 мм хэмжээтэй пелитээр өнгөц бохирдсон, хавтанлаг хэлбэртэй, сараалж бүтэц ба альбитын толболог бичил ургалтууд ээлжлэн тодорсон, плагиоклазыг хэсэгчлэн түрж, кварцын микропойкилобласт мөхлөг агуулна. Плагиоклаз 0.15-1.0 мм хэмжээтэй серицитээр өнгөц түрэгдсэн, полисинтет ихэрлэлттэй, микроклинээр хэсэгчлэн түрэгдэж, гнейсжих процессын нөлөөгөөр кварцын микропойкилобласт мөхлөг агуулсан, плагиоклазын гэрлийн хугарлын илтгэгч кварцынхаас бага тул олигоклазад тохирно.





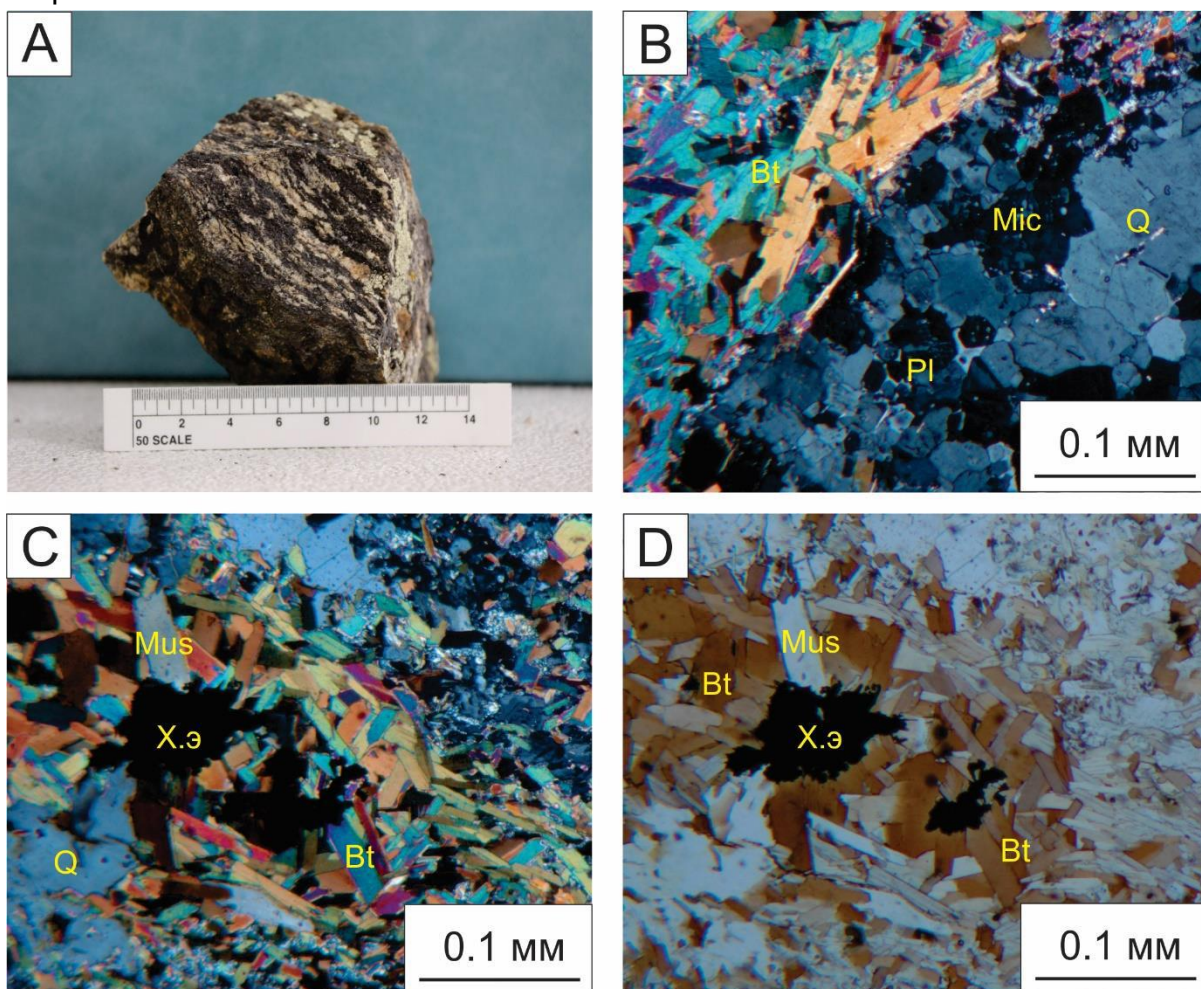
Зураг 47. TR-20-62 дээжийн макро болон петрографийн зурагууд. А). Гранит-энейс макро дээж, В). Торлог бүтэцтэй микроклин, С). Эпидот, мусковит ба биотитын толболог агрегат, нэг никольд D). Биотитыг түрж өнгөөгүй мусковит, эпидоит түрж, титанит, апатит, циркон ба хүдрийн эрдэс хамт тохиолдоно. Өсгөлт 40х. (Hbl – Эвэрхуурмаг; PL – Плагиоклаз; Bt – Биотит; Mic – Микроклин; Q – Кварц; Zr – циркон; Ap – Апатит; Ep – Эпидот; Х.э – Хүдрийн эрдэс)

Кварц 0.01-0.2 мм өнгөгүй, долгиолог унтралтай, дахин кристалжилтын нөлөөгөөр бластезад автаж, бөөрөнхийдүү хэлбэртэй, харилцан адилгүй хэмжээтэй гетерогранобласт структуртай агрегат үүсгэнэ. Биотит нь 0.03 -0.18 мм хуудаслаг, шулуун унтралтай, цайвар шаргалаас бор хүрэн өнгийн плеохроизмтай, цайвар шаргал өнгөтэй эпидот-цоизитын мөхлөгт 0.02-0.05 мм агрегат ба мусковитоор түрэгдсэн толболог агрегат үүсгэжээ. Мусковит 0.02-0,4 мм өнгөгүй, хуудаслаг, суналын дагуу шулуун унтралтай, биотитийг хэсэгчлэн түрнэ. Хүдрийн эрдэс 0.01-0.35 мм улаан хүрэн өнгөтэй, тэгш ба олон өнцөгт хэлбэртэй. Сфен/титанит/ 0.02-0.08 мм хүрэн өнгөтэй,



сунасан хэлбэртэй. Апатит 0.01- 0.05 мм өнгөгүй, гексагон зүсэлттэй призм хэлбэртэй. Циркон нь 0.01- 0.06 мм өндөр рельефтэй, шовх оройтой призм хэлбэртэй, тод интерференцийн өнгөтэй.

**Дээж: Биотиттой диорит гнейс /TR-20-51, 66/** нь энгийн нүдээр харахад өнгөт эрдэс давамгайлсан бараан цайвар өнгийн лепидогранноблост структуртай гнейс маягийн текстуртэй. Микроскопоор харахад эрдэслэг бүрэлдэхүүнд микроклин 20-25%, плагиоклаз 10-15%, кварц 15-20%, биотит 35-40%, мусковит  $\leq 5\%$  ба хоёрдогчоор пелит, альбит, серицит, мусковит, хлорит мөн хүдрийн эрдэс тохиолдоно (Зураг 48). Микроклин 0.2-1.0 мм хэмжээтэй.



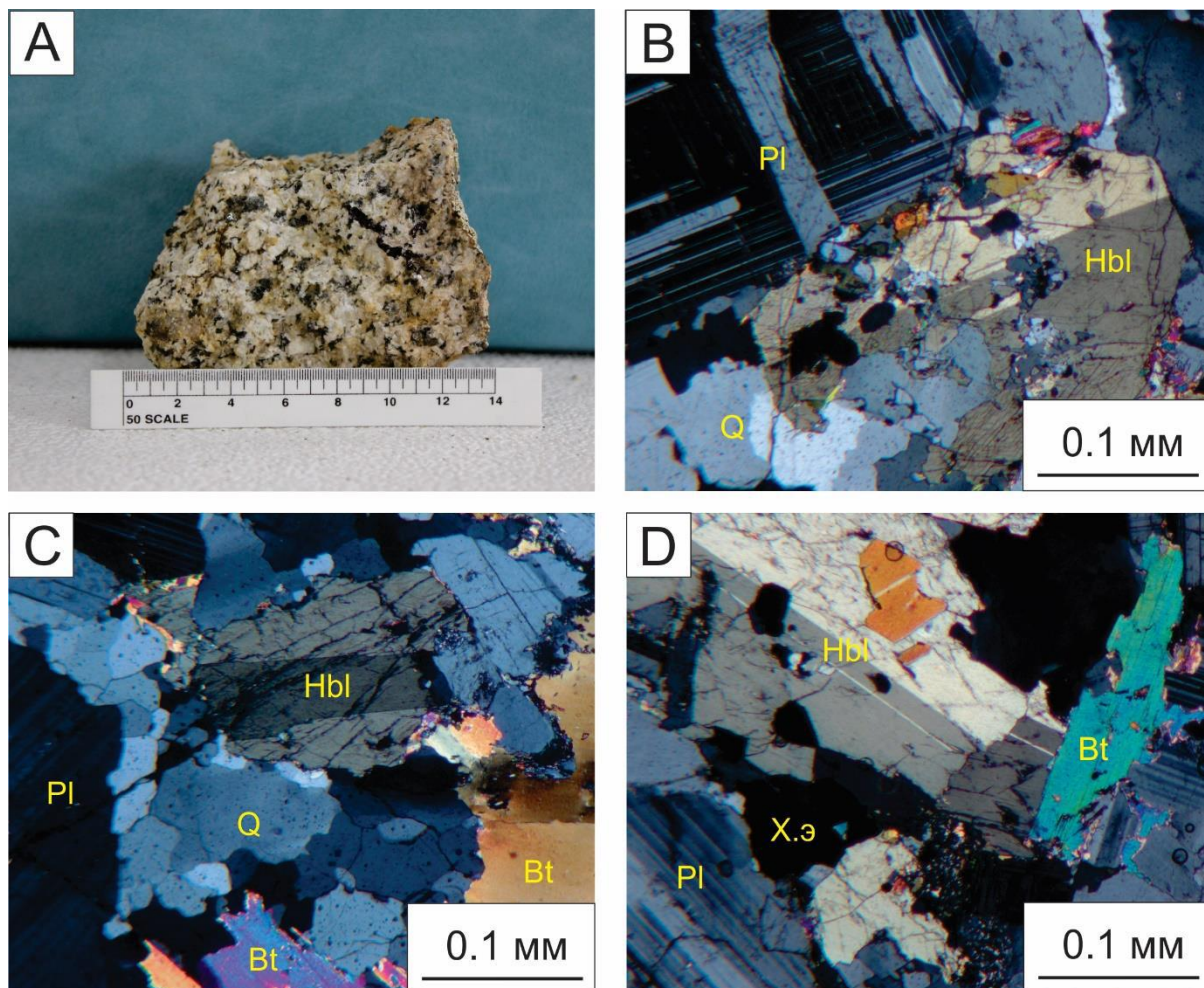
Зураг 48. TR-20-66 дээжийн макро болон петрографийн зурагууд. А). Гранит гнейс макро дээж, В). Микроклинээр хэсэгчлэн түрэгдсэн плагиоклаз, изометрлэг кварц ба мусковит-биотитын толболог агрегат, С). Мусковит-биотитын лепидобласт агрегаттай хамт хүдрийн эрдэс тохиолдоно, өсгөлт 40х, микроскопын нэг никольд: D). Өнгөөгүй мусковит, цайвар шаргалаас улаан хүрэн плеохроизмтай биотит ба хар өнгийн

*хүдрийн эрдэс. Өсгөлт 40х. (PL – Плагиоклаз; Bt – Биотит; Mic – Микроклин; Mus – Мускоюит; Q – Кварц; Х.э – Хүдрийн эрдэс)*

Плагиоклаз 0.1-0.75 мм хэмжээтэй серицитээр харилцан адилгүй түрэгдсэн, полисинтет ихэрлэлттэй, микроклинээр хэсэгчлэн түрэгдэж, кварцаар коррозилгодож, гнейсжих процессын нөлөөгөөр кварцын микропойкилобласт агуулсан олигоклазад тохирно. Кварц 0.01-0.3 мм хэмжээтэй өнгөгүй, Биотит 0.03-0.45 мм хуудаслаг, шулуун унтралтай, цайвар шаргалаас улаан хүрэн өнгийн плеохроизмтай, мусковиттой хамт лепидобласт структуртай агрегат үүсгэнэ. Мусковит 0.03-0.54 мм хуудаслаг. Хүдрийн эрдэс 0.01- 0.25 мм улаан хүрэн өнгөтэй, тэгш ба олон өнцөгт хэлбэртэй.

**Дээж: Эвэрхуурмагтай диорит /TR-20-52, 53, 54, 60, 64/ нь энгийн нүдээр харахад цайвар саарал өнгөтэй, гипидиоморф мөхлөгт, бүрэн талстжсан жигд структуртай цул нягт текстуртай. Микроскопоор харахад эрдэслэг бүрэлдэхүүнд плагиоклаз 50-55%, кварц 5-10%, эвэрхуурмаг 10-15%, биотит 15-20% хоёрдогчоор серицит, соссюрит, эпидот-цоизит, хлорит, төмрийн услаг эрдсүүд ба хүдрийн эрдэс тохиолдоно. (Зураг 49). Плагиоклаз сунасан харьцангуй зөв хэлбэртэй, мөхлөгийн хэмжээ нь  $\leq 2,5$  мм призмлэг, бүслүүрлэг бүтэц ба полисинтет ихэрлэлттэй, голдуу хоёрдогч эрдсүүдээс цэвэрлэгдсэн гадаргуутай, заримдаа ялтаслаг серицит-соссюритлог агрегатаар хэсэгчлэн түрэгдсэн байна. Плагиоклазын симметрийн унтралын өнцөг  $20^\circ$  андезин And38. Кварц 0.01-0.85 мм хэмжээтэй өнгөгүй, долгиолог унтралтай, дахин кристалжилтын нөлөөгөөр бөөрөнхийдүү, янз бүрийн хэмжээтэй агрегат үүсгэнэ. Эвэрхуурмаг 0.07-1.4 мм цайвар ногооноос хөхдүү ногоон өнгийн плеохроизмтай, ромбоэдрийн дагуух хоёр чиглэлийн хуваагдлын зураасуудтай, унтралын өнцөг  $27^\circ$ , биотитоор хэсэгчлэн түрэгдэнэ. Биотит (0.05-1.2 мм) хуудаслаг, хүдрийн эрдэс 0.01- 0.25 мм улаан хүрэн өнгөтэй, сфен/титанит/ 0.02 – 0.1 мм хүрэн өнгөтэй, сунасан хэлбэртэй. Апатит (0,01- 0,08 мм) өнгөгүй, гексагон зүсэлттэй призм хэлбэртэй. Циркон 0.01- 0.02 мм, өндөр рельефтэй байна.**





Зураг 49. TR-20-64 дээжийн макро болон петрографийн зурагууд. А) Дээжийн макро зураг, В) полисинтет ихэрлэлттэй плагиоклаз ба эвэрхуурмаг, С). плагиоклаз, дахин кристалжсан кварц, эвэрхуурмаг ба биотит, D) Биотитоор түрэгдэж буй эвэрхуурмаг ба хүдрийн эрдэс. Өсгөлт 40х. (Hbl – Эвэрхуурмаг; PL – Плагиоклаз; Bt – Биотит; Q – Кварц)

## ГЕОХИМИЙН СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН:

Шинэ-Идэр орчмын Идэр бүрдлийн амфиболит /TR-20-58; 61; 67/ нь SiO<sub>2</sub> (43.25-51.88 %), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (12.71—14.5%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (10.04-20.09 %), CaO (9.73-11.11%), MgO (6.63-9.06%)-ны өндөр агуулгатай, Na<sub>2</sub>O (0.93-2.45%) , TiO<sub>2</sub> (0.29-2.22%), K<sub>2</sub>O (0.55-2.43)-дунд зэргийн, MnO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-ийн бага агуулгатай байна. Амфиболит нь шүлтлэгдүү базальтаас андезит базальтын найрлагатай (Winchester and Floyd 1977) (Зураг 50.B), AFM диаграмм (Irvine and Barager, 1971) дээр толейтийн эгнээнд хамаарч байна (Зураг 50D).

Амфиболитийн дээжүүдэд ГХЭ-ийн нийлбэр 27.68-286.6 г/т агуулгатай, хөнгөн газрын ховор (ХГХЭ) болон хүнд газрын ховор (ХүГХЭ)-ийн фракцжилт сайтай, (La/Yb)<sub>N</sub> 1.2-3.16 бага харьцаатай байна. TR-20-58 дугаарын дээжинд Eu-ийн сөрөг, бусад дээжүүдэд Eu-ийн гажилгүйгээр ГХЭ-ийн жигд тархалтыг үзүүлнэ (Зураг 51). Сарнимал элементүүдийн агуулгыг анхдагч мантид нормчилсон (Sun and McDonough, 1989) спайдер диаграмм байгуулахад ионы радиус томтой элементээр баяжсан, харин өндөр цэнэгтэй элементээр (Nb, Ti,) буурсан тархалтыг үзүүлнэ (Зураг 52). Геодинамик орчинг тодруулах зорилгоор Nb-Y ба, Rb-(Y+Nb) зэрэг элементүүдийн агуулгын хэмжээнд тулгуурлан дискриминацийн диаграммуудыг байгуулахад ихэнх дээжүүд вулканы нумын геодинамик нөхцөлд үүссэнийг харин TR-20-58 дугаарын дээж плит доторх буюу завсрын нөхцөлийг харуулна (Зураг 65). Дээжүүдэд Eu болон Sr-ийн ялгаатай гажил үзүүлж буй нь магадгүй метаморф анхдагч орчин өөр байсныг илтгэнэ.

Идэр бүрдлийн гранит-гнейс /TR-20-55; 57; 62/-д SiO<sub>2</sub> (68.61-71.92 %), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (13.88-15.5%) агуулга, шүлтийн нийлбэр (6.6-7.4 %) өндөртэй, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (2.21-3.25 %), CaO (2.3-3.5%) агуулга дунд, MgO (0.73-1.2%)-ийн агуулга багавтар, MnO (0.02-0.03%), TiO<sub>2</sub> (0.19-0.39%), P<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0.06-0.12%)-ийн ислүүд харьцангуй бага агуулгатай байна. Цахиурын ислийг (SiO<sub>2</sub>) шүлтийн нийлбэртэй (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) харьцуулсан чулуулгийн ангиллын диаграмм дээр Идэр бүрдлийн гранит-гнейс шүлтлэгдүү найрлагатай (Зураг 50.E), хөнгөн цагааны ханалтын индексийн A/CNK-A/NK (0.94-1.03) диаграмм дээр бүх дээжүүд хөнгөн цагаанаар дунд зэрэг ханасан талбайд бууж байгаа ба Чаппел нарын (Chappel et al., 1974) гранитоидын ангиллаар I төрөлд хамаарагдаж байна (Зураг 50.F).



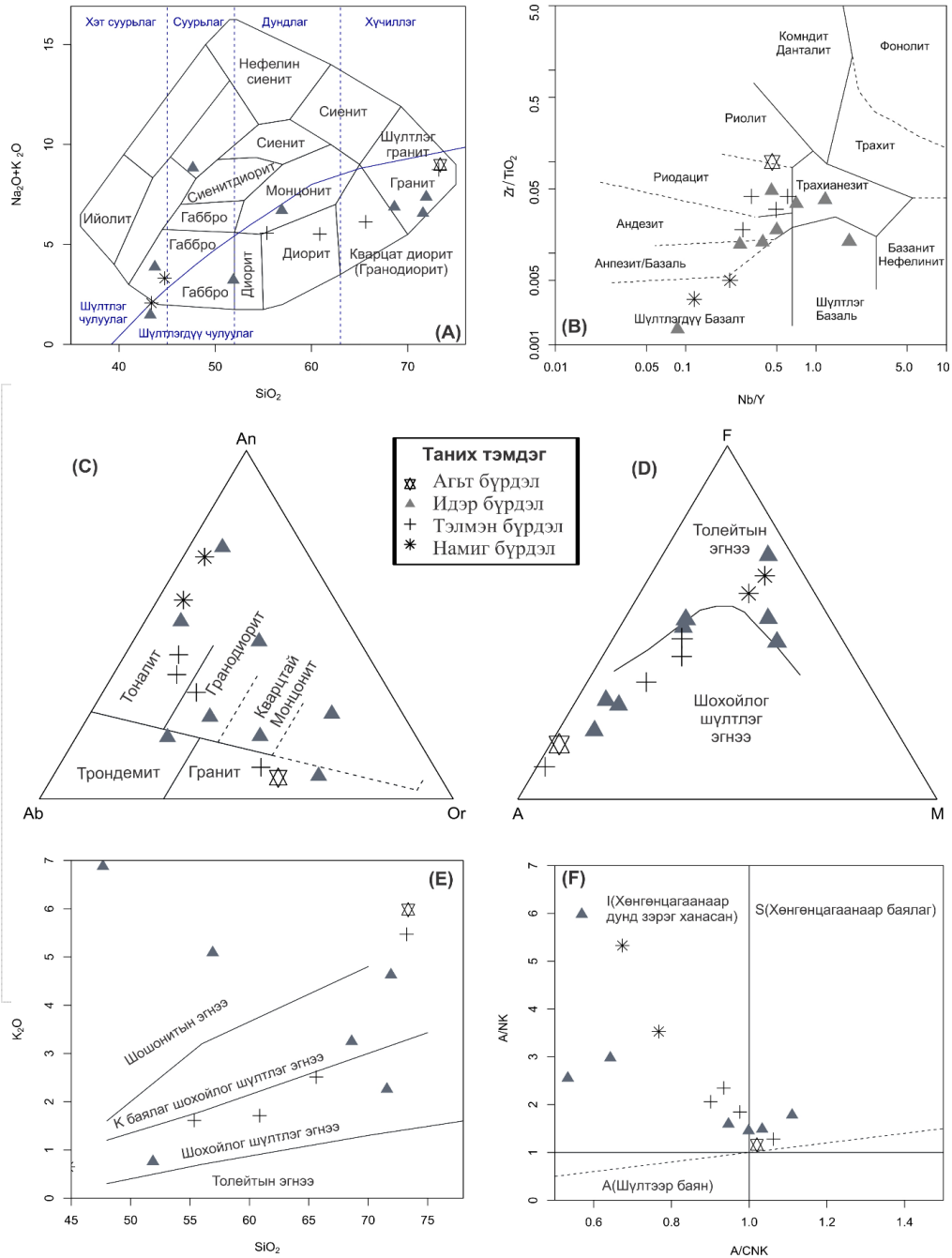
ГХЭ-ийн нийлбэр дүнгийн 58.08-251.64 г/т агуулгатай, (La/Yb)<sub>N</sub> 14.24-39.34 харьцаатай байна. Чулуулгийн ГХЭ-ийн агуулгыг хондритод нормчилсон агуулгатай диаграмм байгуулахад чулуулаг нь ХөГХЭ-ээр баяжсан, ХүГХЭ-ээр ядуурсан төрхтэй ба Eu-ийн эерэг гажил үзүүлнэ (Зураг 51). ХөГХЭ-үүд царцдасд илүү баяжигддаг онцлогтой. Уг гранитоидын Eu-ийн эерэг гажил нь магадгүй чулуулаг дахь эх үүсвэрт плагиоклазын оролцоо багатайг илтгэнэ.

Эдгээр чулуулагт сарнимал элемент Ba; 1243-2223 г/т, Rb; 60.4-137 г/т, Sr; 383-791 г/т-ийн агуулга өндөртэй, Nb; 4-8 г/т ба Ta; 0.5 г/т, Y; 5.7-17.6 г/т, Yb; 1.2-3.2 г/т-ийн бага агуулгатай, Sr/Y; 21.76-138.77 харьцаа өндөр байна. Сарнимал элементүүдийн агуулгыг анхдагч мантид нормчилсон (Sun, McDonough, 1989) спайдер диаграмм байгуулахад ионы радиус томтой элементээр (Ba, La, Ce) баяжсан, харин өндөр цэнэгтэй элементээр (Nb, Ta, Ti) буурсан тархалтыг үзүүлнэ (Зураг 53). Гранитоидын үүссэн геодинамик орчинг тодруулах зорилгоор Nb-Y ба, Rb-(Y+Nb) зэрэг элементүүдийн агуулгын хэмжээнд тулгуурлан дискриминацийн диаграммуудыг байгуулахад вулканы нумын геодинамик нөхцөлд үүссэнийг харуулна (Зураг 54). Дээрх геохимийн үр дүнгээс дүгнэж үзэхэд Идэр бүрдлийн үелэг гранит-гнейс дахь Ba, Sr -ийн өндөр агуулга, Sr /Y харьцаа өндөртэй, Nb, ба Ta-ийн хос бууралт, ХүГХЭ-ийн бага агуулга зэрэгт үндэслэн субдукцын бүсийн магмын нумын нумын бүтээгдэхүүн болохыг илэрхийлнэ.

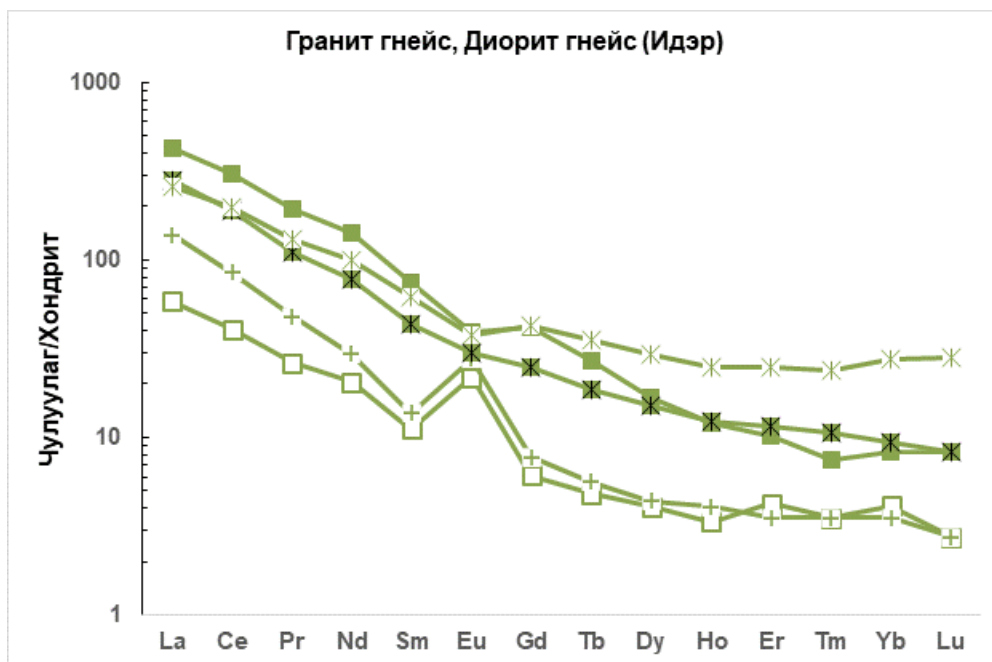
Идэр бүрдлийн диорит-гнейс /TR-20-51; 66/-д 47.67-56.91%-ийн SiO<sub>2</sub> агуулгатай, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (17.47—18.98%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (11.05-13.21 %), шүлтийн нийлбэр (6.7-8.8 %) өндөртэй, CaO (0.7-3.5%), MgO (2.87-3.74%), TiO<sub>2</sub> (1.3-1.5%)-ийн дунд зэргийн агуулгатай байна. Цахиурын ислийг (SiO<sub>2</sub>) шүлтийн нийлбэртэй (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) харьцуулсан ангиллын диаграмм дээр Идэр бүрдлийн диорит-гнейс хэт шүлтлэг найрлагатай байна. Хөнгөн цагааны ханалтын индексийн A/CNK-A/NK (1.11) диаграмм дээр буух ба хөнгөн цагаанаар ханасан дунд талбайд бууж байгаа ба Чаппел нарын (Chappel et al., 1974) гранитоидын ангиллаар I төрөлд хамаарагдаж байна (Зураг 50.F).

ГХЭ-ийн нийлбэр дүнгийн 283.56-404.47г/т өндөр агуулгатай, (La/Yb)<sub>N</sub> 9.39-51.77 хэлбэлзэл бүхий харьцаатай байна. Чулуулгийн ГХЭ-ийн агуулгыг хондритод нормчилсон агуулгатай диаграмм байгуулахад чулуулаг нь ХөГХЭ-ээр баяжсан, ХүГХЭ-ээр буурсан төрхтэй. Eu-ийн маш сул сөрөг гажил үзүүлнэ (Зураг 51).

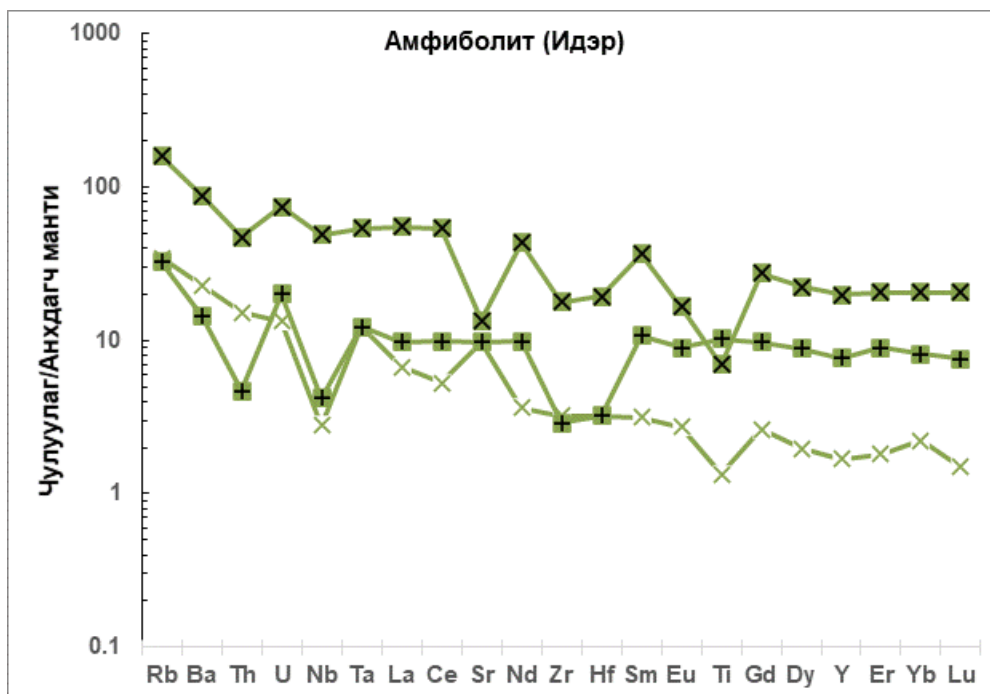
Эдгээр чулуулагт Rb, Ba-р баяжсан, Sr дунд зэргийн агуулгатай, Sr/Y харьцаа 6.74-19.07 г/т агуулга бүхий онцлог шинжийг үзүүлнэ. Сарнимал элементүүдийн агуулгыг анхдагч мантид нормчилсон (Sun and McDonough, 1989) спайдер диаграммд ионы радиус томтой (Rb, Th, La, Ce, Nd) гэх элементүүдээр баяжсан, харин өндөр цэнэгтэй элемент ( Nb, Ta, Ti,) буурсан тархалтыг үзүүлнэ (Зураг 53). Гранитоидын үүссэн геодинамик орчинг тодруулах зорилгоор Nb-Y болон, Rb-(Y+Nb) зэрэг элементүүдийн агуулгын хэмжээнд тулгуурлан дискриминацийн диаграммуудад вулканы болон плит доторх гранитоидын бүсэд хамаарч байна. Идэр бүрдлийн диорит-гнейс нь Sr агуулга буурсан, Sr /Y харьцаа багатай, мөн Nb болон Ta-ийн хамаарал нь харилцан буурсан геохимийн онцлог төрхүүд ажиглагдана.



Зураг 50. А).  $\text{SiO}_2$  ба  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  ислийн харьцуулсан диаграмм (Cox, et al., 1979). В). Вулканоген чулуулгийн ангиллын диаграмм (Winchester and Floyd, 1977)-д Идэр бүрдлийн амфиболитийн дээжүүд шүлтлэгдүү базальтаас андезит базальтын найрлагатай байна. С). Ab-An-Or-ийн хамаарлын гурвалжин диаграмм (O'Connor, 1965). D). AFM диаграмм (Irvine and Baragar., 1971). E).  $\text{SiO}_2$  ба  $\text{K}_2\text{O}$ -ийн хамаарлын диаграмм (Le Maitre et al., 1989). F) Хөнгөн цагааны ханалтын индексийн  $\text{A}/\text{CNK}$ - $\text{A}/\text{NK}$  (Chappel et al. 1974) диаграмм.

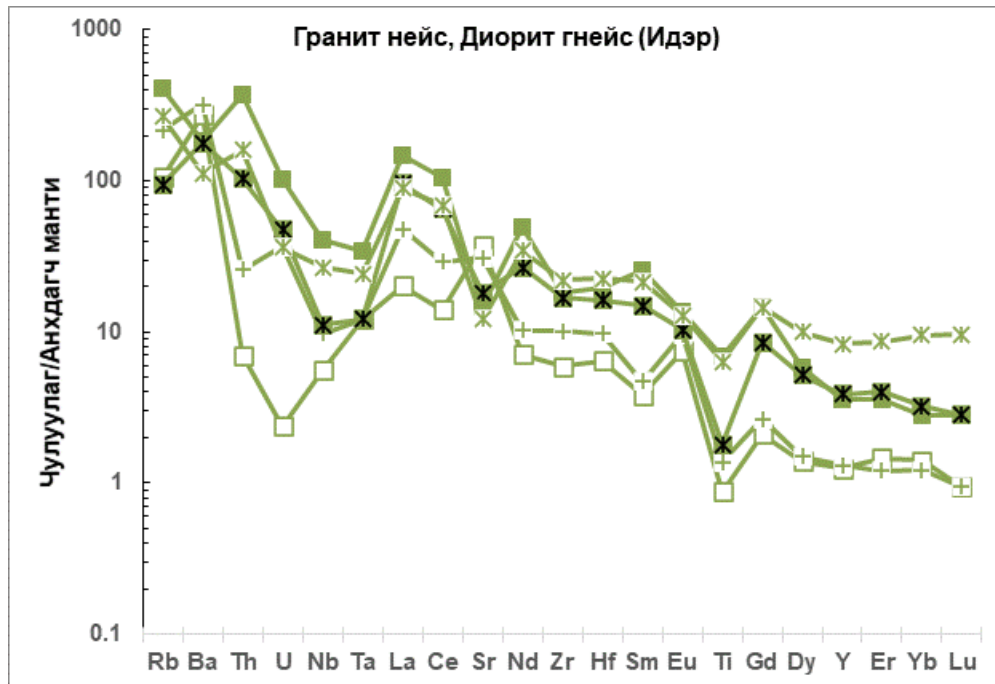


Зураг 51. ГХЭ элементийг хондритын найрлагад нормчилсон тархалтын диаграмм (Sun and McDonough, 1989)



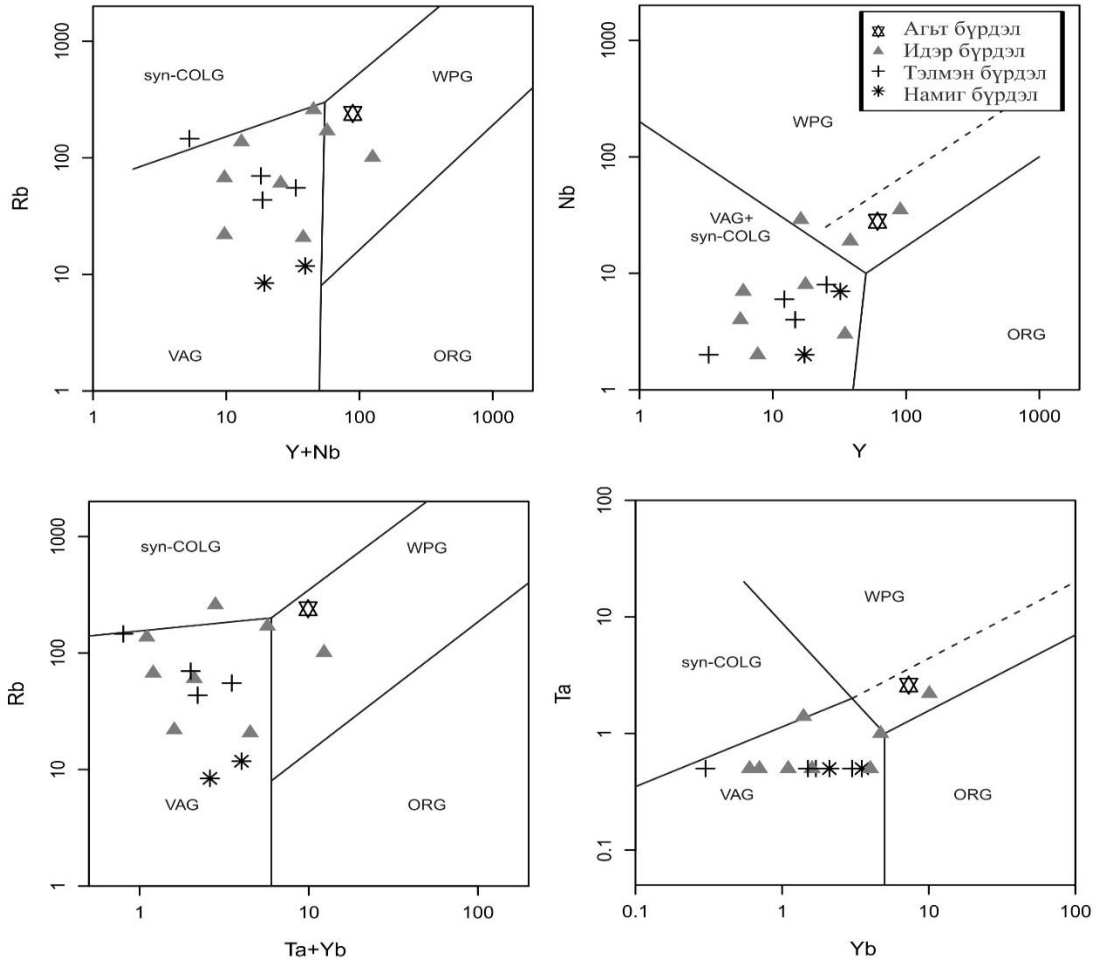
Зураг 52. Сарнимал элементүүдийн агуулгыг анхдагч мантид нормчилсон (Sun and McDonough, 1989)





Зураг 53. Сарнимал элементийг анхдагч мантийн найрлагад нормчилсон тархалтын диаграмм (Sun and McDonough, 1989)

Чулуулгийн геохимийн хувьд бидний судалгаагаар Шинэ-Идэр орчмын Идэр бүрдлийн амфиболит болон диорит-гнейс, Агьт бүрдлийн гранит гнейс, Намиг бүрдлийн габбродиорит, диоритууд нь петро-геохимийн шинжээрээ ижил, геологийн тогтоц, структураараа өөр төрхтэй байна. Чулуулгуудад  $\text{SiO}_2$  (43.25-56.91 %),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (12.71—19.39%),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (7.43-20.09 %),  $\text{CaO}$  (2.3-10.46%),  $\text{MgO}$  (2.43-9.06%)-ны өндөр агуулгатай,  $\text{Na}_2\text{O}$  (0.93-2.66%) ,  $\text{TiO}_2$  (0.29-2.22%),  $\text{K}_2\text{O}$  (0.55-6.88)-ийн бага агуулгатай байна. Амфиболит нь шүлтлэгдүү базальтаас андезит базальтын (Зураг 50В), AFM диаграмм (Irvine and Barager, 1971) дээр амфиболит болон Намигийн дээжүүд толейтийн, бусад дээжүүд шохойлог шүлтлэг найрлагатай байна. Идэр болон Намиг бүрдлүүдийн ихэнх дээжүүд вулканик нумын /VAG/ нөхцөлд үүссэн төрхтэй, Агьтийн дээж плит доторх буюу завсрын бүсийн нөхцөлд үүссэн шинжийг харуулна (Зураг 54). Эндээс судалгааны талбайн неопротерозойн Агьт бүрдлийн чулуулгууд нь ялгаатай геодинамик нөхцөлд үүссэн нь тодорхой байна.



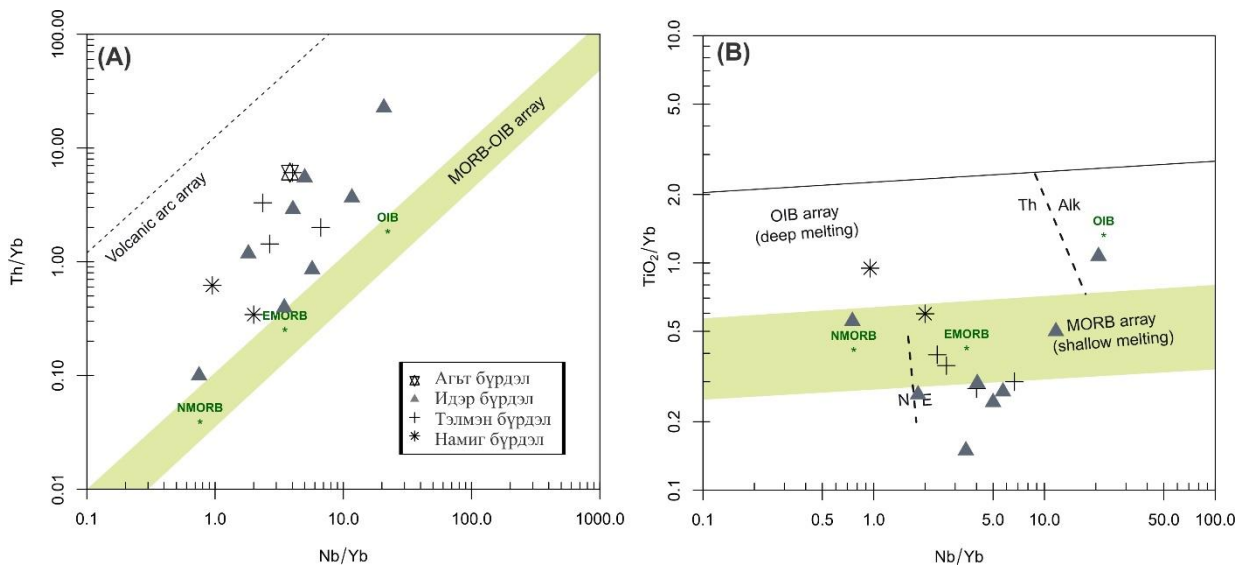
Зураг 54. Гранитоидын үүссэн нөхцөлийг тодорхойлох Rb – (Y+Nb) ба Nb-Y, (Ta+Yb)-Rb, Yb-Ta дискриминацийн диаграммууд (Pearce et al., 1984).

ГХЭ-ийн хувьд нийлбэр дүнгийн өндөр агуулгатай, ХөгХЭ болон ХүГХЭ-ийн фракцжилт сайтай,  $(La/Yb)_N$  1.2-51.77 (дундаж 12.7) бага харьцаатай, Eu-ийн сөрөг, буюу гажилгүй жигд тархалт (зураг 8) болон Eu-ийн ялгаатай гажил үзүүлж буй нь магадгүй метаморф анхдагч орчин өөр байсныг илтгэнэ.

Түүнчлэн Шинэ-Идэрийн талбайн чулуулгийн нас болон найрлагын хувьд ойролцоо тогтоцтой метаморф болон гранитоид бүрдлүүд нь ихэвчлэн вулканы арлан нумын гранитоидод хамаарна. Чулуулгийн эх үүсвэрийг тодруулах зорилгоор Nb/Yb ба Th/Yb болон Nb/Yb ба  $TiO_2/Yb$ -ийг харьцуулахад ихэнх дээжүүд баяжигдсан далайн голч нуруу (E-MORB) болон далайн арлын базальт (OIB) хооронд буух бөгөөд энэ нь магма-царцдасын холилдолттой субдукцын шинжийг илтгэнэ (Зураг 55). Эндээс Намиг бүрдэл нь баяжсан далайн царцдастай шууд холбоотой (E-MORB) бөгөөд далайн субдукцын эхний шатны хайлалттай холбоотой, харин Идэр, Агьт, Тэлмэн

бүрдэл нь далайн арлын базальт буюу эх газрын царцдасын оролцоотой байгааг харуулж байна (Зураг 55). Харин Агьт бүрдэл нь бусад бүрдлүүдээсээ ховор элементийн геохимийн шинжээрээ илүү онцлог шинжтэй, тухайлбал хондриттой нормчилсон ховор элементийн диаграмм дээр Eu-ийн сөрөг гажил үзүүлж чулуулаг дахь эх үүсвэрт плагиоклазын үүргийг илтгэнэ.

Төв-Азийн ороген бүсэд орших метаморф бүсүүдийн үлдэгдэл цухуйцын геологи, геохими болон үнэмлэхүй насны судалгаагаар эхний шатандаа Родина тивийн эргэн тойронд орших далайн хөгжилтэй холбоотойгоор үүссэн кембрийн өмнөх метаморф талст бүрдлүүдийг илэрхийлдэг, харин мезо-неопротерозойн метакомплексг Палеоазийн далайн хөгжилтэй холбон тайлбарладаг байна (Kozakov et al., 2011). Төв Монголын хойд хэсэгт орших Тарвагатайн блокийн хэмжээнд эртний их тивийн үлдэгдэл ба талст суурийн хэсэгт Идэр метаморф талст бүрдэл, Намиг болон Агьтийн мета комплексууд зүй ёсоор хамаарагдаж байгаа бөгөөд 2520-2550 сая жил болон 1860 сая жилийн нас нь Сибирь, Хойд Хятад, Таримын эртний чулуулгийн настай дүйж байна.



Зураг 55. А) Nb/Yb dg Th/Yb харьцуулсан диаграмм (Pearce et al. 2008) В) Nb/Yb ба TiO<sub>2</sub>/Yb харьцуулсан диаграмм (Pearce et al. 2008)

Шинэ-идэр орчмын эртний талст метаморф чулуулаг болон гранитоид чулуулгийн петро-геохимийн онцлог шинж чанар, тэдгээрийн бодисын найрлага, гарал үүслийн асуудлыг нарийвчлан судлах нь Тарвагатайн блокийн цаашлаад Төв-Азийн эртний

талст суурийн геологийн судалгаа, палеогеодинамикийн сэргээн босголтын хувьд чухал ач холбогдолтой юм.

**Дүгнэж үзвэл:** Шинэ-идэр орчмын эртний талст метаморф чулуулгийн петрографийн эрдсийн бүрэлдэхүүн, тэдгээрийн үүсч хөгжсөн зүй тогтол, геохимийн онцлог шинж чанар, тэдгээрийн найрлага, эх үүсвэрийг тогтоож Тарвагатайн блокийн геологийн судалгаа, палеогеодинамикийн сэргээн босголтын геологийн хөгжлийг тодорхойлоход чухал шинэ мэдээллийг бүрдүүллээ.

Шинэ-Идэр орчмын кембрийн өмнөх Идэр бүрдлийн амфиболит, диорит-гнейс, Намиг бүрдлийн габбродиорит, диорит, шинжээрээ ойролцоо төрхтэйг тогтоов. Харин, Агьт бүрдлийн гранит гнейс нь петрохими болон геохимийн шинж чанараараа илүү ялгарах бөгөөд плит дундын буюу неопротерозойн эх газрын тэлэлтийн орчинд үүссэн гэж судалгааны үр дүн харууллаа.

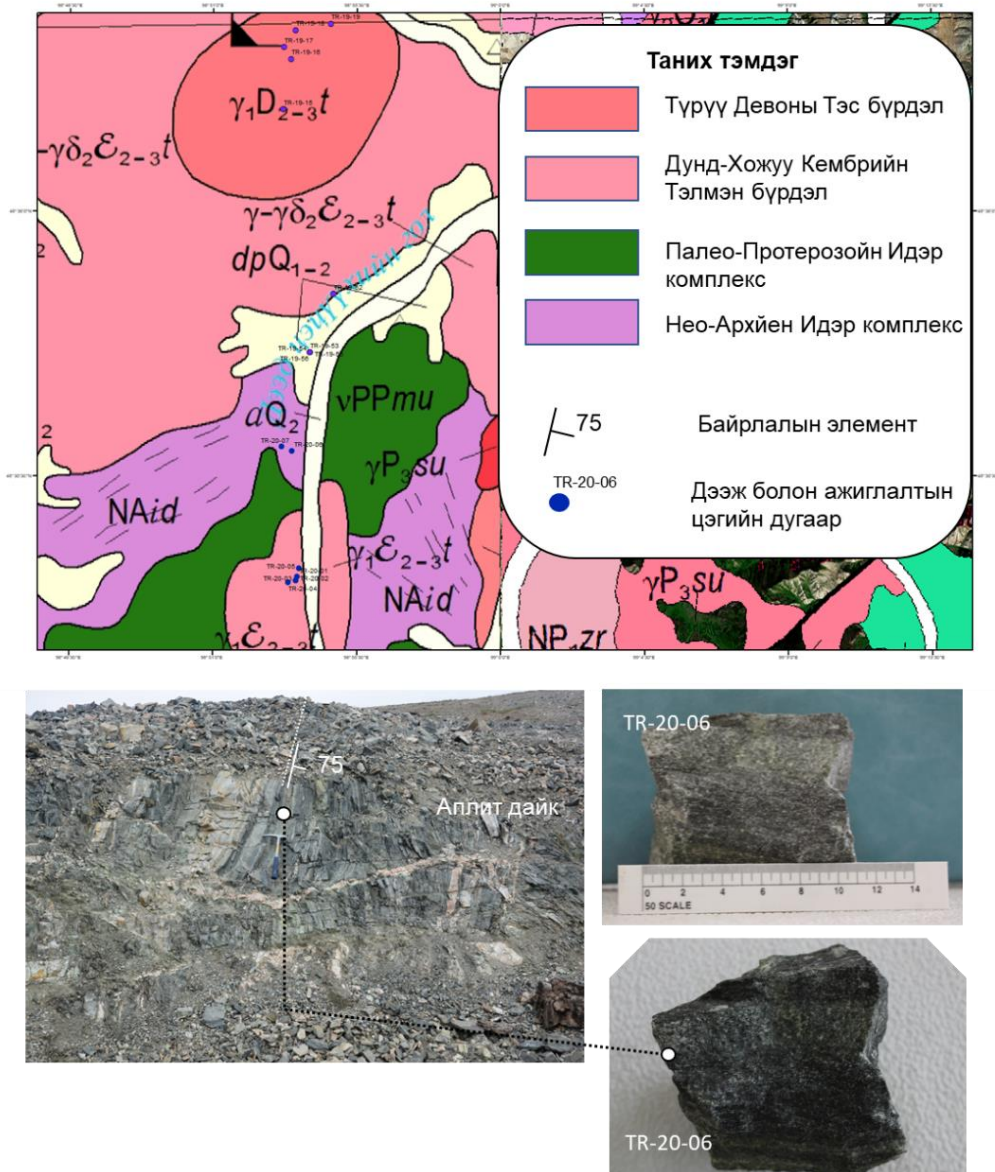
## ЦЭЦҮҮХ БРИГАДЫН ТАЛБАЙН СУДАЛГАА

Судалгааны талбай нь Солонготын Давааны дагуу байрлах бөгөөд өмнөх судалгааны ажлуудаар PPid метаторф комплекст ангилсан. Цэгт хүчтэй деформацид орсон ортогнейсын үеүд, эдгээр нь аплит болон кварын 20 см өргөн, сун.110 азимут бүхий судал дайкуудаар хэрчигдсэн байдаг. Энэхүү хил заагт хүчтэй эпидотжилт ажиглагдах ба ортогнейс нь тоналитлаг найрлагатай (Зураг 56).

### Хүснэгт 5

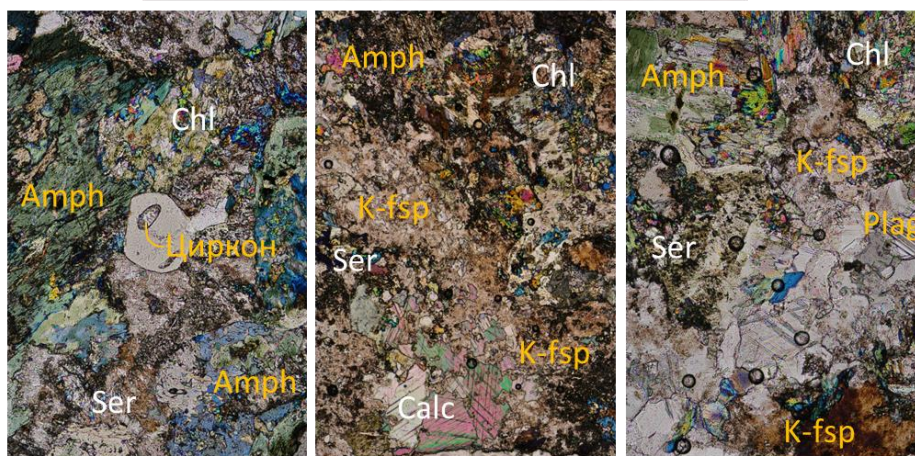
	Lat	Long	Elevation (m)	Орон нутгийн нэр	Формац/Бүрдэл - 200К	Чулуулаг
TR-20-01	48.47367	95.89406	1869	Цэцүүх бригад (Их-Уул, Завхан)	Тэлмэн 1 (E-O)	Габбродиорит
TR-20-02	48.47367	95.89406	1897	Цэцүүх бригад (Их-Уул, Завхан)	Тэлмэн 1 (E-O)	Гранит
TR-20-03	48.47175	98.88908	1974	Цэцүүх бригад (Их-Уул, Завхан)	Тэлмэн 1 (E-O)	Диорит (тоналит)
TR-20-04	48.47656	98.89481	1853	Цэцүүх бригад (Их-Уул, Завхан)	Тэлмэн 1 (E-O)	Биотит гранит (massive)
TR-20-05	48.47656	98.89481	1853	Цэцүүх бригад (Их-Уул, Завхан)	Тэлмэн 1 (E-O)	Гранит
TR-20-06	48.51733	98.89122	1795	Цэцүүх бригад (төв) (Их-Уул, Завхан)	PP id	Ортогнейс
TR-20-07	48.51867	98.88589	1841	Цэцүүх бригад (төв) (Их-Уул, Завхан)	PP id	Гранит-гнейс



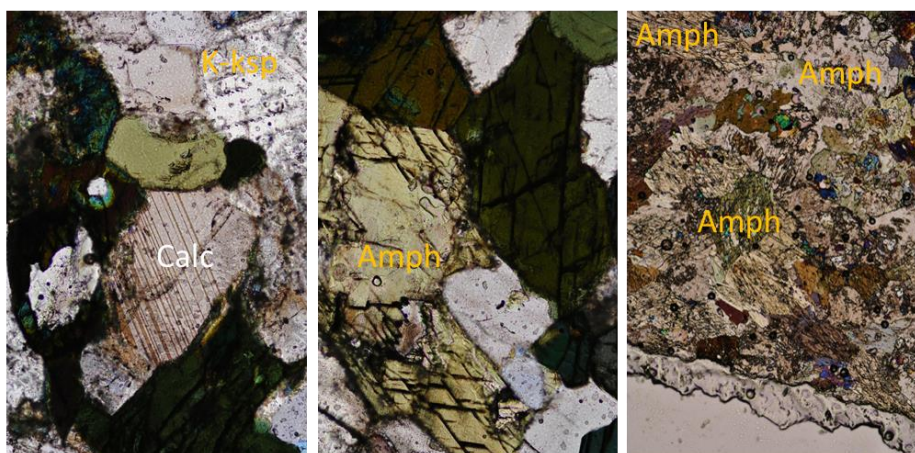


Зураг 56. А. Цэцүүхийн ам орчмын геологийн зураг болон ажиглалтын цэг болон түүний дугаар. Б. TR-20-06 гарш. Цэцүүх бригад (Их-Уул, Завхан)

Төв зам дагуу, уулын орой хэсэгт, цэгт диоритын үндсэн гаршууд илүү деформацид орж гнейс маягийн текстур ажиглагдана. Тоналит гнейс (диорит). Тарвагатайн өргөгдлийн хэмжээнд эдгээр массивуудыг ТТГ буюу Тоналит, Трондемит, Гранодиорит гэж ангилж ирсэн байдаг.



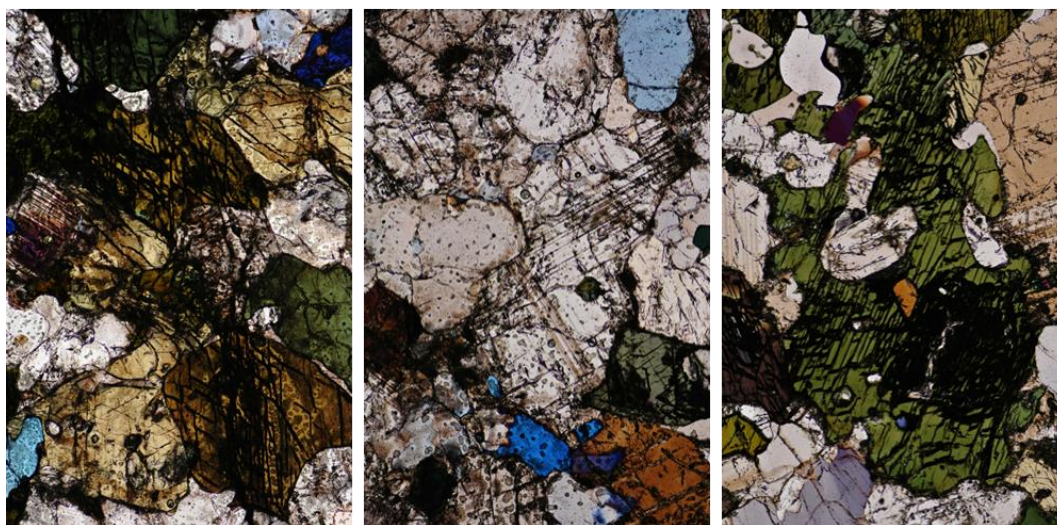
Зураг. Дээж TR20-03 Диорит /Тоналит/, Их-Уул, Завхан. (N48.47175; E98.88908333). Өсгөлт 5х.



Зураг 57. Дээж TR20-03 кварцат диорит /Тоналит/, Их-Уул, Завхан. (N48.47175; E98.88908333). Өсгөлт 10х.

Засмал замын баруун хажууд. Уулын хажуу бэлд. Өмнөх судалгааны ажлаар Тэлмэн бүрдлийн 1-р фазын гранит массиваар зураглагдсан. Цэгт гранит (Fsp+Plag+Qtz+Bio) болон диорит, габбродиоритын үндсэн гаршууд илэрнэ. Эдгээр чулуулаг нь хил зааг ажиглагдахгүй боловч ихэвчлэн холилдсон (Mingling & Mixing) текстуртэй. Эдгээрийн найрлага тоналитлаг байж болох юм. Мөн хожуу шатны кварц болон аплитын дайкуудаар хэрчигдсэн тэдгээрийн суналын азимут 110/20.





Зураг 58. Дээж TR20-03 Диорит /Тоналит/, Их-Уул, Завхан. (N48.47175; E98.88908333 ).

Өсгөлт 10х.

Цэцүүх бригадын төв. Замын каррьер ашигласан ухсан нүх. Өмнөх судалгааны ажлуудаар PРid метаторф комплексд ангилсан. Цэгт хүчтэй деформацид орсон ортогнейсын үеүүд, эдгээр нь аплит болон кварын 20 см өргөн, сун.110 азимут бүхий судал дайкуудаар хэрчигдсэн. Энэхүү хил заагт хүчтэй эпидотжилт ажиглагдана. Ортогнейс нь тоналитлаг найрлагатай байна.

## ХӨНЖЛИЙН ГОЛЫН ТАЛБАЙН СУДАЛГАА

Энэхүү талбай нь Тарвагатайн өргөгдлийн тулгуур участок бөгөөд бид талбайд геологи-структурын төрх байдал, тэдгээрийн геологийн харьцаа зэргийг ялгах үүднээс маршрутын судалгааны ажлыг гүйцэтгэсэн.  $N48^{\circ} 28' 37,0''$   $E99^{\circ} 39' 49.9''/1797$  м цэгт (срх + орh) = гранулит фацын метаморф чулуулгийн нарийн үе байдлаар илрэх бөгөөд гранит гнейсийн нийцлэг үеүдийн хамт илэрдэг (Зураг 59).

Ажиглалтын цэг TR-20-24; 25 (Зураг 61). Хөнжлийн голоос хойд зүгт 300 м ба эгц хадан хадан гарш. Хөнжлийн гол өгсөөд замын дагуу, 2-3 км-ын цаанаас 5 м өргөнтэй үе ил харагдана. Цэгт хар бараан өнгөөр ялгарах орh+amph+ser?=гранулит/габбро фазын чулуулаг илэрнэ. Мөн энэхүү үед нийцлэгээр гранит (fsp+qtz+bio) болон плагиогранит (Plag+Qtz+Bio) илэрнэ. Үеүд хожуу палеозой болон түрүү мезозойн гранитоид чулуулгаар түрэгдэг. Мөст-Уулын габбро-анортозитын бүрдлийн тархалттай (Зураг 60). Талбайд тархалттай метаморф бүрдлүүдээс дээжлэлт хийж геохимийн онцлог шинж чанарыг тодорхойлох, өмнөх судлаачдын судалгаатай харьцуулах зорилготой байсан.

Идэр бүрдлийн насны үндэслэлийг чарнокит гнейсд U-Pb аргаар тогтоогдсон 2520-2550 сая жил (Kröner et al., 2015), гранит-гнейст  $2219 \pm 25$  сая жилийн (Kozakov et al., 2011) насны үр дүнтэй, харин Шижирбаатар нар (2001Ф)-ын мезопротерозойн Намиг (MP1) гэж ялгасан бүрдлийг Хөнжлийн голын габбро-анортозитын массивд U-Тарвагатайн блокийн хэмжээнд үнэмлэхүй нас болон Nd загвар насны шинжилгээнүүд хийгдсэн байдаг. Үүнээс дурдвал:

Үүнд: Nd изотопын шинжилгээнд Тарвагатайн блокийн Идэр комплексын гранулит болон гнейсын модель нас нь Завхан микроконтинентийн Байдрагийн блок настай дүйж байсан нь ямар байдлаар Байдрагийн блоктой гарал үүслийн хувьд нэг байж болох дүгнэжээ (Kozakov et al., 2007), Энэхүү загвар насыг тооцохдоо тухайн биет нь  $2219 \pm 25$  сая жилийн настай гранит-гнейсын биетээр түрэгддэг тул насны дээж хязгаарыг 2400 сая жил гэж тооцсон байна (Kozakov et al., 2011). Pb аргаар 1700-1800 сая жил гэж тогтоосон үнэмлэхүй насны үр дүнтэй тус тус дүйцүүлэн судлав.

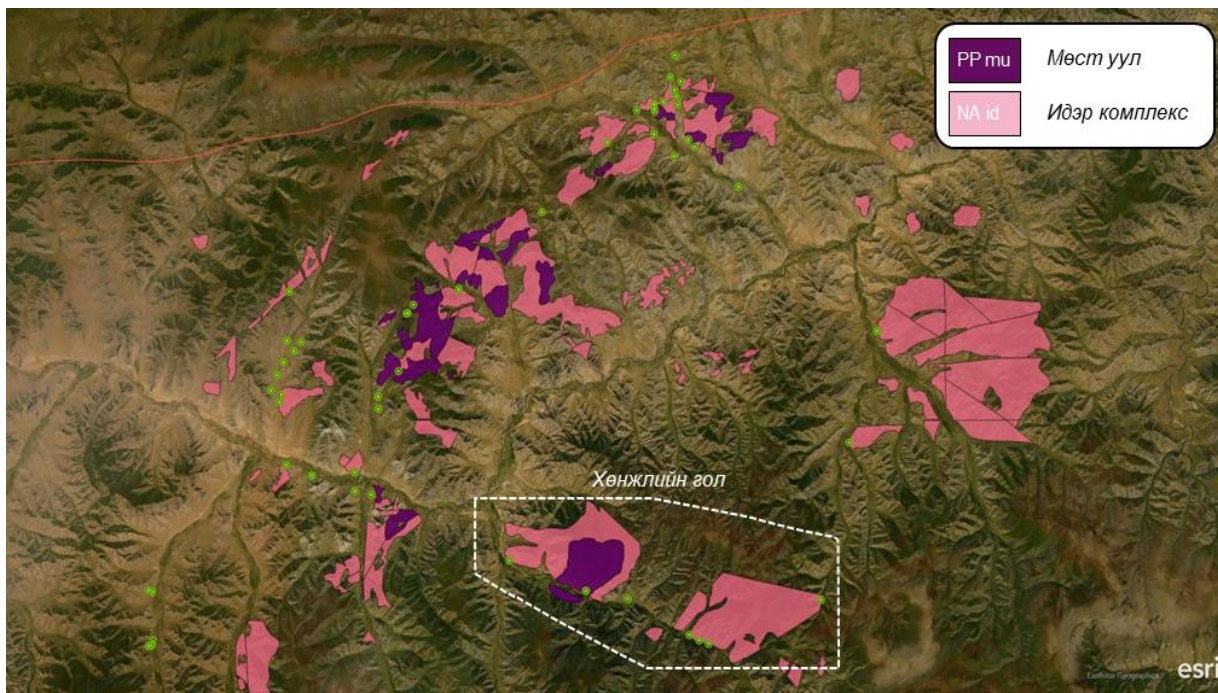
Мөн, Идэр комплексын кварцтай диорит болон пироксентэй талст занаруудын загвар нас нь  $TNd(DM) = 2.9$  Ga буюу дундаж цардсдас (mid-crustal)  $147Sm/144Nd$  утгууд 0.1025–0.1202 (Kozakov et al., 2011).



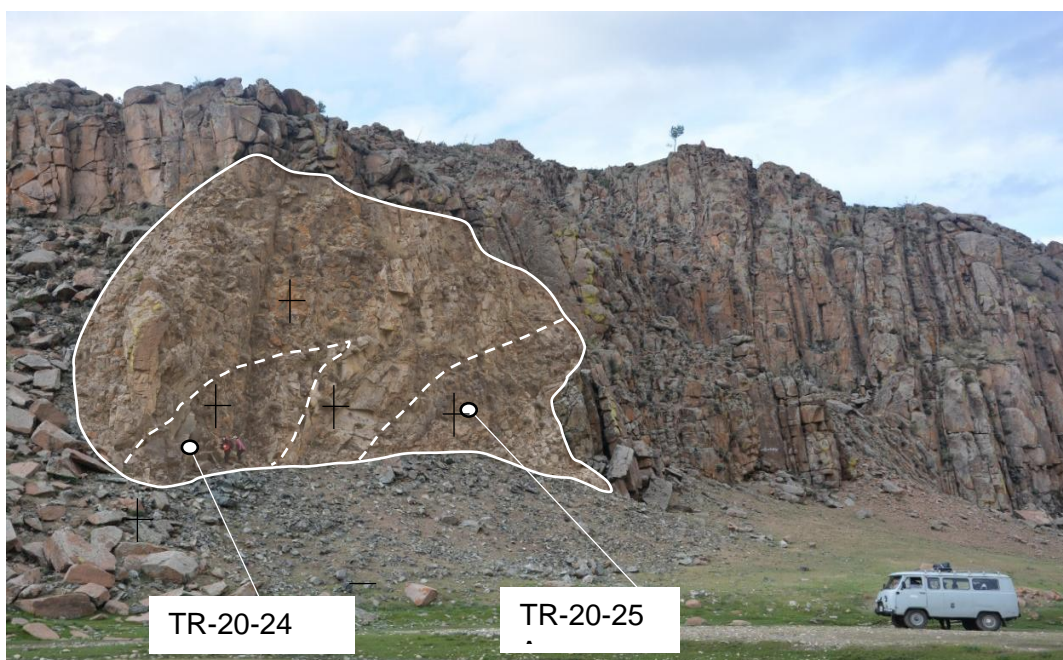
Тарвагатайн террейнээс хамгийн эртний радиометрийн нас нь анортозитод 3050 сая жил  $Pb \pm Pb$  аргаар циркон (Mitrofanov, 1985).



Зураг 59. Хөнжлийн гол Нео-Архейн Идэр комплексын гарш. Хээрийн ажиглалтын цэг болон дээжийн дугаар TR-20-14.



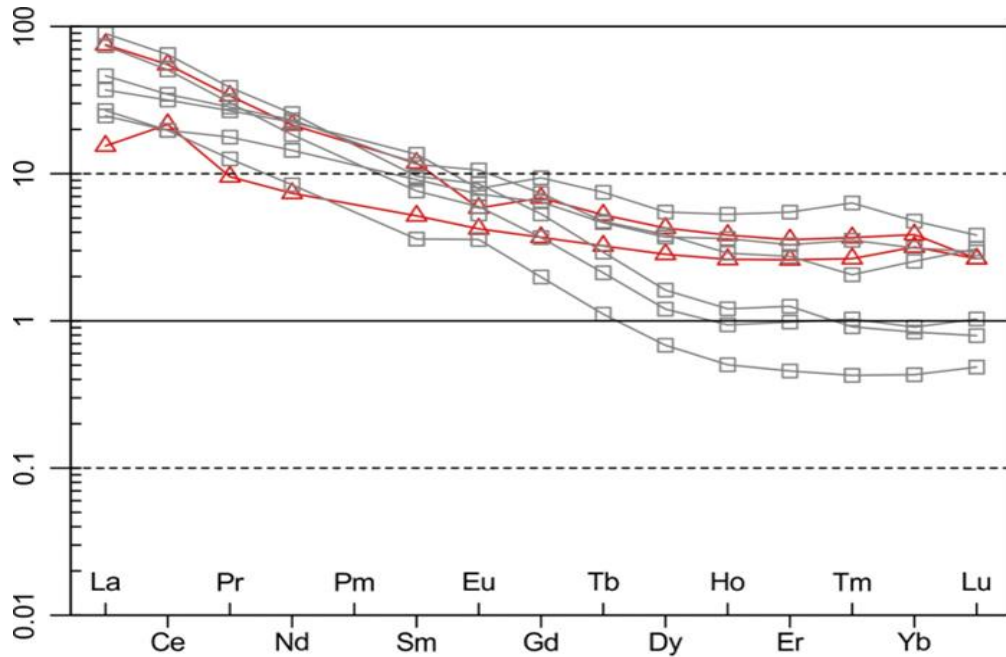
Зураг. 60. Хөнжлийн гол Нео-Архейн Идэр комплексын гарш. Хээрийн ажиглалтын цэг болон дээжийн дугаар TR-20-14. Эх сурвалж: ESRI Base map Imagery, ArcGIS Earth.



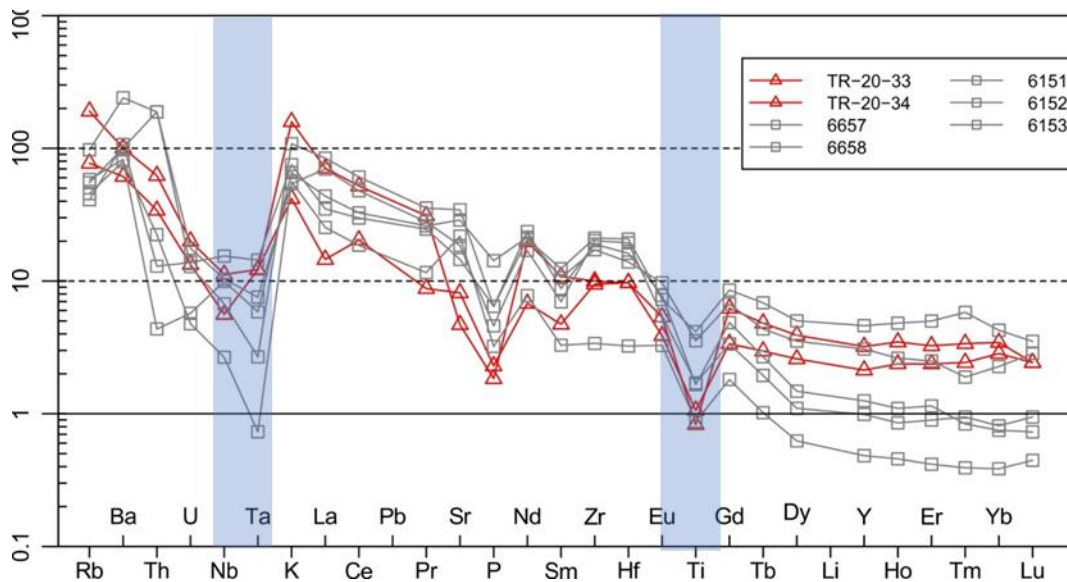
Зураг 61. Хөнжлийн гол Нео-Архейн Идэр комплексын гарш. Хээрийн ажиглалтын цэг болон дээжийн дугаар TR-20-24; 25



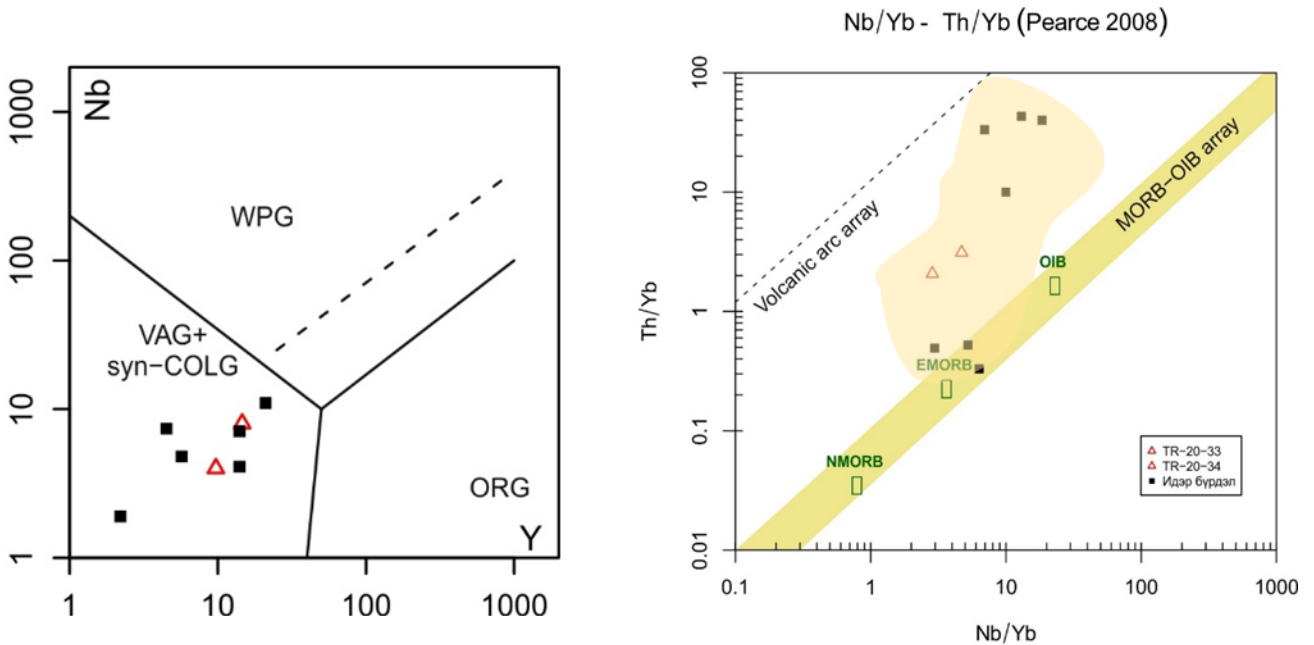
Идэр метаморф бүрдлийн гранит гнейс болон амфиболитын дээжүүд нь ГХЭ-ийн агуулга өндөртэй, Eu-онцлох гажилгүй (Зураг 62). , ионы радиус томтой элемент (LILE) (Rb, Ba, Th, ба Pb)-ээр баяжсан агуулгатай, харин өндөр цэнэгтэй элемент (HFSE) (Nb, Ta, Ti)-ээр ядуурсан төрх үзүүлнэ (Зураг 63). Идэр бүрдлийн дээжүүд нь вулканы магмын нум буюу синколлизын геодинамик нөхцөлийг харуулах ба арлын базальт буюу эх газрын царцдасын оролцоотой харуулна (Зураг 64).



Зураг 62. Хөнжлийн голын метаморф чулуулгийн ГХЭ-ийг хондритын найрлагад нормчилсон тархалтын диаграмм (Sun and McDonough, 1989)



Зураг 63. Хөнжлийн голын метаморф чулуулгийн сарнимал элементийг анхдагч мантийн найрлагад нормчилсон тархалтын диаграмм (Sun and McDonough, 1989). /TR-20-33, 34 энэ судалгаа; 6657,6658,6151,6152,6153 дугаарын дээжүүд Kozakov et al., 2011 нарын судалгаагаар харьцуулав)



Зураг 64. Геодинамик нөхцөлийг харуулсан Nb-Y (Pearce et al., 1984) диаграмм ба чулуулгийн анхдагч эх үүсвэрийг тодруулсан Nb/Yb-Th/Yb харьцуулсан диаграмм (Pearce et al. 2008)

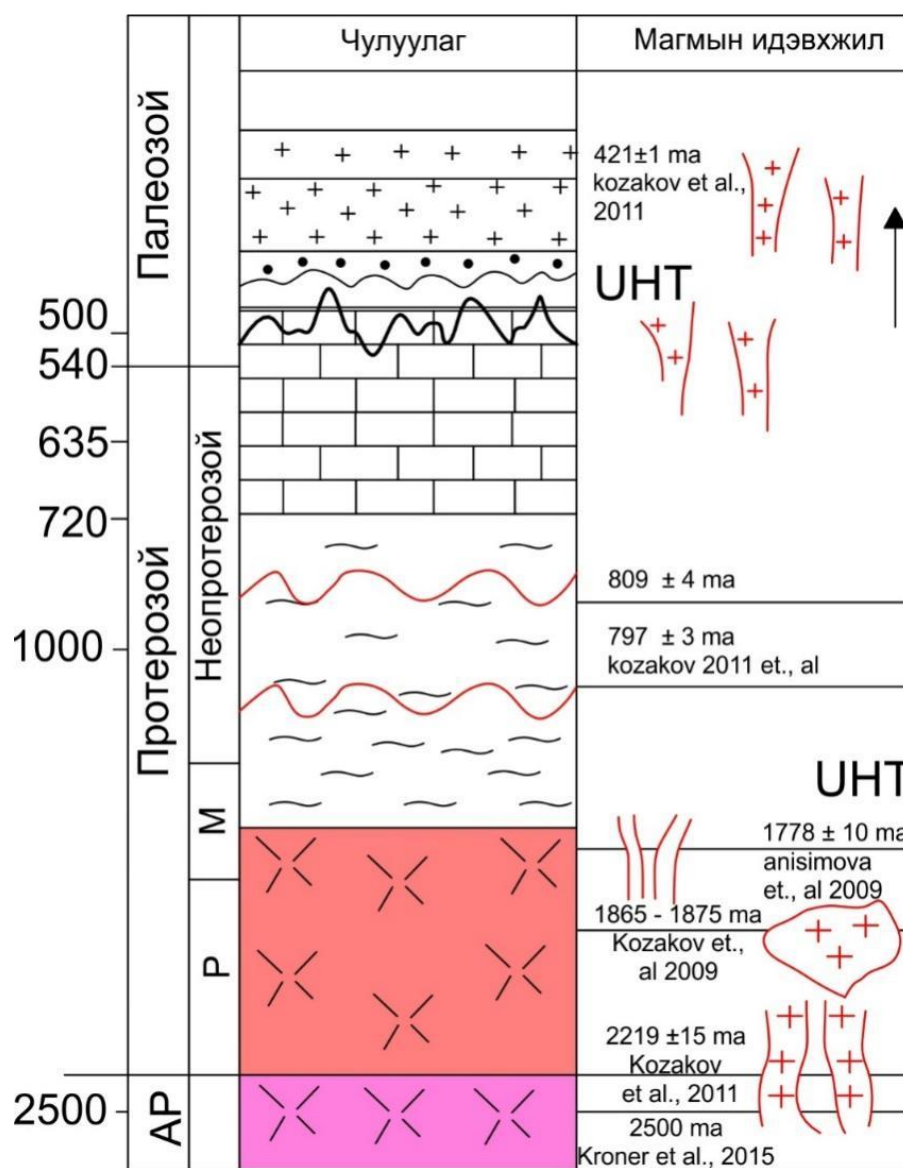
Эцэст нь дүгнэж хэлэхэд Идэр бүрдлийн насны үндэслэлийг Хөнжлийн голын орчимд илэрсэн чарнокит гнейсд U-Pb аргаар тогтоогдсон 2520-2550 сая жил (Kröner et al., 2015), гранит-гнейст  $2219 \pm 25$  сая жилийн (Kozakov et al., 2011) насны үр дүнтэй, харин Шижирбаатар нар (2001Ф)-ын мезопротерозойн Намиг (MP1) гэж ялгасан бүрдлийг Хөнжлийн голын габбро-анортозитын массивд тогтоогдсон 1700-1800 сая жил үнэмлэхүй нас болон Nd загвар насны өгөгдлүүдтэй дүйцүүлэн судалсан.

Үүнд: Nd изотопын шинжилгээнд Тарвагатайн блокийн Идэр комплексын гранулит болон гнейсын модель нас нь Завхан микроконтинентийн Байдрагийн блок настай дүйж байсан нь ямар байдлаар Байдрагийн блоктой гарал үүслийн хувьд нэг байж болох дүгнэжээ (Kozakov et al., 2007), Энэхүү загвар насыг тооцохдоо тухайн биет нь  $2219 \pm 25$  сая жилийн настай гранит-гнейсын биетээр түрэгддэг тул насны дээж хязгаарыг 2400 сая жил гэж тооцсон байна (Kozakov et al., 2011).



Мөн, Идэр комплексын кварцтай диорит болон пироксентэй талст занаруудын загвар нас нь  $T_{Nd}(DM) = 2.9 \text{ Ga}$  буюу дундаж цардсдас (mid-crustal)  $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$  утгууд  $0.1025\text{--}0.1202$  (Kozakov et al., 2011).

Идэр комплексын мигматит нь гранит-гнейсээр түрэгддэг, энэ мигматитын загвар нас  $T_{Nd}(DM-2st) = 3.0 \text{ Ga}$  ба сараг  $\epsilon_{Nd}(T) = -4.5$ . Геологийн харьцаа болон Nd изотопын үр дүнд. Иймээс Идэр комплексын гнейсүүдын насыг  $2.9 \text{ Ga}$ -v  $2.2 \text{ Ga}$  хооронд үүссэн гэж үзжээ (Kozakov et al., 2011). Эдгээр насны үндэслэлд тулгууран идэр метаморф бүрдлийн насыг нео-архейд хамааруулан судалж дараах литостратиграфийн зүсэлтийг хийлээ (Зураг 65)..

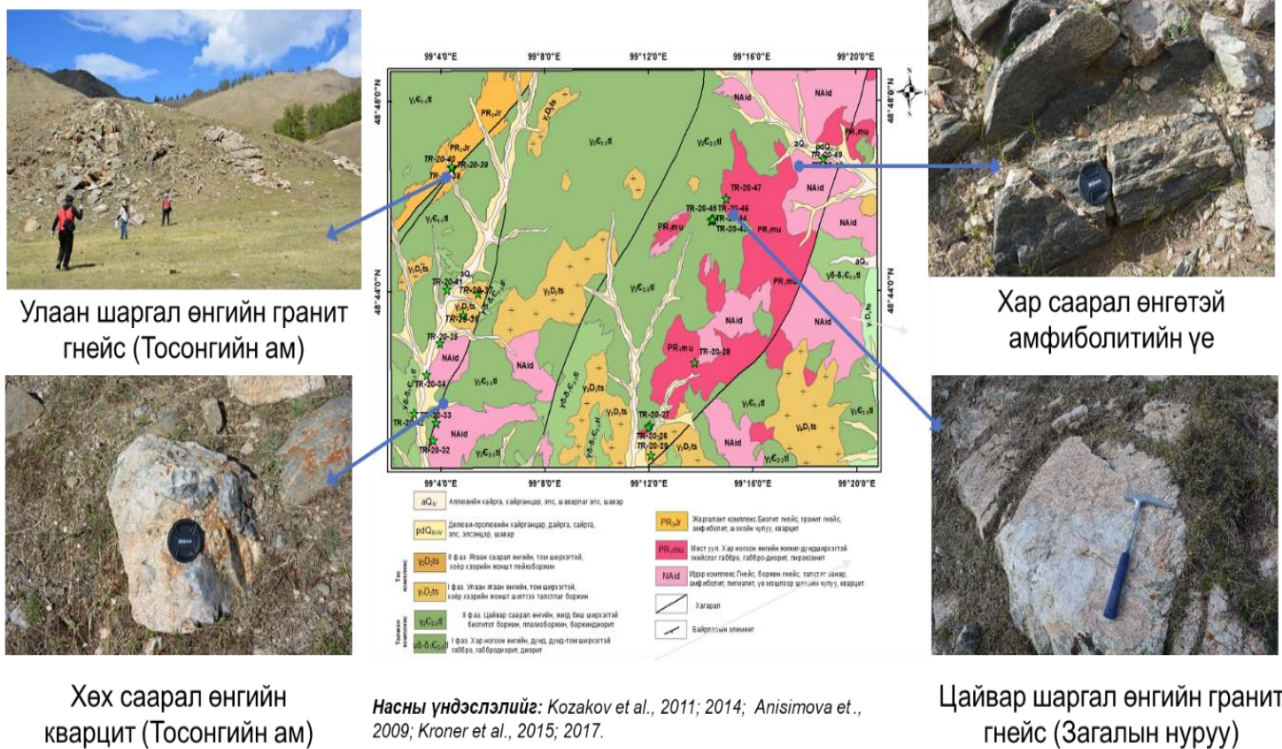


Зураг 65. Тарвагатай өргөгдлийн литостатиграфийн загварчилсан схем

## 4.2. ЖАРГАЛАНТЫН МЕТА-КОМПЛЕКСЫН СУДАЛГАА

Уг комплексыг анх Ф.П.Митрофанов (1981) сэдэвчилсэн судалгааны явцад ялгасан бөгөөд Монгол Алтайн атриат мегабүсийн Бодонч-Цээлийн бүсэд тархалттай. Тулгуур зүсэлтийг Хөвсгөл аймгийн Жаргалант сум, Идэрийн голын дунд хэсэгт хийгдсэн ба ногоон занар, гантигжсан шохойн чулуу, метатерриген ба метавулканоген чулуулаг, мөн роговикоос тогтох ба 400-2300 м зузаантай (Зураг 66).

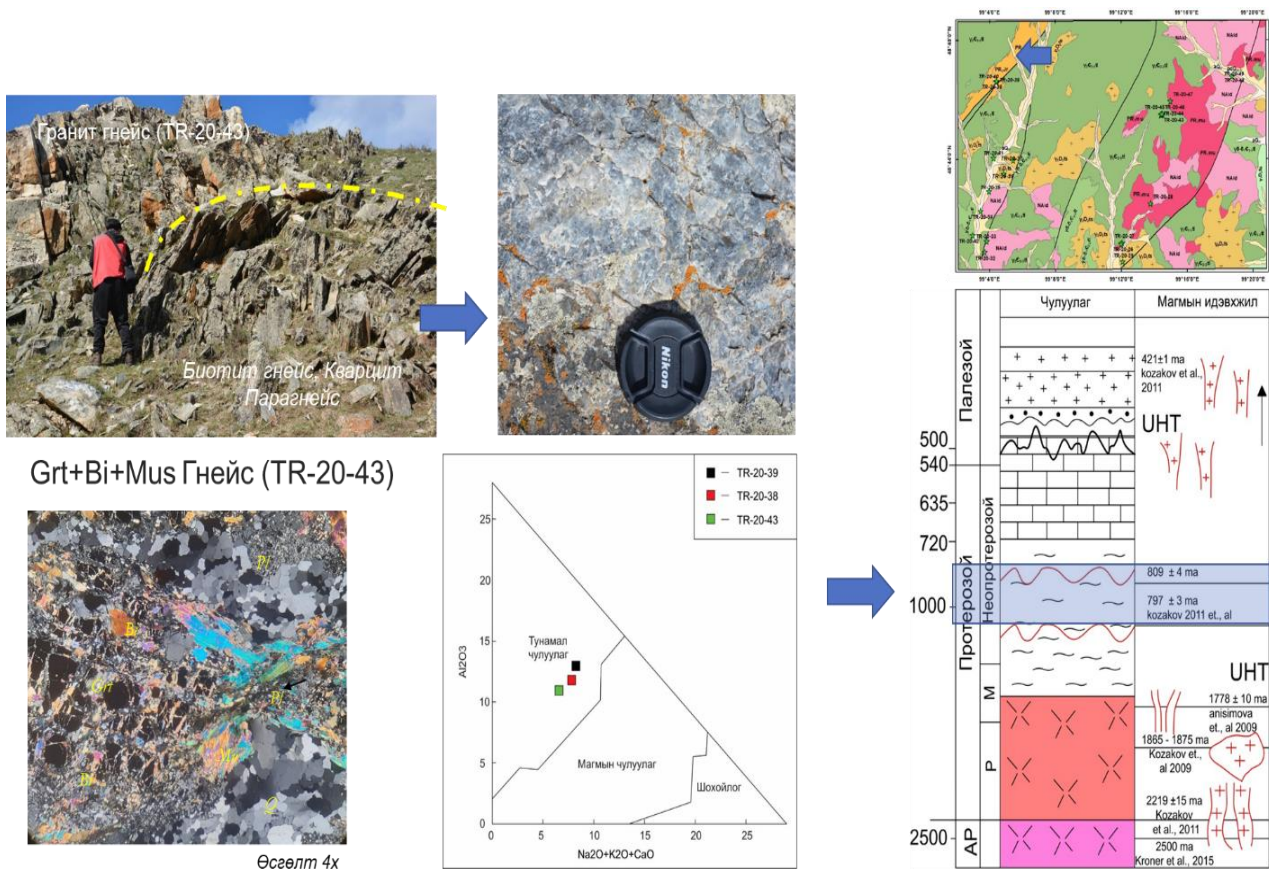
### Загалын нуруу ба Тосонгийн-Ам орчмын геологийн тогтоц



Зураг 66. Жаргалантын геологийн тогтоц

Палеопротерозойн Идэр комплексыг структурын үл нийцлэгээр хучиж, дунд неопротерозойн Цээл формациар хучигдана. *Сферомойд Kildinella sp.*, *Pterospermopsimorpha sp.* Олдворт үндэслэн дунд-дээд рифейн настай гэж үзэж байсан. Сүүлийн үед тус формацын чулуулгуудын Nd- загвар нас 1.9-1.3 тэрбум жил, плит дундын гранитоидын үнэмлэхүй нас 815+4 сая жил (Kozakov et al., 2011), тус формацыг түрсэн гнейсжсэн гранитойдын нас 809+4 сая жил болох нь тус тус тогтоогдсонд үндэслэн доод неопротерозойд ангилах үндэслэл бий болсон (Зураг 67). Цаашид бусад янз бүрийн насанд ангилсан (MP1jr, NP2jr, MP1-2dr, MP3 - NP1ja, MP2-

Зг) талбайнуудын хэмжээнд литологийн харьцуулалт хийх, нэмэлт геохронологийн шинжилгээ хийх замаар насны асуудлыг нэг мөр болгох шаардлагатай.



Зураг 67. Жаргалантын мета-комплексн геологийн тогтоц болоод тектоностратиграфйн ерөнхий төрх.

## Жаргалант мета-комплексын петрогафийн судалгаа

Хүснэгт. 6

Дээжийн дугаар	Чулуулгийн нэр	Структур	Текстур	Эрдэслэг бүрэлдэхүүн
TR-20-31	Кварцтай микродиорит	Гипидиоморф	Цул нягт	Плагиоклаз 50-55%, Амфибол 25-30% , Кварц 5-10%, Хээрийн жонш 5-10% Биотит 5% (серицит, хлорит, эпидот) апатит, циркон хүдрийнэ эрдэс
TR-20-33	Гранит гнейс	Гипидиоморф	Цул нягт, гнейслэг	Кварц 40-45%, Плагиоклаз 30-35%, Хээрийн жонш 10-15%, Биотит 5-10%, Амфибол 5% (Серицит, хлорит, сосскорит, цеозит) циркон, хүдрийн эрдэс, сфен
TR-20-34	Гранит гнейс	Гипидиоморф	Цул нягт	Кварц 40-45%, Хээрийн жонш 35-40%, Плагиоклаз 10-15%, Биотит 5-10% , мусковит(Серицит, хлорит,) сфен, хүдрийн эрдэс, циркон
TR-20-38	Биотит гнейс	Гипидиоморф	Гнейслэг	Кварц 60-65%, Хээрийн жонш 20-25%, Плагиоклаз 5-10%, Биотит 5- 10%(Серицит, хлорит,) Апатит, сфен, хүдрийн эрдэс, циркон, анарын том мөхлөгүүд
TR-20-39	Биотит гнейс	Гипидиоморф	Гнейслэг	Кварц 50-55%, Хээрийн жонш 20-25%, Плагиоклаз 15-20%, Биотит 10- 15%(Серицит, хлорит,) Апатит, сфен, хүдрийн эрдэс, циркон, анар 5 %



TR-20-44	Амфиболит	Гипидиоморф	Цул нягт	Амфибол 50-55%, Плагиоклаз 25-30%, Кварц-10-15%, Хээрийн жонш 5-10% Хүдрийн эрдэс -5%, циркон
TR-20-49	Амфиболит	Гипидиоморф	Цул нягт	Плагиоклаз 40-45%, Амфибол 35-40%, Пироксен 10-15%, Хээрийн жонш 5-10% (Серицит, эпидот, соссюрит ) Апатит, сфен, хүдрийн эрдэс, циркон
TR-20-52	Кварцтай монцодиорит	Гипидиоморф	Цул нягт	Плагиоклаз 65-70 %, Кварц 10-15 % , Хээрийн жонш 5-10 %, Биотит 5-10 Амфибол 5% ( серицит, соссюрит, эпидот) апатит, циркон хүдрийн эрдэс

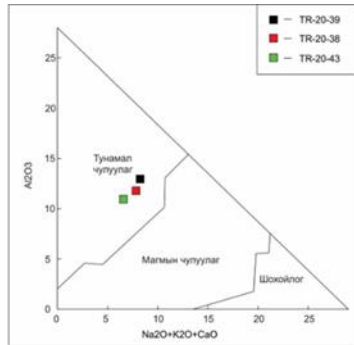
### Жаргалантын геохимийн судалгаа

Загалын нуруу, Тосонгийн ам орчмын эртний талст метаморф чулуулгийн петрографийн эрдсийн бүрэлдэхүүн, тэдгээрийн үүсч хөгжсөн зүй тогтол, геохимийн онцлог шинж чанар, тэдгээрийн найрлага, эх үүсвэрийг тогтоов.

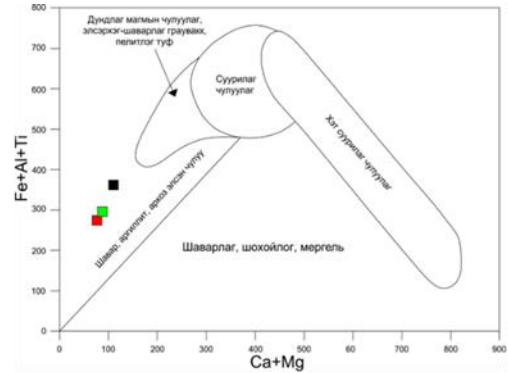
Идэр метаморф бүрдлийн гранит гнейс болон амфиболитын дээжүүд нь ионы радиус томтой элемент (LILE) (Rb, Ba, Th, ба Pb)-ээр баяжсан агуулгатай, харин өндөр цэнэгтэй элемент(HFSE) ( Nb, Ta, Ti)-ээр ядуурсан төрх үзүүлнэ.

Бидний судалгаагаар Жаргалант метаморф бүрдлийн чулуулаг нь тунамал гарал үүсэлтэй болохыг тогтоосон нь өмнөх судалгаанд энэхүү районд тодорхойлогдоогүй шинэлэг үр дүн болох юм ([Зураг 68](#)).

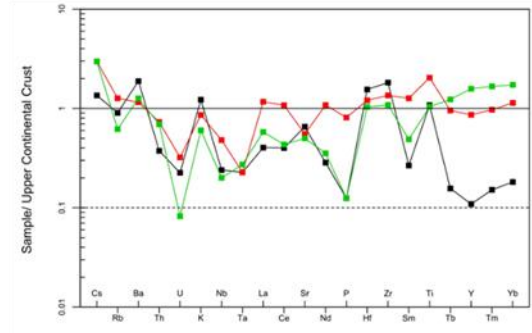
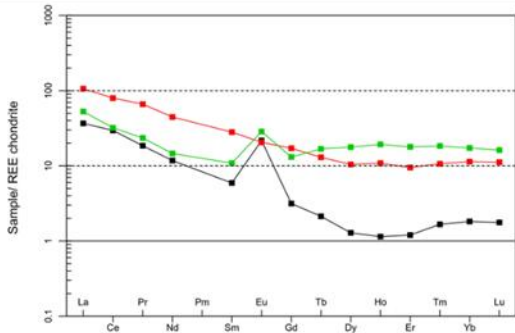
Тарвагатай өргөгдөлд тархалттай метаморф бүрдлийн ГХЭ-ийн судалгаанаас харахад бүх бүрдлүүдэд европын эерэг гажил өгсөн байгаа нь тухайн бүс нутаг өндөр-зэргийн региональ метаморф хувиралд хүчтэй өртсөнийг европын эерэг гажиг илэрхийлж байна. Нөгөөтээгүүр гранит нь плагиоклаз, хээрийн жонш, кварцаас голлон бүрддэг бөгөөд плагиоклаз нь Ca, Na  $AlSi_3O_8$ , тогтоно. Eu нь Sr , Ca зэрэгтэй ионы шинж чанараараа төстэй бөгөөд Eu нь магмын эх үүсвэрт түрүү талсжилтын орон торны хувьд Ca-аар солигдсон гэдгийг харуулна.



Метаморф чулуулгийн гарал үүслийн диаграмм (Нематова нар, 1985)



Метаморф чулуулгийн гарал үүслийн диаграмм. (Мауна нар., 1989)



Зураг 68. Загалын нуруу, Тосонгийн ам орчмын метамаорф чулуулгийн гарал үүсэл болон ГХЭ болон олон элементийн хондрит болон дээд эх газрын царцдасын найрлагад нормчилсон тархалтын диаграмм (Sun and McDonough, 1989)

### 4.3. МӨСТИЙН ГАББРО-АНОРТОЗИТЫН ПЕТРО-ГЕОХИМИЙН СУДАЛГАА

Габбро-анортозитын биетийг анх Мөст уулын районд [Д.Лувсанданзан \(1962, 1966 он\)](#) [В.И.Гольденберг \(1964-1965 он\)](#) нар судлан тогтоосон бөгөөд 1981-1983 онд Тарвагатайн өргөгдлийн хойт талаар явуулсан 1:200000 масштабын зураглалын ажлаар [Г.И.Хубльдигов](#) нар Хөнжлийн гол, Цэцүүхийн голын адаг орчимд анортозитийн жижиг биетүүд ялгасан байдаг. [Э.А.Изох, Г.В.Поляков нар \(1984\)](#) судлаад палеопротерозойн Мөст-Уулын габбро-анортозитын бүрдэл нэрээр нэрлэжээ.

Тарвагатайн өргөгдлийн хэмжээнд габбро, габбро-анортозит, анортозит нь

Мөст-уул, дээд-дунд Цэцүүхийн гол, Хөнжлийн гол, Тосонгийн ам, Шинэ-Идэрийн районд баруун урдаасаа зүүн хойш чиглэсэн нумарсан маягийн хагарлын дагуу томоохон биетүүдээр илэрнэ. Мөст-Уул, Хөнжлийн гол, Дээд Цэцүүхийн эх орчимд илэрдэг анортозитын биетийг Төв Азийн ороген бүсэд илэрсэн хамгийн том биет гэж үздэг. Мөст-Уулын анортозит, габбро-анортозитын томоохон биетүүд нь неоархей настай талст суурийг бүрдүүлэгч силлиманитат гнейс, гранит гнейс, мигматит, ортогнейс, амфиболитоос тогтох Идэр метакомплексыг зүсэж, дунд-хожуу кембрийн настай Шинэ-Идэр, түрүү ордовикийн настай Тэлмэн, дунд-хожуу девоны настай Тэс, дунд пермь-түрүү триасын настай Шар-Ус гол бүрдлийн гүний чулуулгуудаар зүсэгддэг (УГЗ-200 ф., 2016).

Хөнжлийн голын массиваас авагдсан габбро-анортозитийн цирконд U-Pb-ын аргаар  $1784 \pm 10$  сая жил (Anisimova et al., 2009)-ийн насыг тогтоож Хойд Хятадын рифтоген магматизмын үүсэлтэй адилтгадаг бөгөөд уг габбро-анортозитын биетийг коллизын нөлөөгөөр тэлэлтийн нөхцөлд үүссэнээр тайлбарладаг (Anisimova et al., 2009; Kozakov et al., 2011); Төмөртогоо, 2014).

Уг биет бүрдүүлж буй габбро нь меланократ шинжтэй, эдгээр нь ихэвчлэн дотоод хил заагийн бүсэд илүү ажиглагдаж аажмаар анортозитод шилждэг ба габбро-габбро-анортозит-анортозит гэсэн бүслүүржилт ажиглагдана (Зураг 69).

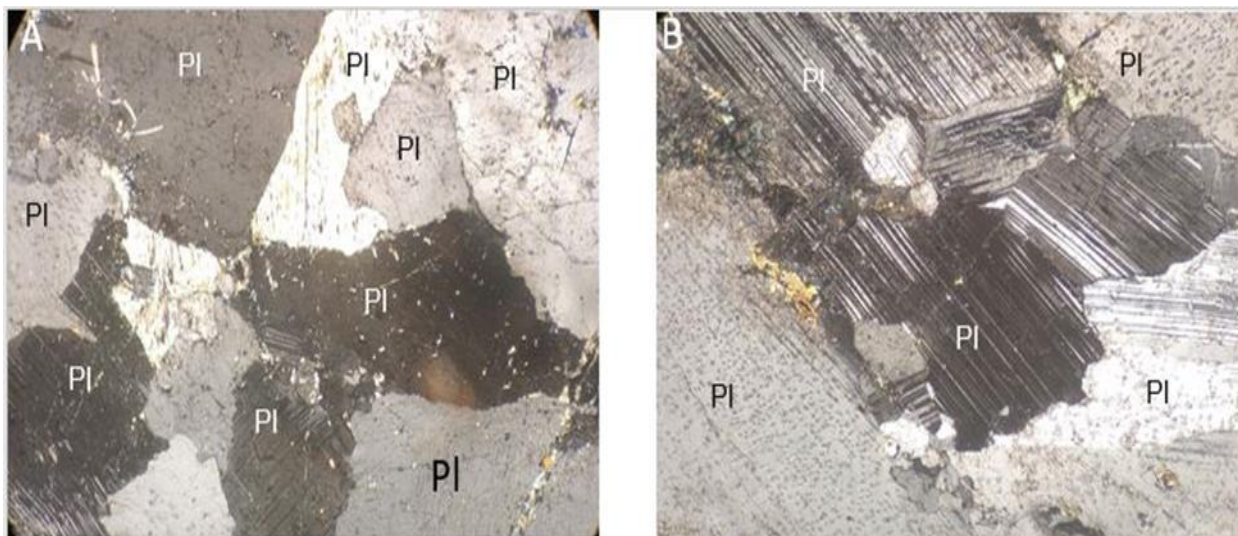


Зураг 69. Архангай аймгийн Цахир сумын зүүн урд орших габбро, габбро-анортозит болон анортозитын бүсчлэн тогтсон гарш

#### Петрографийн судалгаа:

Мөст бүрдлийг голлон бүрдүүлэгч цайвар саарал өнгөтэй, дунд-том мөхлөгт анортозит нь (TR-21-01-1) гипидоморф структуртай, хаяадаа гнейслэг текстур үүсгэнэ. Чулуулаг бүрдүүлэгч гол эрдэс нь 90-95 хувийн плагиоклаз, бага хэмжээгээр өнгөт эрдэс, серицит, цөөн хүдрийн эрдсээс тогтох ба плагиоклаз нь 0,5-0,9 мм хэмжээтэй урт сунасан призмлэг, хавтгай хэлбэртэй, полисинтет ихэрлэлт тод ажиглагдана (Зураг 70).





Зураг 70. TR-21-01-1. Полисинтет ихэрлэлттэй плагиоклаз (А,В). Өсгөлт 40<sup>х</sup> .

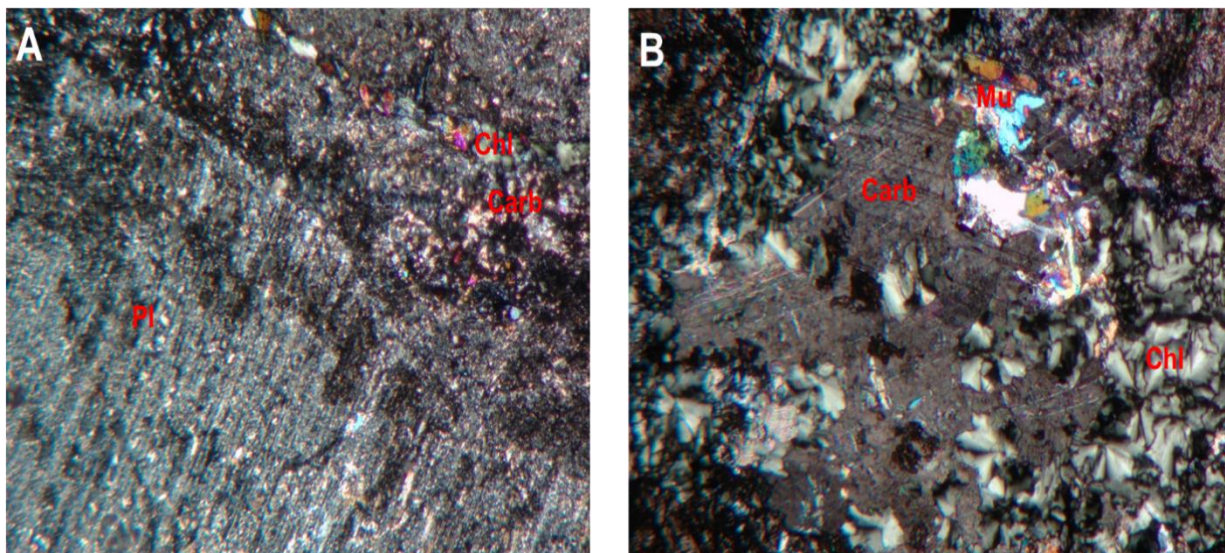
**Габбро-анортозит /TR-19-01/** нь цайвар саарал өнгөтэй, дунд-том мөхлөгтэй. Чулуулаг бүрдүүлэгч гол эрдэс нь плагиоклаз 65-70%, хувирсан өнгөт эрдсүүд 20-25%, хоёрдогчоор хлорит, мусковит, серицит, эпидот-цоизит, карбонат эрдсүүд, аксессуароор апатит, сфен, циркон ба цөөн тооны хүдрийн эрдсүүдээс тогтоно (Зураг 71).

**Плагиоклаз** ( $\leq 4,5$  мм) призмлэг хэлбэртэй, серицит-соссюритын нягт агрегатаар жигд бус түрэгдсэн бүслүүрлэг бүтэцтэй, заримдаа соссюритаас цэвэрлэгдсэн, ялтаслаг серицитээр өнгөц түрэгдсэн, полисинтет ихэрлэлттэй, мөн ялтаслаг пренитээр жигд хучигдсан мөхлөг ажиглагдана. Плагиоклазын хамгийн их унтралын өнцөг 14-16° андезин  $And_{32-34}$ , ялимгүй деформацид автсан байна.

**Хувирсан өнгө эрдэс** ( $\leq 1,5$  мм) анхдагч хавтанлаг, баганалаг хэлбэрээ хадгалж, голдуу цайвар ногоон өнгөтэй ялтаслаг хлорит, ягаан туяатай хавтанлаг карбонат эрдсээр, хааяа өнгөгүй мусковит ба шаргал өнгийн эпидотоор түрэгдэж хувирсан байна.

**Сфен-титанит** (0,02 - 0,08 мм) хархүрэн өнгөтэй, сунасан хэлбэртэй. **Апатит** (0,12- 0,6 мм) өнгөгүй, гексагон зүсэлттэй призм хэлбэртэй. **Циркон** ( $\leq 0,1$ мм) өнгөгүй, призм хэлбэртэй, тод интерференцийн өнгөтэй. **Карбонат эрдэс** (0,1- 1,2 мм) бүдэг ягаан туяатай, хавтанлаг хэлбэртэй, ромбоэдрийн дагуу зөрсөн хуваагдлын зураасуудтай,

полисинтет ихэрлэлттэй, хурц тод интерференцийн өнгөтэй, родохрозитод ( $MnCO_3$ ) тохирох боломжтой.



Зураг 71. № TR-19-01. а). Полисинтет ихэрлэлттэй плагиоклаз. Өсгөлт 40 $\times$ . б). Хувирсан өнгөт эрдэс хлорит, ба карбонат-боровтор өнгөтэй полисинтет ихэрлэлттэй хавтанлаг карбонат эрдэс. Өсгөлт 40 $\times$ .

Габбро (TR-20-27): Чулуулаг нь гипидиоморф структуртай, цул нягт текстуртай, гол бүрдүүлэгч эрдсүүдэд плагиоклаз 40-45%, пироксен 30-35%, эвэрхуурмаг 5-10% , хоёрдогчоор серицит, хлорит, мусковит, акцессороор мөн цөөн тооны циркон, апатит, хүдрийн эрдсүүдээс бүрдэнэ (Зураг 72)..

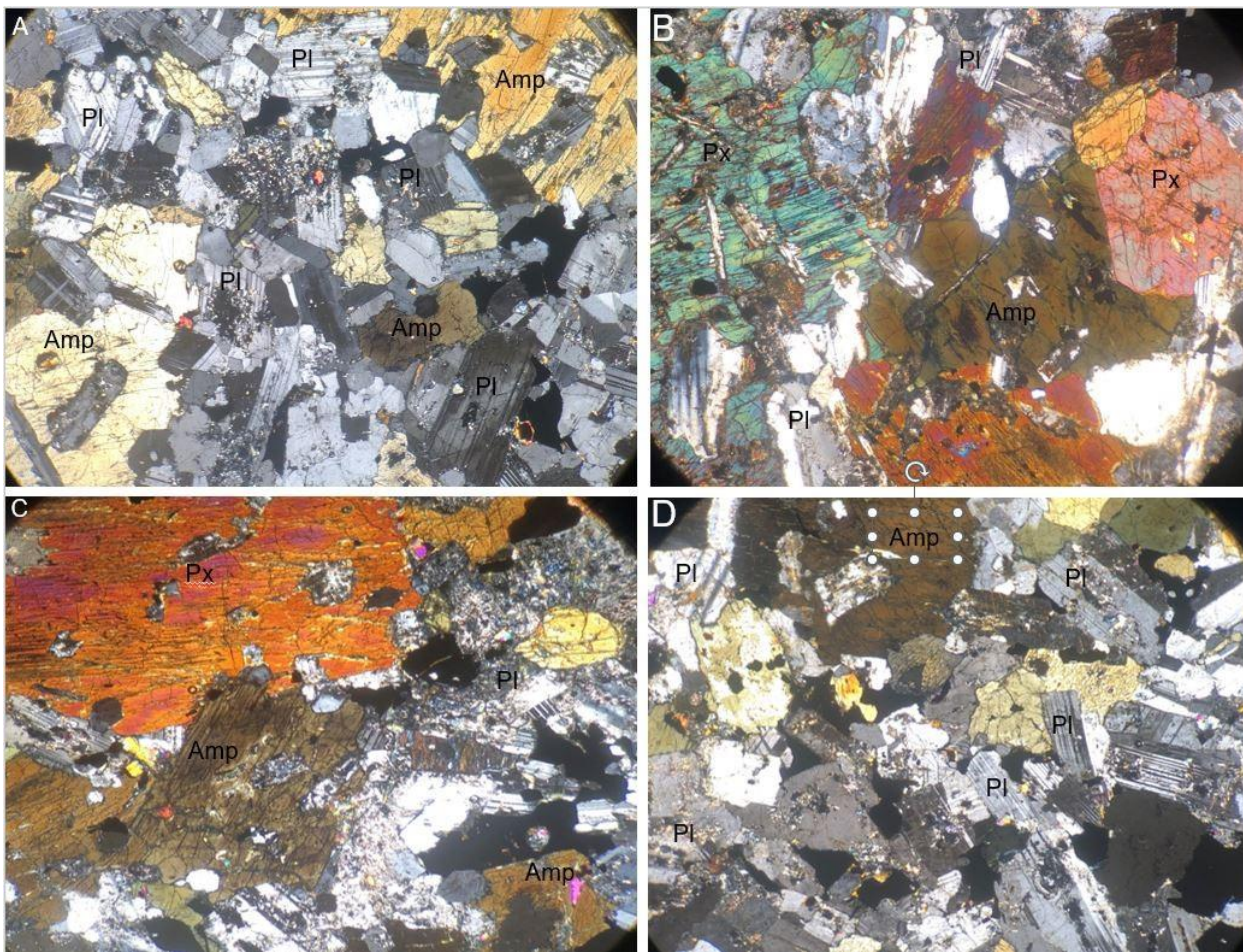
**Плагиоклаз** (1,5-2,0 мм) хэмжээтэй, богинохон призмлэг хэлбэртэй, полисинтет ихэрлэлттэй, бүслүүрлэг бүтэц ховор, хааяа тод биш илэрнэ, шаварлаг эрдэс болон серицитээр хэсэгчлэн түрэгдсэн байна. Плагиоклазын мөхлөгүүд нь амфиболын мөхлөгт пойкилит ургалт үүсгэсэн байна.

**Пироксен** (0,75-3,0 мм) хэмжээтэй, изометрлэг хэлбэртэй тохиолдож хүдрийн эрдэс, плагиоклазын агрегатаар хэсэгчлэн түрэгдэх ба чулуулагт жигд тархсан гол бүрдүүлэгч эрдэс болно.

**Амфибол** (1-2,5 мм) хэмжээтэй урт сунасан болон богино хавтгай хэлбэртэй, бүдэг хүрэн өнгөтэй, хоёр чиглэлийн хуваагдал сайн ажиглагдана. Плагиоклазын мөхлөгүүд ховроор пойкилит ургалт үүсгэсэн байна.



Акцессороор хүдрийн эрдэс тэмдэглэгдэх бөгөөд өнгөт эрдсүүдийг түрэх замаар үүссэн байна.



Зураг 72. Богинохон призмлэг хэлбэртэй, полисинтет ихэрлэлттэй плагиоклаз (Pl), пироксен (Px), амфибол (Amp).

### Геохимийн судалгаа:

Мөст-уулын габбро, габбро-диорит, анортозитын 5 дээжинд геохимийн судалгаа хийж, өмнөх судалгаа (Anisimova et al., 2009)-ны өгөгдлүүдтэй харьцуулан судалсан. Дээжүүдэд цахиурын ислийн ( $\text{SiO}_2$ ) агуулга 55.8-45.93% хооронд, хөнгөнцагааны ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 28.15-11.84%, төмрийн ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  нийт Fe) хэлбэлзэлттэй 0.99-13.63%, магнийн MgO (0.67-9.74%), кальцийн CaO (7.89-13.12%) ислүүдийн нэмүү агуулгатай ба кали-натрийн шүлтжилт ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) 1.58-5.25%, ( $\text{K}_2\text{O}$ ) 0.38-1.55%, MnO (0.01-0.19%),  $\text{TiO}_2$  (0.17-2.14%),  $\text{P}_2\text{O}_5$  (0.02-0.26%)-ийн ислүүд харьцангуй бага агуулгатайг тогтоов.

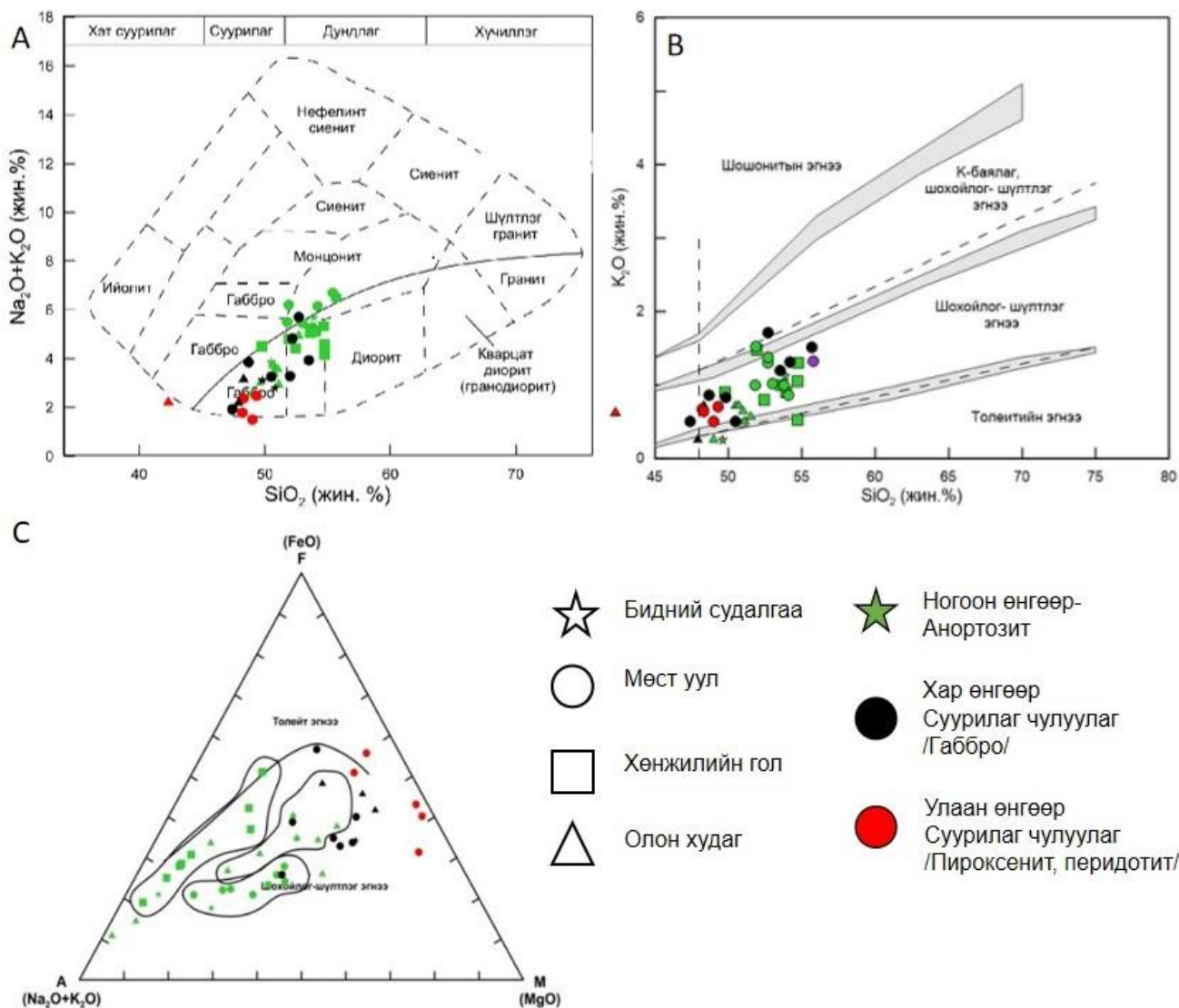
Цахиурын ислийг ( $\text{SiO}_2$ ) шүлтийн нийлбэртэй ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ) харьцуулсан чулуулгийн ангиллын диаграмм бүх дээжүүд габбро, габбро-диоритод ялгагдах (Зураг 73.А) бөгөөд цахиурын ислийг ( $\text{SiO}_2$ ) калийн исэлтэй ( $\text{K}_2\text{O}$ ) харьцуулсан диаграмм дээр ихэнх дээжүүд шохойлог шүлтлэг найрлагатайг (Зураг 73.В) харуулна. Чулуулгийн найрлагын хамаарлыг харуулсан АFМ диаграмм байгуулахад бүх дээжүүд шохойлог шүлтлэг магмын эх үүсвэрийг илэрхийлнэ (Зураг 73.С).

### **ГХЭ болон Сарнимал элементийн геохимийн судалгаа**

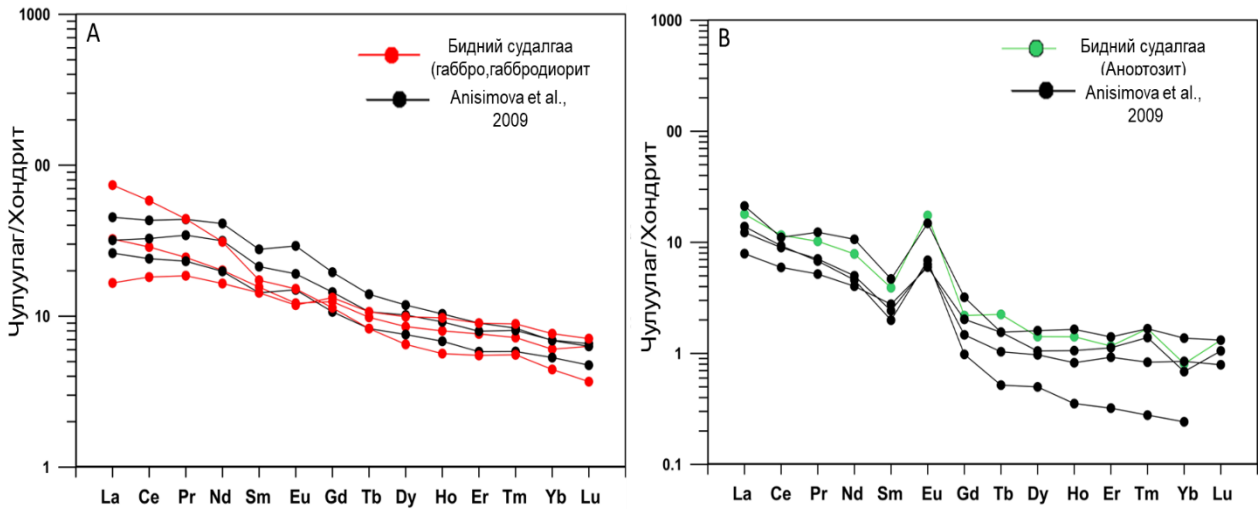
Дээжүүдэд газрын ховор элементийн (ГХЭ)-ийн нийлбэр 29-73.24 г/т агуулгатай, газрын ховор хөнгөн элемент ба газрын ховор хүнд элемент (ХөГХЭ/ХүГХЭ)-ийн харьцаа 3.78-5.05,  $(\text{La}/\text{Yb})_N$  4.6-56.9 хооронд байна. Чулуулгийн ГХЭ-ийн агуулгыг хондритод нормчилсон агуулгатай диаграмм байгуулахад дээжүүд ХөГХЭ-ээр баяжсан, ХүГХЭ болох Gd-Lu хүртэлх элементүүд ялимгүй буурсан төрхтэй жигд тархалттай ба Eu-ийн эерэг гажил үзүүлнэ (Зураг 74). Чулуулгийн сарнимал элементүүдийн хувьд элементүүдийн агуулгыг анхдагч мантид нормчилсон (Sun, McDonough, 1989) спайдер диаграмм байгуулахад ионы радиус томтой Ba, Th, Sr элементээр баяжсан, өндөр цэнэгтэй Nb, Ti зэрэг элементээр буурсан тархалтыг үзүүлнэ (Зураг 75).

Хөнжлийн голын Габбро-анортозитын бүрдэлд  $\epsilon\text{Nd}$  (Т-1780)-ийн сөрөг (-5.0~ -3.9) үзүүлэлтэй байгаа нь архейн доод царцдасын материалын бохирдолттойг илэрхийлэх ба коллизын дараах тэлэлтэй холбоотой гэж үзсэн (Anisimova et al., 2009).

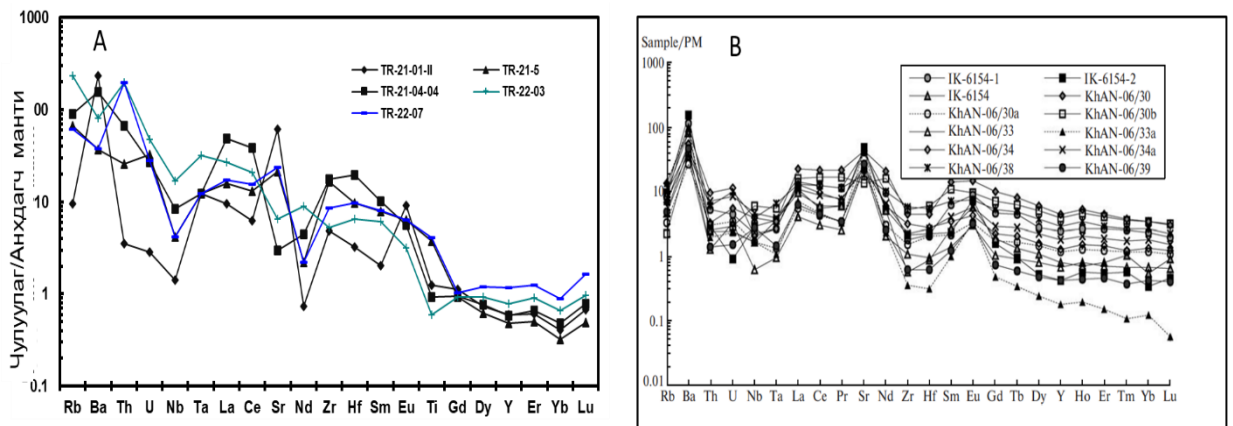




Зураг 73. А. Мөстийн габбро-анортозитын ангиллын диаграмм. А)  $\text{SiO}_2$ - $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  (Coh, et al., 1979); В) Гранитоидын  $\text{SiO}_2$ -  $\text{K}_2\text{O}$  харьцааны диаграмм (Peccherillo, Taylor, 1976) С) AFM диаграмм (Irvine and Baragar., 1971)



Зураг 74. Мөстийн габбро-анортозитын ГХЭ-ийн агуулгыг хондритод нормчилсон диаграмм. Нормчлолын өгөгдлүүдийг Sun and McDonough (1989)-ыг ашиглав.



Зураг 75. Гранитоидын сарнимал элементийн агуулгыг анхдагч мантид нормчилсон диаграмм (Sun and McDonough, 1989) А) Бидний судалгааны габбро-анортозитын сарнимал элементийн агуулгыг анхдагч мантид нормчилсон диаграмм; В) Анисимова (2009) нарын габбро-анортозитын бүрдлийн судалгаа

Дээрх петро-геохимийн үр дүнгээс дүгнэж үзэхэд Мөстийн дүүрэгт тархалттай палеозойн гранитоид нь шохойлог-шүлтлэг магмын эх үүсвэртэй, хөнгөн цагаанаар дунд зэрэг ханасан ( $ASI=0.7-1.09$ ), ба гранитоид дахь Ba, U, Sr -ийн өндөр агуулга, Sr /Y харьцаа (22.31-478.88) өндөр, Nb, Ta ба Ti, хүнд ГХЭ-ийн бага агуулга зэрэгт үндэслэн царцдасын оролцоотой магмын бүтээгдэхүүн болохыг илэрхийлж өмнөх судалгааны геологи-тектоникийн зүй тогтолтой тохирч байна.

## **БҮЛЭГ 5. ТАРВАГАТАЙН ӨРГӨГДӨЛ ДАХЬ ПЕТРОТИП ТАЛБАЙН ПЕТРО-ГЕОХИМИ БА ГЕОХРОНОЛОГИЙН СУДАЛГАА**

### **5.1. ИХ-УУЛ ОРЧМЫН ГРАНИТОИД МАССИВЫН ГЕОЛОГИ БА ГЕОХИМИ (ЗАВХАН АЙМГИЙН ИХ-УУЛ СУМ)**

Уг талбайд 2019 онд хээрийн судалгаа хийж Их-уул орчмын геологийн зургийг шинэчлэн зохиож, Тосонцэнгэл петротип массивын чулуулгийн төрөлжилт, геохимийн онцлог, магматизмын эх үүсвэр, цаг хугацаа, үүсэн бүрэлдсэн геодинамик орчинг тодруулсан юм.

#### **Судалгааны талбайн геологийн тогтоц:**

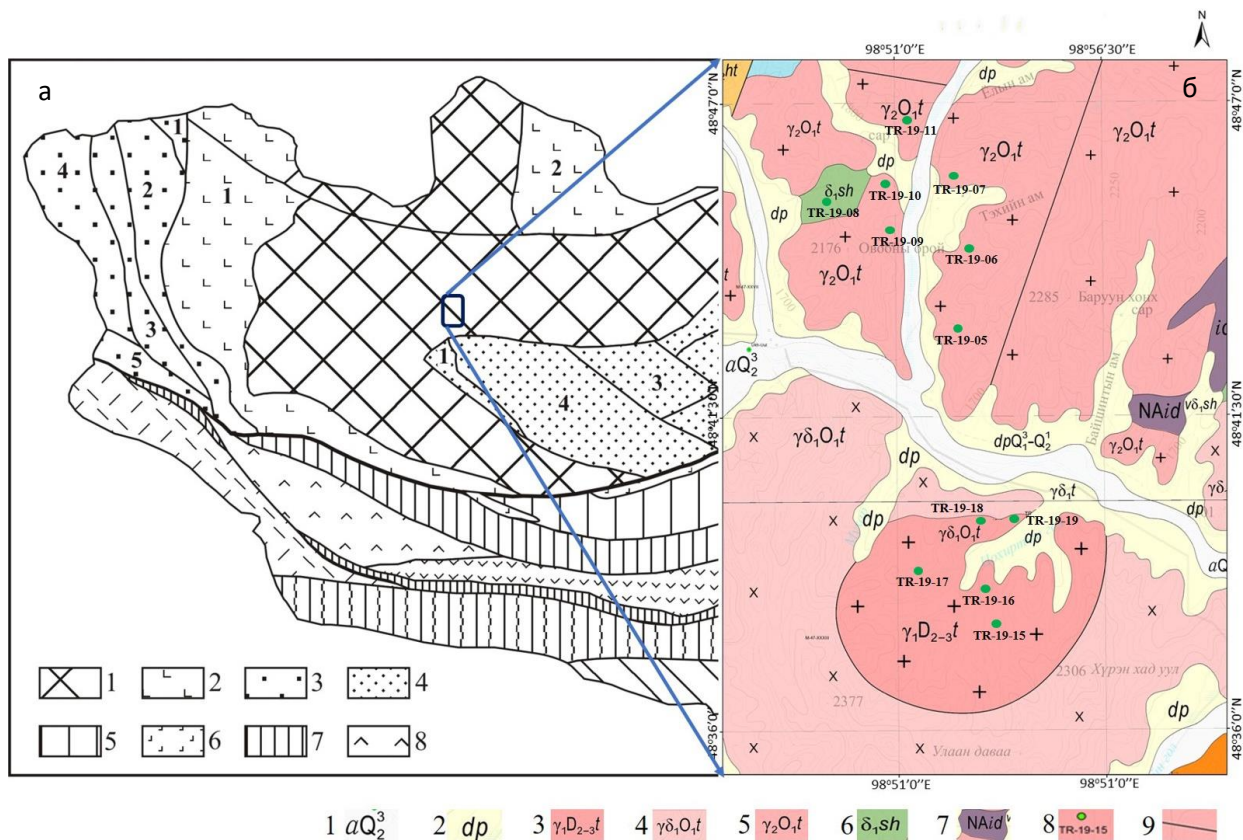
Судалгаа явуулсан талбайн геологийн тогтцын хувьд Тэлмэн бүрдлийн I-р фазын саарал өнгийн дунд ширхэгт гранодиорит, кварцат диорит, II-р фазын цайвар саарал, саарал өнгийн дунд ширхэгт биотитот, биотит-амфиболт гранит, талбайн баруун болон зүүн хэсгээр Шинэ-Идэр бүрдлийн I-фаз бараан саарал хар ногоон өнгийн жижиг дунд ширхэгт эвэрхуурмагт диорит, габбродиорит, габбро болон Идэр комплексын амфиболт, биотит-амфиболт талст занар, плагиогнейс, гранит гнейс, өмнөд хэсэгт Тэс бүрдлийн I-р фазын улаан ягаан, цайвар ягаан өнгийн дунд-том мөхлөгт шүлтлэгдүү гранит зэрэг чулуулгийн тархалтайг геологийн 1:200000-ны масштабын зураглалын ажлын үр дүнгээр ялган зураглажээ (Зураг 76).

Судалгааны талбай нь Идэрийн голын салбар хагарлын бүсэд байрладаг тул гранитоид биетүүд нь тектоник эвдрэлд ихээр өртсөн, баруун хойшоо болон зүүн хойшоо чиглэлтэй хагарлуудаар хэрчигдсэн байдаг. Судалгааны талбайн бараг 60%-ийг Тэлмэн бүрдлийн саарал өнгийн дунд мөхлөгт гранодиорит, цайвар саарал өнгийн дунд мөхлөгт биотит-амфиболт гранит эзлэх бөгөөд Идэр голын урд хэсгээр Тэс бүрдлийн цагаригдуу хэлбэр бүхий улаан ягаан өнгийн дунд, том мөхлөгт шүлтлэгдүү гранит чулуулгийн тархалттай байна (Зураг 77).

**Судалгааны арга аргачлал:** Тарвагатайн өргөгдлийн Их-уул орчмын хойд болон өмнөд хэсгээр тархалттай Тэлмэн, Тэс, Шинэ-Идэр гранитоид бүрдлүүдэд хээрийн

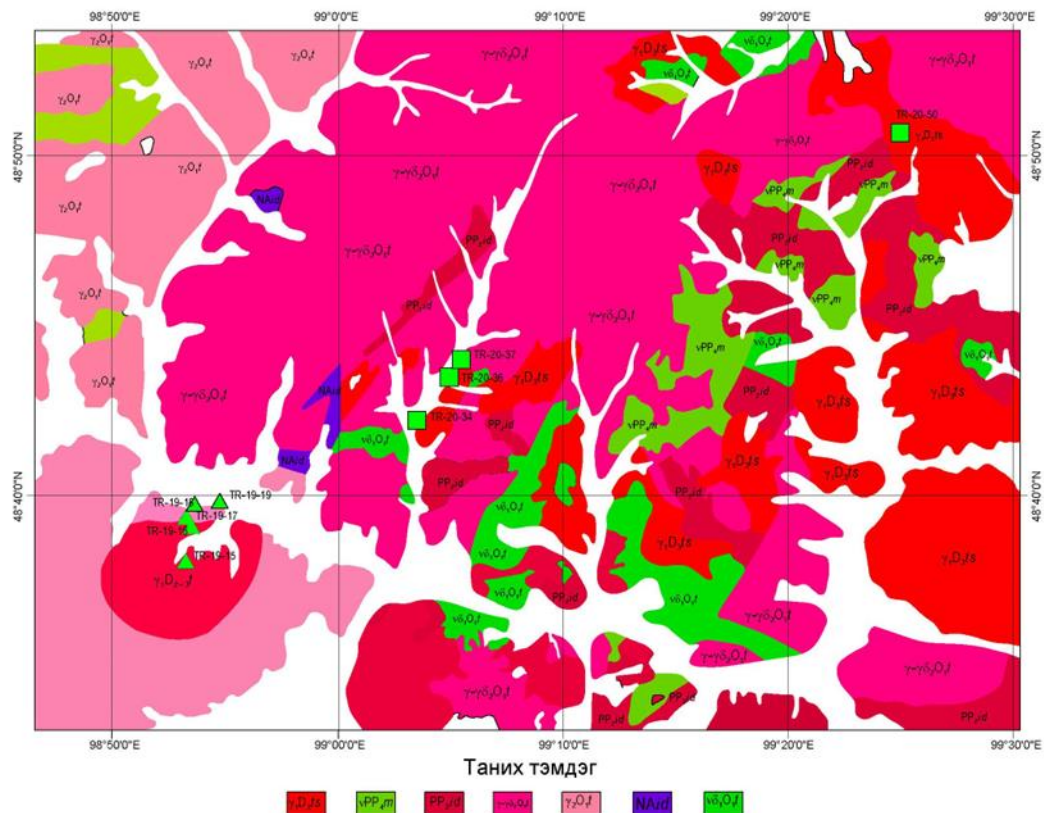
ажиглалт судалгаа явуулж чулуулгуудад петрографи, петрологи-геохимийн шинжилгээ судалгааны ажлыг хийж гүйцэтгэсэн.

Гранитоид чулуулгийн эрдэслэг бүрэлдэхүүн, структур, текстурыг туйлширсан гэрлийн микроскопоор судлсан ба петрографийн бичиглэл нь Бүлэг 3-ийн бүрдэл тус бүрийн петрографийн судалгааны хэсгүүдэд тусгагдсан. Петрологи-геохимийн онцлог, геотектоник орчныг нарийвчлан тодруулахаар 12 дээжинд чулуулгийн гол ислийн химийн найрлагыг, сарнимал болон газрын ховор элемент (ГХЭ)-ийн химийн найрлагыг тогтоож, гарсан үр дүнгүүдийг стандарт арга, аргачлалын дагуу боловсруулав.



Зураг 76. а) Монгол орны ороген мужуудын тектоник мужлалын схем зурагт (Төмөртоогоо, 2012) судалгааны талбайн байршлыг харуулав. б) Их-уул орчмын 1:50000-ны масштабын геологийн тойм зураг; 1: Орчин үеийн аллювийн хурдас, 2: Орчин үеийн деллюви-пролюийн хурдас, 3: Улаан ягаан, цайвар ягаан өнгийн дунд, дунд-том мөхлөгтэй шүлтлэгдүү гранит, 4: Саарал өнгийн дунд мөхлөгтэй кварцат диорит, гранодиорит, 5: Цайвар саарал, саарал өнгийн дунд мөхлөгт биотит-амфиболт гранит, 6: Хар ногоон өнгийн жижиг мөхлөгтэй эвэрхуурмагт диорит, габбро, габбродиорит, 7: Амфиболт, биотит-амфиболт талст занар, плагиогнейс, гранит гнейс, 8: Дээж авсан цэгүүд, 9: Хагарал



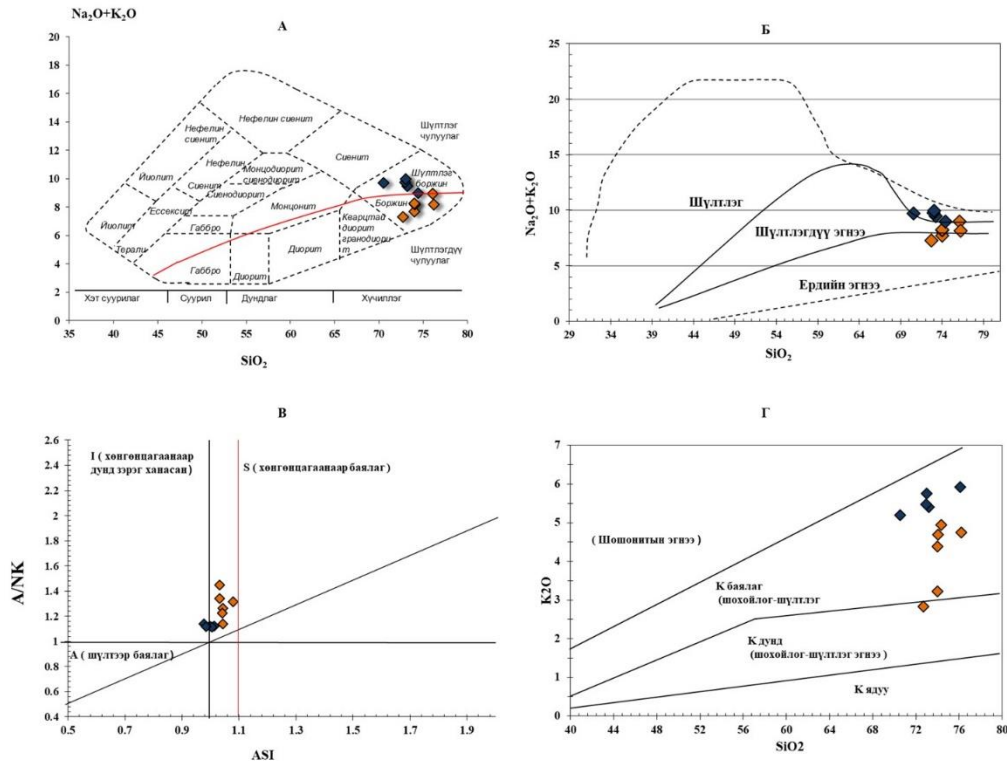


Зураг 77. Судалгааны талбайн геологийн зураг

**Петро-Геохими:** Тэлмэн бүрдлийн гранитоид чулуулагт цахиурын ислийн (SiO<sub>2</sub>) агуулга 70.54-76.25%, шүлтийн нийлбэр (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) 7.27-9.96 %, хөнгөн цагааны ислийн (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 15-12.93% агуулга өндөртэй, кали-натрийн шүлтжилт (K<sub>2</sub>O:5.92-3.22%, Na<sub>2</sub>O:4.45-3.01) дунд зэргийн, төмрийн ислийн (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 0,87-1,84% агуулга бага, MnO (0.01-0.06%), MgO (0.20-0.63%), CaO (0.56-1.76%), TiO<sub>2</sub> (0.05-0.34%), P<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0.01-0.1%),)-ийн ислүүд харьцангуй бага агуулгатай байна. Цахиурын ислийг (SiO<sub>2</sub>) шүлтийн нийлбэртэй (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) харьцуулсан ангиллын диаграмм дээр Тэлмэн бүрдлийн гранитоидод шүлтлэгдүүгээс шүлтлэг гранит хүртэлх найрлагатай чулуулаг зонхилж байна (Зураг 78.A).

Тэлмэн бүрдлийн гранитоид чулуулгийн цахиурын ислийг (SiO<sub>2</sub>) калийн (K<sub>2</sub>O) исэлтэй харьцуулахад дээжүүд калигаар баялаг шохойлог шүлтлэг эгнээний талбайд байрлана (Зураг 78.Б). Хөнгөн цагааны ханалтын индексийн A/CNK-A/NK (0.97-1.1) диаграмм дээр бүх дээжүүд хөнгөн цагаанаар дунд зэрэг ханасан талбайд бууж байгаа ба Чаппел нарын (Chappel et al., 1974) гранитоидын ангиллаар I ба S төрлийн шилжилтийн хэсэгт хамаарагдаж байна (Зураг 78.B).

Их уул орчмын палеозойн гранитоид нь шохойлог-шүлтлэг эгнээний, кали-натрийн шүлтшилт ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ : 7.27-9.96 %) өндөртэй, хөнгөн цагаанаар дунд зэрэг ханасан ( $\text{ASI}=0.9-1.1$ ), сулавтар I төрлийн шүлтлэгдүү гранитын эгнээний, шохойлог-шүлтлэг магмаас үүсэлтэй эх газрын идэвхтэй захын петро-геохимийн шинжийг илэрхийлж байна.



Зураг 78. Гранитоид чулуулгийн ангиллын диаграммууд: А ба Б: – Цахиурын исэл ( $\text{SiO}_2$ ) ба шүлтийн нийлбэр ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ) (Cox et al., 1979, Wilson, 1989); В: Хөнгөн цагааны ханалтын индексийн  $\text{A}/\text{CNK}-\text{A}/\text{NK}$  (Shand, et al., 1981), Г:Цахиурын исэл ( $\text{SiO}_2$ ), кали исэл ( $\text{K}_2\text{O}$ )-ийн хамаарлын диаграмм (Le Maitre et al., 1989). Шаргалдуу өнгөөр гранодиорит ба монцогранит, хөх өнгөөр биотитот шүлтлэг гранитыг тэмдэглэв.

Их-Уул орчимд тархалттай Тэлмэн бүрдлийн гранитоид чулуулгийн эх үүсвэрийн орчин нөхцөл болон магмын найрлагын хөгжлийг тодруулах зорилгоор чулуулгийн сарнимал болон газрын ховор элемент (ГХЭ)-ийн химийн найрлагыг тодорхойлсон.

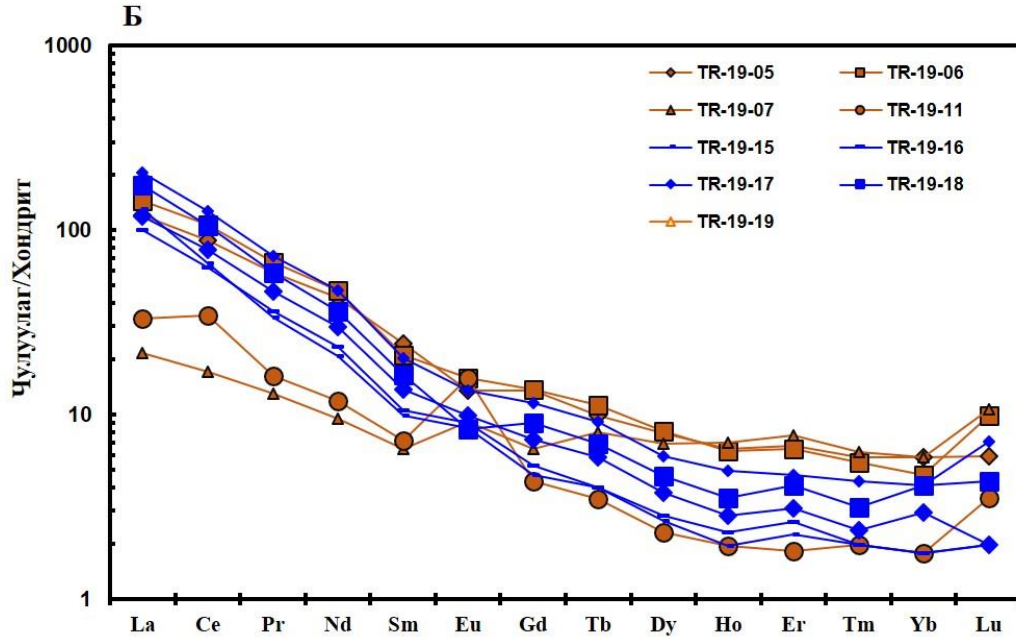
**ГХЭ:** Тэлмэн бүрдлийн гранитоид чулуулаг нь ГХЭ-ийн нийлбэр дүнгийн 29.16-187.85 г/т агуулгатай,  $\text{ХөГХЭ}/\text{ХүГХЭ}$ -ийн харьцаа 3.4-27,  $(\text{La}/\text{Yb})_N$  2.41-23.54 хооронд нэлээд хэлбэлзэлтэй байна. Чулуулгийн ГХЭ-ийн агуулгыг хондритод нормчилсон агуулгатай диаграмм байгуулахад чулуулаг нь газрын ховор хөнгөн элементээр (ХөГХЭ) баяжсан, хүнд эгнээний элементээр (ХүГХЭ) ядуурсан төрхтэй. Eu-ийн сулхан эерэгдүү гажил

үзүүлэх ба харин Gd-Yb хүртэлх элементүүд жигдхэн буурсан хэмжээтэй, харин Lu - ийн агуулга ялимгүй нэмүү тархалтыг үзүүлдэг онцлог ажиглагдана (Зураг 79).

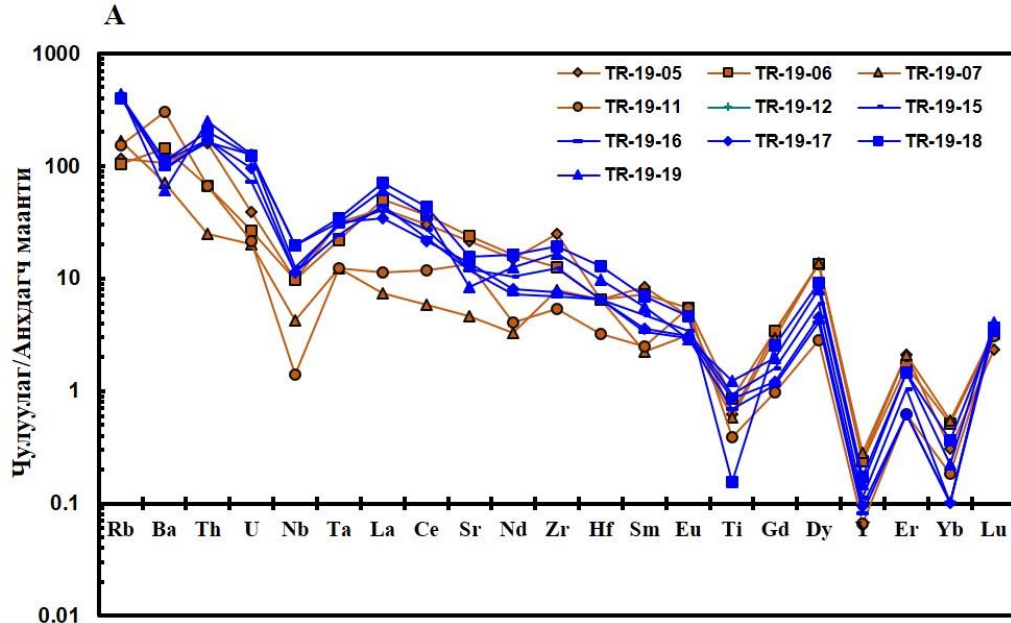
Магмын чулуулгийн ГХЭ-ийн тархалт нь чулуулгийн эх үүсвэр дэх ГХЭ-ийн хэмжээ, магмын хайлмагийн хувьслын явцад үүсдэг эрдэс хайлмагийн тэнцвэрт байдлаар хянагддаг. ХөГХЭ-ийн харьцангуй атом масс багатай учир царцдасд ХүГХЭ-ээс илүү баяжигддаг онцлогтой. Уг гранитоидын Eu-ийн эерэгдүү гажил нь магадгүй чулуулаг дахь эх үүсвэрт плагиоклаз бага үлдсэнийг ба нөгөө талаас нь авч үзвэл хувиралд өртөж хлорит, серицит зэрэг ус агуулсан хоёрдогч эрдсийн үүсэлтэй холбоотой байж болно.

**Сарнимал элемент:** Тэлмэн бүрдлийн гранитоид чулуулгийн сарнимал элементүүдийн хувьд Sr; 98-1071 (дундаж 343) ppm, Ba; 429-2126 (дундаж 915.3) ppm)-ийн өндөр агуулгатай, Nb; 1-14 ppm, Y; 3-24.8ppm (дундаж нь 7.9), Sr/Y харьцаа нилээд хэлбэлзэлтэй ба 4.6-135.2 (дундаж 56.2), Yb; 0.3-1.0 ppm бага агуулгатай байна.

Тэлмэн бүрдлийн гранитоидын сарнимал элементүүдийн агуулгыг анхдагч мантид нормчилсон (Sun, McDonough, 1989) спайдер диаграмм байгуулахад ионы радиус томтой элементээр (ИРТЭ: Rb, Ba, Th, U ба Sr) баяжсан, харин өндөр цэнэгтэй элементээр (ӨЦЭ: Nb, Ti, Y, Yb) ядуурсан хандлага ажиглагдана (Зураг 80). Гранитоидын үүссэн геодинамик орчинг тодруулах зорилгоор Nb-Y ба, Rb-(Y+Nb) зэрэг элементүүдийн агуулгын хэмжээнд тулгуурлан дискриминацийн диаграммуудыг байгуулахад синколлизын болон галт уулын нумын геодинамик нөхцөлд үүссэнийг харуулна (Зураг 81.А,Б). Дээрх геохимийн үр дүнгээс дүгнэж үзэхэд Тэлмэн бүрдлийн гранитоид дахь Ba, Th, U, Sr -ийн өндөр агуулга, Sr /Y харьцаа өндөртэй, Nb, Ti, хүнд ГХЭ -ийн бага агуулга зэрэгт үндэслэн субдукцын бүсийн магмын бүтээгдэхүүн болохыг илэрхийлнэ.

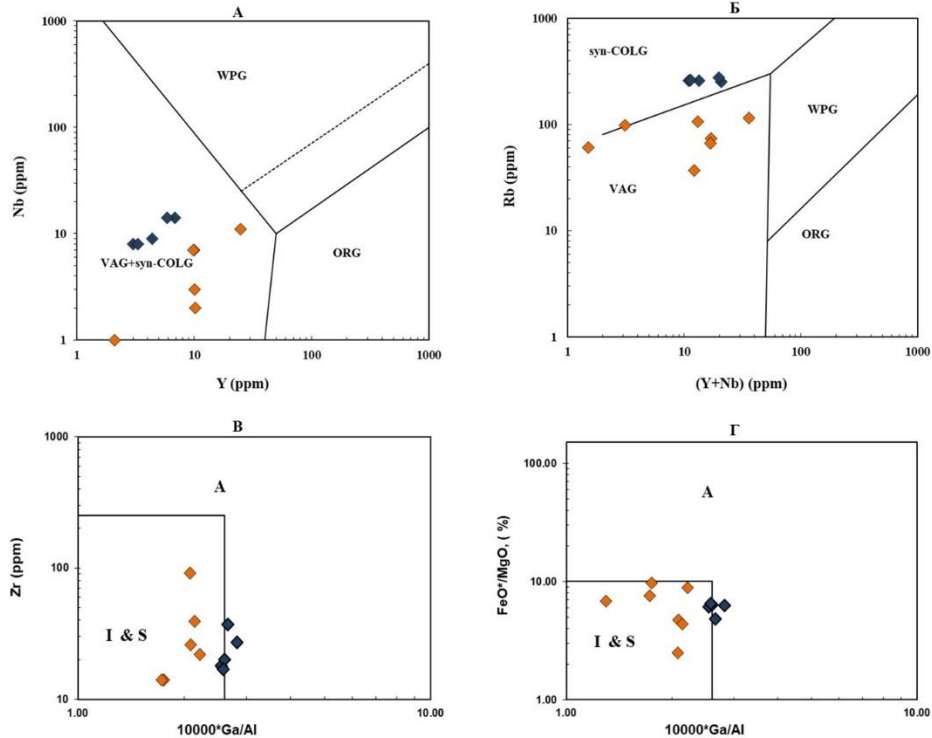


Зураг 79. Тэлмэн бүрдлийн гранитоид чулуулгийн газрын ховор элементийн тархалтыг хондритод нормчилсон диаграмм (Taylor and McLennan., 1985-ийн диаграммыг ашиглав).



Зураг 80. Тэлмэн бүрдлийн гранитоид чулуулгийн сарнимал элементийн тархалтыг анхдагч мантид нормчилсон диаграмм (Sun, McDonough et al., 1989-ийн диаграммыг ашиглав )



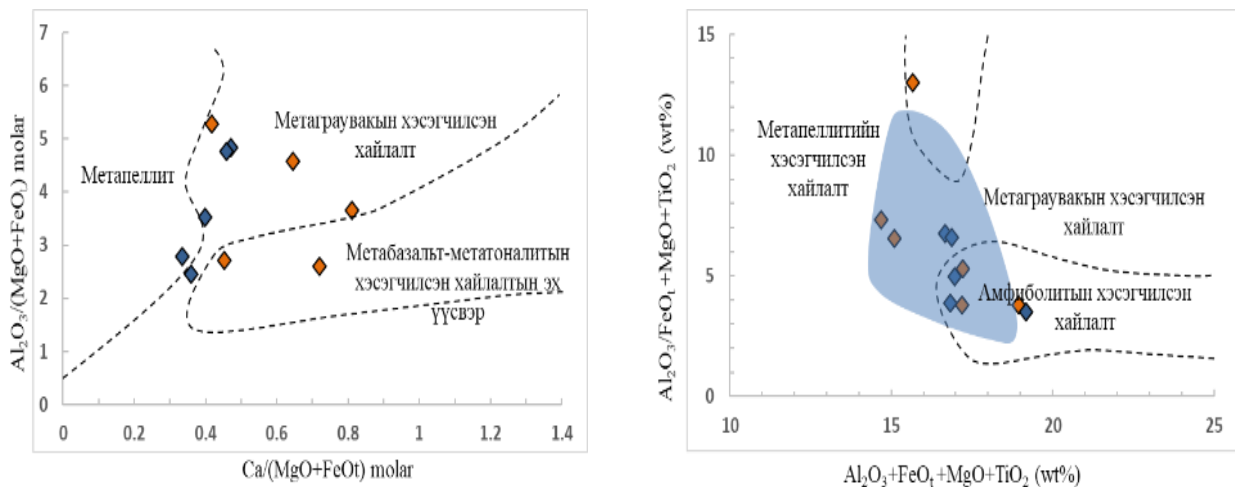


Зураг 81. Гранитоидын дискриминацийн диаграмм: А, Б: Nb-Y, Rb-(Y+Nb), (Pearce et al., 1984); В, Г: 10000 Ga/Al -FeO\*/MgO, 10000 Ga/Al - Zr (Whalen et al., 1987-ийн диаграммыг ашиглав).

**Хэлэлцүүлэг:** Гранитоид чулуулаг нь I-, S-,M-,A- төрлүүдэд ангилдаг бөгөөд төрөл тус бүр нь тодорхой химийн найрлага, эрдсийн бүрдлүүдээрээ өөр хоорондоо ялгаатай байдаг (Chappell and White 1974; 1992; Bonin 2007). M-төрлийн гранитоид калигаар бага (<1 wt.%) (Bonin 2007), A-төрлийн гранитоид өндөр цэнэгтэй элементийн агуулга нэмүү байдаг онцлогтой (Whalen et al. 1987; Eby1992).

Бидний судалгааны гранитоид чулуулгийн дээжинд калийн ислийн (K<sub>2</sub>O:5.92-3.22%) болон цахиурын ислийн (SiO<sub>2</sub>:70.54-76.25%) өндөр агуулга, өндөр цэнэгтэй элемент (Zr+Nb+Ce+Y)-ийн бага агуулга, хөнгөн цагааны ханалтын индексийн (ASI)=0.9-1.1 харьцаа, чулуулагт голлох эрдсүүд ба Al- агуулсан эрдсийн бүрэлдэхүүн элбэг зэрэг нь S- ба I- төрлийн шинж төрхтэй тохирч байна. Үүнийг тодруулах зорилгоор 10000 Ga/Al -FeO\*/MgO, 10000 Ga/Al - Zr (Whalen et al., 1987) диаграмм байгуулж бататган харуулаа (Зураг 81.В,Г).

Тэлмэн бүрдлийн гранитоид чулуулгийн гол ба сарнимал элементийн химийн найрлагын хэлбэлзэл багатай байдал нь магмын фракцжилтын системд талсжилтын онцлог тогтвортой явагдсаныг илтгэнэ. Хүчиллэг чулуулагт Sr ба Eu нь ихэвчлэн плагиоклазаар, харин Ba -нь K-хээрийн жоншоор хянагддаг. Ингээд гранитоид чулуулгийн магмын талсжилтын эх үүсвэрийг тодруулах зорилгоор  $Ca/(MgO+FeOt)$  ба  $Al_2O_3/(MgO+FeOt)$  моль болон  $Al_2O_3+FeOt+MgO+TiO_2$  моль ба  $Al_2O_3/FeOt+MgO+TiO_2$  (wt%) зэрэг элементүүдийн хамаарлын диаграмм байгуулахад метатунамал болон метамагмын хайлалтын шинж төрхийг үзүүлэв (Зураг 82). Бидний судалгаа хийсэн бүх дээжүүд хүндГХЭ-ийн агууламж багатай ( $Yb= 0.1-1.1$  ppm,  $Y= 0,5-24$  ppm) байгаа. Чулуулагт хүнд ГХЭ болон Y зэрэг элементийн бага агуулга нь эх үүсвэрт гранатын оролцоог хянадаг мэдээллийг өгдөг. Энэхүү зүй тогтлыг үндэслэн Тэлмэн бүрдлийн гранитоид чулуулаг дахь магмын эх үүсвэрт гранатын оролцоотой байсныг илтгэнэ. Чулуулгийн эх үүсвэрт гранатын оролцоо байгаа нь өндөр даралт, температурыг илэрхийлдэг. Судлаачид эх үүсвэрт гранатын оролцоотой метамагмын чулуулгийн хэсэгчилсэн хайлалтын систем нь >8-11 kbar даралтын дор явагддаг бол, метатунамал чулуулагт >5-7 kbar даралт нөлөөлдөг гэжээ (Wolf and Wyllie 1994; Vielzeuf and Montel 1994; Douce and Beard 1995)



Зураг 82. (a)  $Al_2O_3/(FeOt + MgO)-CaO/(FeOt + MgO)$  диаграмм (Altherr et al. 2000). (б)  $Al_2O_3/(FeOt + MgO + TiO_2)-Al_2O_3 + FeOt + MgO + TiO_2$  wt.% диаграмм.

Дээрх геохимийн онцлог шинж төрх дээр үндэслэн Их-Уул орчмын Тэлмэн бүрдлийн гранодиорит, монцогранит-шүлтлэг гранит нь метатунамал болон метамагмын

хэсэгчилсэн хайлалтын үр дүнд, магадгүй уг гранитоид 7-9 kbar даралтын дор дундлаг магмын фракцласан талсжилтын үр дүнд үүссэн байж болохыг хэлэлцлээ. Энэ талбайд геохронологийн нас тогтоогдсоныг Бүлэг 3.3-д тусгагдсан болно.

**Дүгнэлт:** Их-Уул орчмын гранитоид чулуулаг нь шохойлог-шүлтлэг эгнээний, кали-натрийн шүлтшилтэй, цахиурын ислийн өндөр агуулгатай, хөнгөн цагаанаар дунд зэрэг ханасан, эрдсийн найрлагаараа ойролцоо гранодиорит-монцогранит-шүлтлэг гранитын эвшлийн чулуулаг давамгайлсан байна.

Ионы радиус томтой (LILE) Rb, Ba, Sr зэрэг элементүүдээр харьцангуйгаар баяжсан, өндөр цэнэгтэй (HFSE) Nb, Y, Yb, Ti зэрэг элементүүдийг бага агуулсан, хөнгөн бүлгийн ГХЭ нь харьцангуй их, Eu-ийн эерэгдүү гажил үзүүлэх ба Gd (гадолини)-аас Yb (иттерби) хүртэлх хүнд ГХЭ-үүд тогтвортой жигдхэн хэмжээтэй, Lu (лютеци) яаламгүй өссөн тархалтын геохимийн онцлог шинжийг тогтооллоо.

Уг гранитоидууд нь метатунамал болон метамагмын чулуулгийн хэсэгчилсэн хайлалтын эх үүсвэртэйгээр Сибирийн болон Таримын кратоны хооронд орших палеозойн ороген бүсийн хэмжээнд сүбдүкци-коллизтой холбоотой магмын нумын геодинамикийн нөхцөлийг илтгэнэ.

## **5.2. ШИНЭ-ИДЭР ОРЧМЫН ГЕОЛОГИЙН ТОГТОЦ, МЕТАМОРФ БОЛОН ГРАНИТОИД ЧУЛУУЛГИЙН ПЕТРОГЕОХИМИЙН СУДАЛГАА (ХӨВСГӨЛ АЙМГИЙН ШИНЭ-ИДЭР)**

2020 онд судалгааны талбайд хээрийн судалгааг гүйцэтгэж талбайд тархалттай метаморф болон гранитоид бүрдлүүдийн анхдагч байршлын хил заагийг тогтоох, чулуулгийн төрөлжилтийг тодруулах, метаморф чулуулгийн структурын байршлын хэмжилт хийх зэрэг маршрутын судалгааг талбайн геологийн зургийг шинчлэн зохиосон. Судалгааны талбайн төв хэсгээр гранитоид болон метаморф бүрдлүүдийн бодисын найрлага, геодинамик нөхцөлийг тодруулах зорилгоор петрографи, геохими болон геохронологийн шинжилгээнд зориулан дээж материал цуглуулж судалгааг гүйцэтгэсэн..

Цуглуулсан дээжүүдийг нарийвчилсан шинжилгээнд зориулан буталж нунтаглан бэлтгэн шигшиж бэлтгэсэн. Чулуулгийн эрдэслэг бүрэлдэхүүн, структур, текстурыг онцлогийг тогтоох зорилгоор 12 дээжийн тунгалаг шлиф хийж туйлширсан гэрлийн

микроскопоор петрографийн судалгааг гүйцэтгэсэн. Петрографийн судалгаа хийгдсэн бичиглэл Бүлэг 4.1-д тусгагдсан. Геохимийн шинжилгээнд бэлтгэгдсэн 15 дээжийн чулуулгийн гол ислийн химийн найрлагыг XRF76V буюу рентген флуоресценцийн, сарнимал болон газрын ховор элемент (ГХЭ)-ийн химийн найрлагыг ICP-90A масс спектрометрийн багаж төхөөрөмжөөр “Эс Жи Эс” лабораторид хийлгэж, гарсан үр дүнгүүдийг хүлээн авч стандарт арга, аргачлалын дагуу боловсруулалтын ажил хийгдсэн.

## Судалгааны талбайн геологийн тогтоц

Хангайн уулсын хойд талыг хүрээлсэн томоохон эртний стрүктүр бөгөөд урдуураа Хүнгүйн гүний хагарлын үргэлжлэл болох Хойд Тэрхийн хагарлаар, хойгуураа Хангайн хагарлаар зэргэлдээ структуруудтайгаар хиллэнэ. Энд голдуу силлиманитот гнейс, гранит-гнейс, мигматит, ортогнейс, амфиболит, гантиг, талст занар зэрэг бүрэлдэхүүнтэй Идэр хэмээх метакомплексос тогтоно.

Судалгааны талбай нь Хөвсгөл аймгийн Шинэ-Идэр сумын зүүн хойд хэсэг дэх Бумбатын ам, Нарийны ам болон Овоон дух орчим хамрах бөгөөд геологийн тогтцын хувьд хамгийн хөгшин Неоархейн Идэр бүрдлийн метаморф чулуулаг (NA), мезопротерозойн Намиг (MP1), неопротерозойн Агьт (NP1), дунд-хожуу кембрийн Тэлмэн гэсэн хэд хэдэн үе шатны гранитоид бүрдлүүдийн тархалттайгаар зураглагдаж байна. Мөн хожуу үе шатны ЗХ болон БХ хойш чиглэлтэй дундлаг ба хүчиллэг найрлагатай дэл судлуудаар түрэгддэг.

Идэр бүрдлийн насны үндэслэлийг Хөнжлийн голын орчимд илэрсэн чарнокит гнейсд U-Pb аргаар тогтоогдсон 2520-2550 сая жил ([Kröner et al., 2015](#)), гранит-гнейст 2219±25 сая жилийн ([Kozakov et al., 2011](#)) насны үр дүнтэй, харин [Шижирбаатар нар \(2001ф\)](#)-ын мезопротерозойн Намиг (MP1) гэж ялгасан бүрдлийг Хөнжлийн голын габбро-анортозитын массивд U-Pb аргаар 1700-1800 сая жил гэж тогтоосон үнэмлэхүй насны үр дүнтэй тус тус дүйцүүлэн судлав.

Судалгааны талбайд *Неоархейн Идэр* бүрдэл нь нэлээд өргөн тархалттай ба баруун-урдаасаа зүүн-хойш чиглэлтэй сунасан структурыг үүсгэсэн үлдэгдэл гаршууд байдлаар тохиолдоно. Эдгээр нь гранит-гнейс, диорит-гнейс, амфиболит, мигматит



болон, кварцитын үе мөшлүүдээс тогтоно. Уг бүрдэл нь гранитын дэл судлуудаар түрэгдсэн байдаг.

*Мезопротерозойн Намиг бүрдэл* нь гнейслэг габбро, габбродиоритоос голлон бүрдэх бөгөөд Идэр бүрдлийн метаморф чулуулгийг зүсэж, Тэлмэн бүрдлийн гранитоидоор түрэгддэг. Хил заагийн дотоод хэсэгтээ өнгөт эрдсийн агуулга ихэсч чулуулаг гнейслэг текстуртай болсон байх ба гадаад хэсэгтээ агуулагч чулуулгийн үеийн дагуу нийцлэгээр диорит, плагиогранит, хүчиллэг дэл судлын биетүүд тохиолдохын зэрэгцээ мигматитжих, гранитжих хувирлууд, зарим интрузив чулуулгаар зүсэгдсэн хэсэгтээ метаморф чулуулаг нь роговижсон ажиглагдана.

*Неопротерозойн Агьт бүрдэл* нь судалгааны талбайн баруун хойд хэсэгт буюу Улаан-Өвөр уул орчимд жижиг биет байдлаар илэрнэ. Уг бүрдлийг [Шижирбаатар](#) нар (2001Ф) анх ялгасан ба бие даасан интрузив бүрдлийн хэмжээнд ялгаж гнейслэг гранит, риолитик гранит гнейс болон амфиболит зэрэг чулуулгийн төрөлжилттэй ажиглагдана.

*Дунд-хожуу кембрийн Тэлмэн бүрдлийн гранитоид* нь судалгааны талбайд өргөн тархалттай ба янз бүрийн хэмжээ бүхий жижиг биетүүдээр илрэх бөгөөд 2 фазад ялгагддаг. 1-р фазын чулуулагт дунд-том ширхэгтэй габбро, габбродиорит, диорит, кварцат диоритоос тогтоно. 2-р фазын чулуулагт гранодиорит, гранит, плагиогранитаас тогтоно. Уг бүрдэл нь хагарлын дагуу суларсан бүсээр жижиг ширхэгтэй суурилаг ба дундлаг дэл судлын биетүүдээр түрэгддэг.

Судалгааны талбай нь Булнайн хагарлын өмнөд хэсэгт орших тул неотектоникийн эвдрэлд ихээр өртөгдөж баруун хойшоо болон зүүн хойшоо чиглэлтэй хагарлуудаар хүчтэй хэрчигдсэн нь агаар сансрын зурагт болон хээрийн ажиглалтаар тод ажиглагдана. Структур геологийн ажиглалт хийж Идэр метаморф бүрдлийн чулуулагт метаморф хавтгайшил болон шугамшил илүү хөгжсөн байдаг нь бусад метаморф бүрдэлүүдээс ялгарна. Тухайлбал, гранит гнейс болон мигматитууд нь ихэвчлэн “М” төрлийн атираажилт үүссэн структурын онцлогийг тогтоосон. Эдгээр шахалтат тектоник идэвхжилүүд нь Булнайн хагарал болоод Байкалидын тектоник хөдөлгөөнүүдтэй холбоотой гэж үзлээ.

Уг хэсэгчилсэн талбайн петрографи болон геохимийн судалгааны үр дүнгийн бичвэр нь Бүлэг 3-ийн метаморф бүрдлийн судалгааны хэсэгт тусгагдсахн болно.

**Хэлэлцүүлэг:** Тарвагатайн өргөгдлийн эртний кембрийн өмнөх метаморф талст бүрдлээс палеозойн олон үе шатны гранитоид чулуулгийн бүрэлдэхүүнтэй өөр хоорондоо ялгаатай нийлмэл структурт оршиж, Завхан микроконтинентод хамаардаг талаар өмнө өгүүлсэн билээ. Завхан микроконтинентийн эртний чулуулгуудад тодорхойлогдсон 2.65 тэрбум жил Байдрагийн блокийн саарал гнейс (Kozakov et al. 2007), Гарганы блокийн Салиг комплексын гнейсд 2.7 тэрбум жил настайг (Bold et al. 2019), Тарвагатайн террейний Идэр комплексын чарнокит гнейс 2.52-2.55 тэр бум жил (Kröner et al., 2017) цирконы U-Pb үнэмлэхүй насны аргаар тус тус тогтоогдсон байна.

Мөн судалгааны талбайн өмнөд хэсэгт орших гранит-гнейсд 2219±25 сая жил (Kozakov et al., 2011), үүнийг түрсэн габбро, габбро-анортозитийн цирконд 1784 ± 10 сая жил (Анисимова и др., 2009), Жаргалант бүрдлийн биотит болон биотит-амфибол агуулсан гнейс, үеллэг гантиг бүхий метаморф чулуулагт U-Pb-ны аргаар 815±8 сая жил буюу неопротерозой настайг, эдгээрийн ойр орчмоос авагдсан диорит-гнейсд 437 ±7 ба 421±1 сая жилийн нас (Kozakov et al., 2011; Kroner et al., 2014)-ыг тус тус тогтоож, ялангуяа кембрийн өмнөх метаморф чулуулгийн насны асуудал бүрэн шийдсэн ач холбогдолтой ажлууд тусгалаа олсон байдаг.

Чулуулгийн геохимийн хувьд бидний судалгаагаар Шинэ-Идэр орчмын Идэр бүрдлийн амфиболит болон диорит-гнейс, Агьт бүрдлийн гранит гнейс, Намиг бүрдлийн габбродиорит, диоритууд нь петро-геохимийн шинжээрээ ижил, геологийн тогтоц, структураараа өөр төрхтэй байна. Чулуулгуудад SiO<sub>2</sub> (43.25-56.91 %), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (12.71—19.39%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (7.43-20.09 %), CaO (2.3-10.46%), MgO (2.43-9.06%)-ны өндөр агуулгатай, Na<sub>2</sub>O (0.93-2.66%) , TiO<sub>2</sub> (0.29-2.22%), K<sub>2</sub>O (0.55-6.88)-ийн бага агуулгатай байна. Амфиболит нь шүлтлэгдүү базальтаас андезит базальтын AFM диаграмм (Irvine and Barager, 1971) дээр амфиболит болон Намигийн дээжүүд толейтийн, бусад дээжүүд шохойлог шүлтлэг найрлагатай байна. Идэр болон Намиг бүрдлүүдийн ихэнх дээжүүд вулканик нумын /VAG/ нөхцөлд үүссэн төрхтэй, Агьтийн дээж плит доторх буюу завсрын бүсийн нөхцөлд үүссэн шинжийг харуулна. Эндээс судалгааны талбайн неопротерозойн Агьт бүрдлийн чулуулгууд нь ялгаатай геодинамик нөхцөлд үүссэн нь тодорхой байна.

ГХЭ-ийн хувьд нийлбэр дүнгийн өндөр агуулгатай, ХөгХЭ болон ХүГХЭ-ийн фракцжилт сайтай,  $(La/Yb)_N$  1.2-51.77 (дундаж 12.7) бага харьцаатай, Eu-ийн сөрөг, буюу гажилгүй жигд тархалт болон Eu-ийн ялгаатай гажил үзүүлж буй нь магадгүй метаморф анхдагч орчин өөр байсныг илтгэнэ.

Түүнчлэн Шинэ-Идэрийн талбайн чулуулгийн нас болон найрлагын хувьд ойролцоо тогтоцтой метаморф болон гранитоид бүрдлүүд нь ихэвчлэн вулканы арлан нумын гранитоидод хамаарна. Чулуулгийн эх үүсвэрийг тодруулах зорилгоор Nb/Yb ба Th/Yb болон Nb/Yb ба  $TiO_2/Yb$ -ийг харьцуулахад ихэнх дээжүүд баяжигдсан далайн голч нуруу (E-MORB) болон далайн арлын базальт (OIB) хооронд буух бөгөөд энэ нь магма-царцдасын холилдолттой субдукцын шинжийг илтгэнэ. Эндээс Намиг бүрдэл нь баяжсан далайн царцдастай шууд холбоотой (E-MORB) бөгөөд далайн субдукцын эхний шатны хайлалттай холбоотой, харин Идэр, Агьт, Тэлмэн бүрдэл нь далайн арлын базальт буюу эх газрын царцдасын оролцоотой байгааг харуулж байна. Харин Агьт бүрдэл нь бусад бүрдлүүдээсээ ховор элементийн геохимийн шинжээрээ илүү онцлог шинжтэй, тухайлбал хондриттой нормчилсон ховор элементийн диаграмм дээр Eu-ийн сөрөг гажил үзүүлж чулуулаг дахь эх үүсвэрт плагиоклазын үүргийг илтгэнэ.

Төв-Азийн ороген бүсэд орших метаморф бүсүүдийн үлдэгдэл цухуйцын геологи, геохими болон үнэмлэхүй насны судалгаагаар эхний шатандаа Родина тивийн эргэн тойронд орших далайн хөгжилтэй холбоотойгоор үүссэн кембрийн өмнөх метаморф талст бүрдлүүдийг илэрхийлдэг, харин мезо-неопротерозойн метакомплексиг Палеоазийн далайн хөгжилтэй холбон тайлбарладаг байна ([Kozakov et al., 2011](#)).

Төв Монголын хойд хэсэгт орших Тарвагатайн блокийн хэмжээнд эртний их тивийн үлдэгдэл ба талст суурийн хэсэгт Идэр метаморф талст бүрдэл, Намиг болон Агьтийн мета комплексууд зүй ёсоор хамаарагдаж байгаа бөгөөд 2520-2550 сая жил болон 1860 сая жилийн нас нь Сибирь, Хойд Хятад, Таримын эртний чулуулгийн настай дүйж байна.

Шинэ-идэр орчмын эртний талст метаморф чулуулаг болон гранитоид чулуулгийн петро-геохимийн онцлог шинж чанар, тэдгээрийн бодисын найрлага, гарал үүслийн асуудлыг нарийвчлан судлах нь Тарвагатайн блокийн цаашлаад Төв-Азийн эртний талст суурийн геологийн судалгаа, палеогеодинамикийн сэргээн босголтын хувьд чухал ач холбогдолтой юм.

## Дүгнэлт

- ❖ Шинэ-идэр орчмын эртний талст метаморф чулуулаг болон гранитоид чулуулгийн петрографийн эрдсийн бүрэлдэхүүн, тэдгээрийн үүсч хөгжсөн зүй тогтол, геохимийн онцлог шинж чанар, тэдгээрийн найрлага, эх үүсвэрийг тогтоож Тарвагатайн блокийн геологийн судалгаа, палеогеодинамикийн сэргээн босголтын геологийн хөгжлийг тодорхойлоход чухал шинэ мэдээллийг бүрдүүллээ.
- ❖ Шинэ-Идэр орчмын кембрийн өмнөх Идэр бүрдлийн амфиболит, диорит-гнейс, Намиг бүрдлийн габбродиорит, диорит, шинжээрээ ойролцоо төрхтэйг тогтоов. Харин, Агьт бүрдлийн гранит гнейс нь петрохими болон геохимийн шинж чанараараа илүү ялгарах бөгөөд плит дундын буюу неопротерозойн эх газрын тэлэлтийн орчинд үүссэн гэж таамаглаж байна.
- ❖ Тэлмэн бүрдлийн гранитоидод Rb, Ba, Th, Sr -ийн агуулга өндөр, Sr /Y харьцаа ба Nb, Ta, Ti, хүнд ГХЭ -ийн агуулга бага, Eu- ийн эерэг гажилтай, калигаар баялаг (TR-20-52, 60 дээжинд кали-дунд) шохойлог-шүтлэг, хөнгөн цагаанаар дунд зэрэг ханасан, I төрлийн гранитоидын геохимийн онцлог тогтоогдов. Энэхүү геохимийн онцлог дээр үндэслээд Тэлмэн бүрдлийн гранитоид нь магмын дифференциацийн талсжилтын эх үүсвэрт плагиоклазын оролцоо багатай субдуцын магмын бүтээгдэхүүн болохыг илэрхийлэв.

### 5.3. МӨСТИЙН ДҮҮРГИЙН ГЕОЛОГИ, ГЕОХИМИ

Судалгааны талбай нь Архангай аймгийн Цахир сумын нутагт орших Мөст уул, Баясгалант уул орчим хамрах бөгөөд Тарвагатайн блокийнхоо урд хэсэгт оршино. Региональ структурын хувьд Монгол орны тектоник дүүрэгчлэлээр Умард Монголын атриат мужийн Төв Монголын массив дахь Тэс-Дархадын атриат мегабүсэд орших Тарвагатайн блокд хамаарна ([Төмөртогоо, 2017](#)). Дүүргийн геологийн тогтцын хувьд хойд Тэрхийн голын салбар хагарлаар хянагдсан Мөст-Уулын анортозит, габбро-анортозитын томоохон биет илрэх бөгөөд уг чулуулгийн тархалт нь талбайн ихэнх хэсгийг эзлэх ба неоархей настай Идэр метакомплексыг зүсэж тогтоно. Тэрхийн голын урд хэсэгтээ Мөстийн анортозит, габбро-анортозитын жижиг биет, түрүү ордовикийн Тэлмэн бүрдлийн гранитоид, хожуу пермь-түрүү триасын Шар-Ус гол бүрдлийн гүний



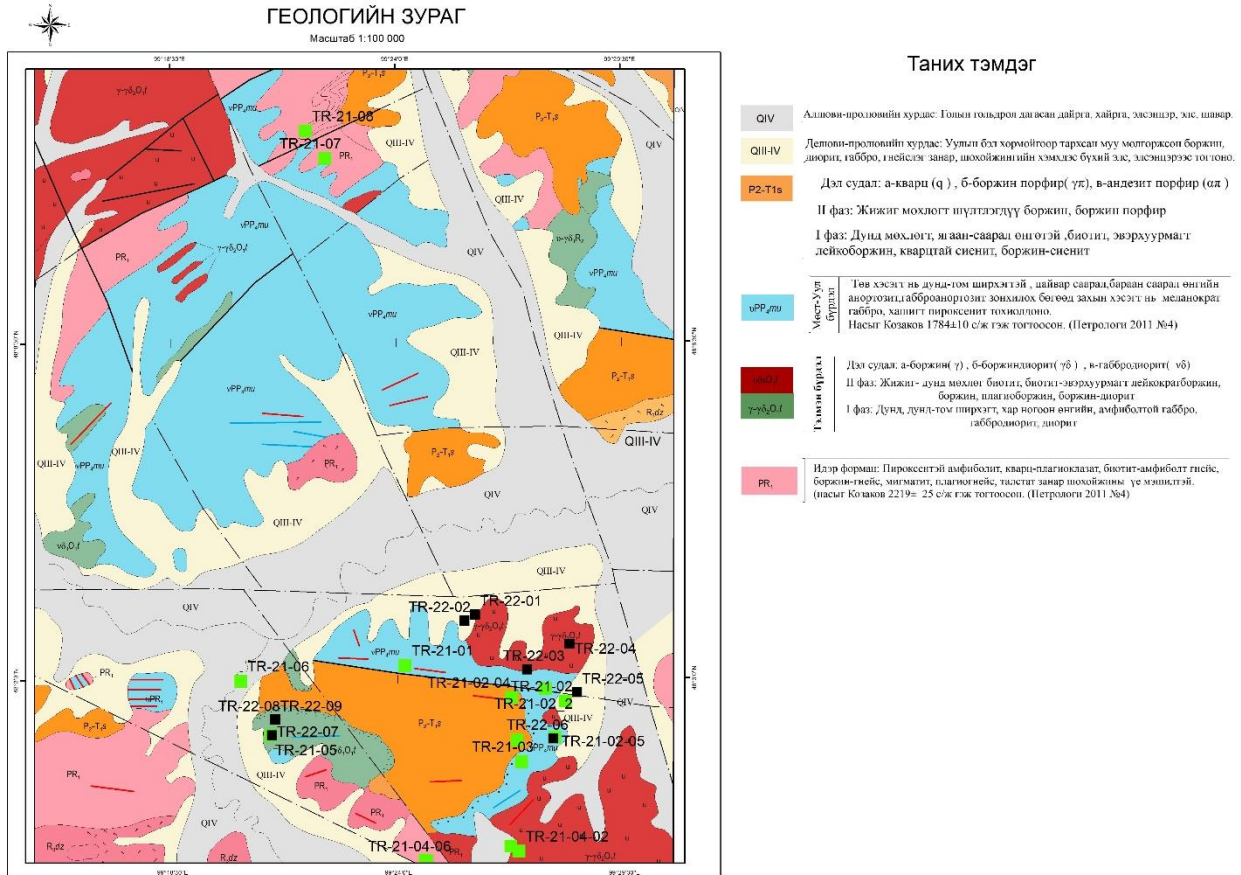
чулуулгуудаас тогтох ба хил заагийн тод ялгаагүй ба өөр хоорондоо эрс ялгарах тогтоцтой цагариг маягийн хэлбэртэй бүлэг биетийг үүсгэнэ (Зураг 83).

Идэр бүрдлийн метаморф чулуулаг нь судалгааны талбайн баруун хойд болон зүүн урд хэсгээр тархах ба гранит-гнейс, диорит-гнейс амфиболитоос тогтоно. Түрүү ордовикийн Тэлмэн бүрдлийн гранитоид нь II фазаас тогтох бөгөөд I фаз: дунд мөхлөгт габбро, габбродиорит, диорит, II фаз: дунд мөхлөгт гранодиорит, тоналит, гранитын тархалттай. Дунд пермь-түрүү триасын настай Шар ус бүрдлийн 1 фаз: биотит-эвэрхуурмагт гранит, кварцат сиенит, граносиенит, II фаз: жижиг мөхлөгт, биотитот гранит гранит, гранит порфиороос бүрдэнэ.

Бид Тарвагатайн блокийн өмнөд хэсэгт тархалттай Тэлмэн бүрдлийн петрогеохимийн онцлогийг тогтоох зорилгоор 10 дээжинд чулуулгийн гол ислийн химийн найрлагыг XRF76V буюу рентгенфлуоресценцийн, сарнимал болон газрын ховор элемент (ГХЭ)-ийн химийн найрлагыг ICP-90A масс спектрометрийн багаж төхөөрөмжүүдээр Монгол дахь Швейцарын хөрөнгө оруулалттай Эс Жи Эс лабораторид хийлгэж, гарсан үр дүнг стандарт арга, аргачлалын дагуу боловсруулав. Гранитоид чулуулгийн эрдэслэг бүрэлдэхүүн, структур, текстур, онцлогийг "Никон" маркийн туйлширсан гэрлийн микроскопоор судалж ШУА-ийн геологийн хүрээлэнгийн петрографийн лабораторид гүйцэтгэсэн.

Мөстийн дүүрэгт тархалттай Тэлмэн бүрдлийн 1-р фазын чулуулаг нь габбро, габбродиорит, диоритын бүлгийн чулуулгаас бүрдэх ба голлох эрдсийн бүрэлдэхүүнд плагиоклаз 35-65%, өнгөт эрдэс 25-35% /пироксен, амфибол/, хоёрдогчоор хлорит, эпидот, цоизит, соссюрит, акцессороор циркон, апатит, магнетит зэрэг эрдсүүдээс тогтох ба эрдсүүдийн өнгө, хэлбэр төрх, хуваагдал, гэрлийн хугарлын илтгэгч зэрэг онцлогууд төстэй шинжийг үзүүлнэ. Тэлмэн бүрдлийн 2-р фазын чулуулаг нь петрографийн найрлагаараа ойролцоо гранит, тоналит, гранодиоритын бүлгийн чулуулгаас голчлон бүрдэх ба чулуулаг бүрдүүлэгч гол эрдэс нь плагиоклаз, калийн хээрийн жонш, кварц, өнгөт эрдэс биотит, хоёрдогчоор эпидот-цоизит, хлорит, серицит, төмрийн услаг эрдсүүд, акцессороор циркон, апатит, ховроор сфен цөөн тооны хүдрийн эрдсүүдээс тогтоно.

Мөстийн дүүрэгт тархалттай палеозойн Тэлмэн бүрдлийн 1-р фазын габбро, габбро-диорит, диоритод цахиурын ислийн (SiO<sub>2</sub>) агуулга 45.12-59.55% хооронд, хөнгөнцагааны (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 16.34-17.52% , төмрийн (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> нийт Fe) 5.48-9.29%, магнийн MgO (2.79-9.64%), кальцийн CaO(4.99-11.88%) ислүүдийн өндөр агуулгатай ба кали-натрийн шүлтжилт (Na<sub>2</sub>O) 1.58-4.14%, (K<sub>2</sub>O) 0.38-2.71%, MnO (0.1-0.17%), TiO<sub>2</sub> (0.71-1.25%), P<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0.12-0.22%)-ийн ислүүд харьцангуй бага агуулгатайг тогтоов.



Зураг 83. Судалгааны талбайн геологийн зураг

Дээжүүдэд газрын ховор элементийн (ГХЭ)-ийн нийлбэр 56.09-129.09 г/т агуулгатай, газрын ховор хөнгөн элемент ба газрын ховор хүнд элемент (ХөГХЭ/ХүГХЭ)-ийн харьцаа 3.0-11.9, (La/Yb)<sub>N</sub> 2.3-17.67 хооронд байна. Чулуулгийн ГХЭ-ийн агуулгыг хондритод нормчилсон агуулгатай диаграмм байгуулахад дээжүүд ХөГХЭ-ээр баяжсан, ХүГХЭ болох Gd-Lu хүртэлх элементүүд ялимгүй буурсан төрхтэй жигд тархалттай ба Eu-ийн онцлох гажилгүй байна. Чулуулгийн сарнимал

элементүүдийн хувьд элементүүдийн агуулгыг анхдагч мантид нормчилсон (Sun, McDonough, 1989) спайдер диаграмм байгуулахад ионы радиус томтой Ba, K, Sr элементээр баяжсан, өндөр цэнэгтэй Nb, Nd элементээр буурсан тархалтыг үзүүлнэ.

Тэлмэн бүрдлийн 2-р фазын гранит, тоналит, гранодиоритод цахиурын ислийн ( $\text{SiO}_2$ ) агуулга 73.51-74.79%, хөнгөн цагааны ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 13.61-17.35%, кали-натрийн ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) 3.9-4.24%, ( $\text{K}_2\text{O}$ ) 2.54-4.91% ислүүдийн өндөр агуулгатай ба төмрийн ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  нийт Fe) 1.44-5.75%, магнийн ( $\text{MgO}$ ) 0.2-3.06%, кальцийн ( $\text{CaO}$ ) 0.2-5.02%, манган ( $\text{MnO}$ ) 0.03-0.12%, титан ( $\text{TiO}_2$ ) 0.13-0.2%, фосфор ( $\text{P}_2\text{O}_3$ ) 0.05-0.21%-ийн ислүүдийн бага агуулгатай. Дээжүүдэд ГХЭ-ийн нийлбэр 85.04-144.08 г/т агуулгатай, газрын ховор хөнгөн элемент ба газрын ховор хүнд элементийн харьцаа 7.77-11.13,  $(\text{La}/\text{Yb})_N$  8.84-14.07 хооронд байна. Чулуулгийн ГХЭ-ийн агуулгыг хондритод нормчилсон агуулгатай диаграмм байгуулахад дээжүүд 1-р фазын чулуулгатай ижил тархалт үзүүлэх ба Eu-ийн сулхан сөрөг гажил үзүүлсэн онцлогтой байна. Чулуулгийн сарнимал элементүүдийн хувьд элементүүдийн агуулгыг анхдагч мантид нормчилсон (Sun, McDonough, 1989) спайдер диаграмм байгуулахад ионы радиус томтой Rb, Ba, Th, K, Pb элементээр баяжсан, өндөр цэнэгтэй Nb, Nd ядуурсан тархалтыг үзүүлнэ.

Гранитоидын үүссэн геодинамик орчинг тодруулах зорилгоор Y-Nb, (Y+Nb)-Rb, (Ta+Yb)-Rb ба Yb-Ta зэрэг элементүүдийн агуулгын хэмжээнд тулгуурлан дискриминацийн диаграммуудыг байгуулахад бүх дээжүүд галт уулын нумын гранитын геодинамик нөхцөлд үүссэнийг харуулна.

Дээрх петро-геохимийн үр дүнгээс дүгнэж үзэхэд Мөстийн дүүрэгт тархалттай палеозойн гранитоид нь шохойлог-шүлтлэг магмын эх үүсвэртэй, хөнгөн цагаанаар дунд зэрэг ханасан ( $\text{ASI}=0.7-1.09$ ), I-төрлийн гранитоидын петро-геохимийн шинжийг илэрхийлж байна. Гранитоид дахь Ba, Th, U, Sr -ийн өндөр агуулга, Sr /Y харьцаа (14.35-67.81) өндөртэй, Nb, Ta ба Ti, хүнд ГХЭ -ийн бага агуулга зэрэгт үндэслэн субдукцын бүсийн магмын бүтээгдэхүүн болохыг илэрхийлнэ.

#### 5.4. ЦОХИОТЫН-АМ ОРЧМЫН ГРАНИТОИД ЧУЛУУЛГИЙН ГЕОХИМИ БА ГЕОХРОНОЛОГИ

Судалгааны талбай нь Төв Монголын хойд хэсэгт орших Тарвагатайн блокийн төвд байрлах бөгөөд региональ структурын хувьд Монгол орны тектоник дүүрэгчлэлээр Умард Монголын атриат мужийн Төв Монголын массив дахь Тэс-Дархадын атриат мегабүсэд орших Тарвагатайн блокод хамаарна (Төмөртоогоо, 2017). Геологийн тогтцын хувьд томоохон хагарлаар зааглагдсан өөр хоорондоо ялгаатай геологийн тогтоцтой (Зураг 84). Дээд Цэцүүхийн талбайд хамгийн хөгшин хурдас нь неогархейн Идэр бүрдлийн метаморф чулуулаг нэлээд өргөн тархалттай ба баруун-урдаасаа зүүн-хойш чиглэлтэй сунасан структурыг үүсгэсэн томоохон гаршууд байдлаар тохиолдоно. Эдгээр нь гранит-гнейс, диорит-гнейс, амфиболит, мигматит болон, кварцитын үе мэшлүүдээс тогтоно. Габбро-анортозитын бүрдэл нь Идэр бүрдэлтэйгээ тохрол хагарлаар хиллэдэг.

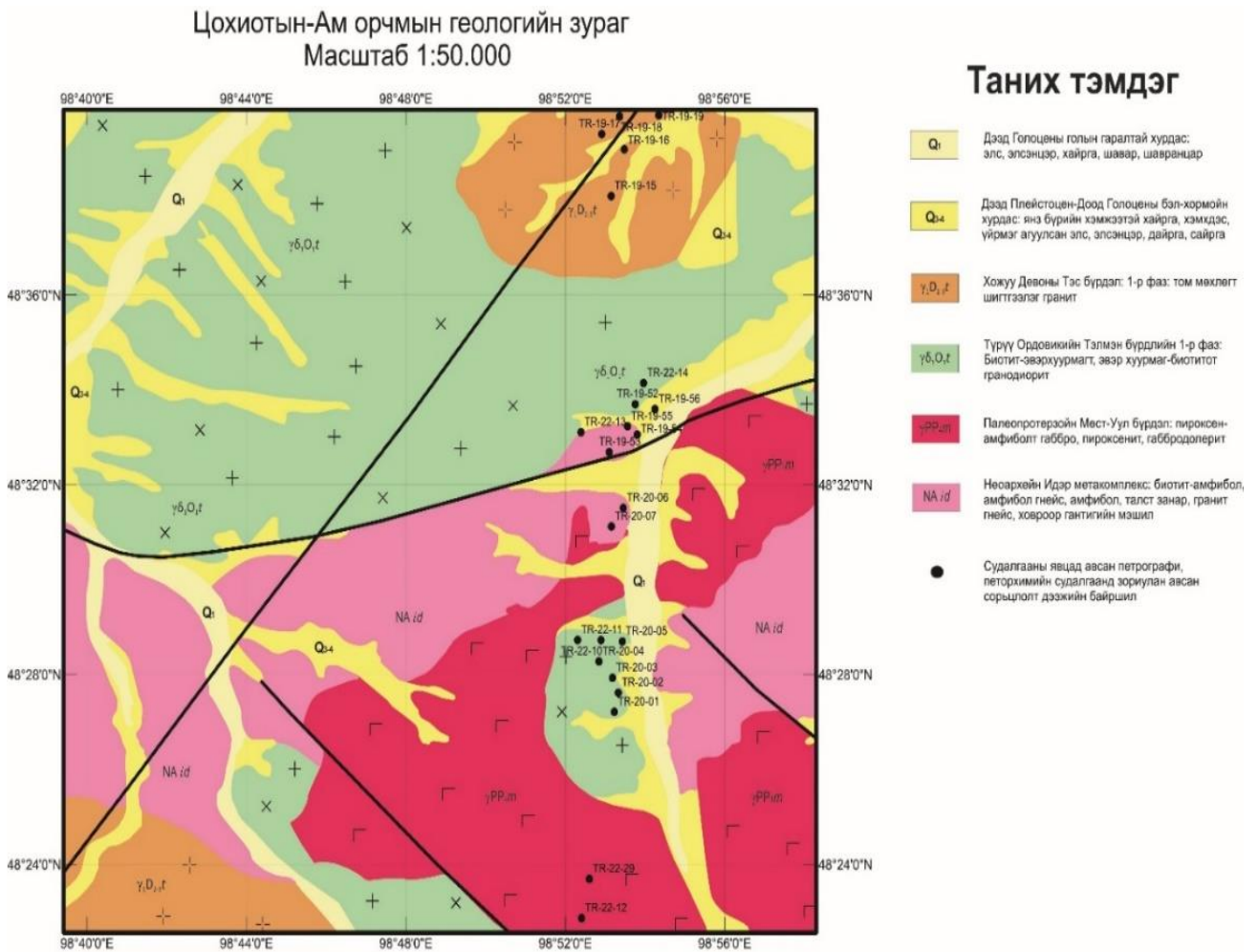
Цохиотын ам орчимдоо Тэлмэн бүрдлийн 1-р фазын чулуулаг өргөн тархалттай ба дунд-том ширхэгтэй габбродиорит, диорит, кварцат диорит, тоналит, гранодиоритоос голлон тогтоно. Талбайн хойд хэсгээр Тэс бүрдлийн 1-р фазын гэж зураглагдсан дунд-том мөхлөгтэй цайвар саарал, ягаавтар өнгөтэй, хар дугуйвтар кварцат, биотитот гранитаас тогтоно.

Тарвагатайн өргөгдлийн төв хэсэгт байрших Цохиотын-ам болон дээд Цэцүүх орчмын геологийн тогтцын талаар дүн шинжилгээ хийж, палеозойн гранитоид магмын чулуулгийн петро-геохими болон геохронологийн онцлогийг тодруулах судалгааг гүйцэтгэлээ.

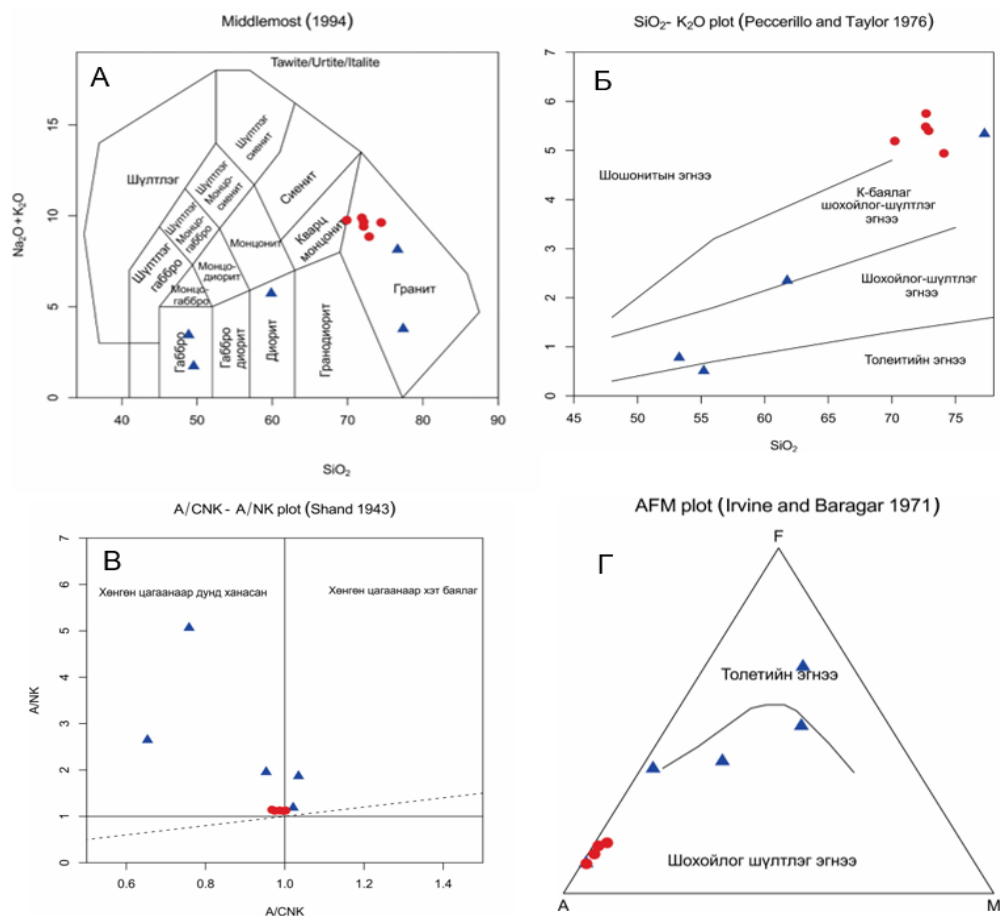
Судалгааны талбайд тархалттай Тэлмэн бүрдлийн гранитоид нь калиагаар дунд зэргийн шохойлог-шүлтлэг эгнээний габбро-диорит-тоналит-гранодиорит эвшлийн чулуулаг давамгайлна. Тэс бүрдлийн чулуулаг нь кали өндөртэй шохойлог-шүлтлэг эгнээний шүлтлэг гранитаас тогтоно (Зураг 85.А.Б). Эдгээр гранитоид бүрдлүүдийн чулуулгууд нь цахиурын ислийн өндөр агуулгатай, шохойлог шүлтлэг эгнээний, хөнгөн цагаанаар дунд зэрэг ханасан, I-төрлийн гранитоидод хамаарагдаж байна (Зураг 85.В.Г).



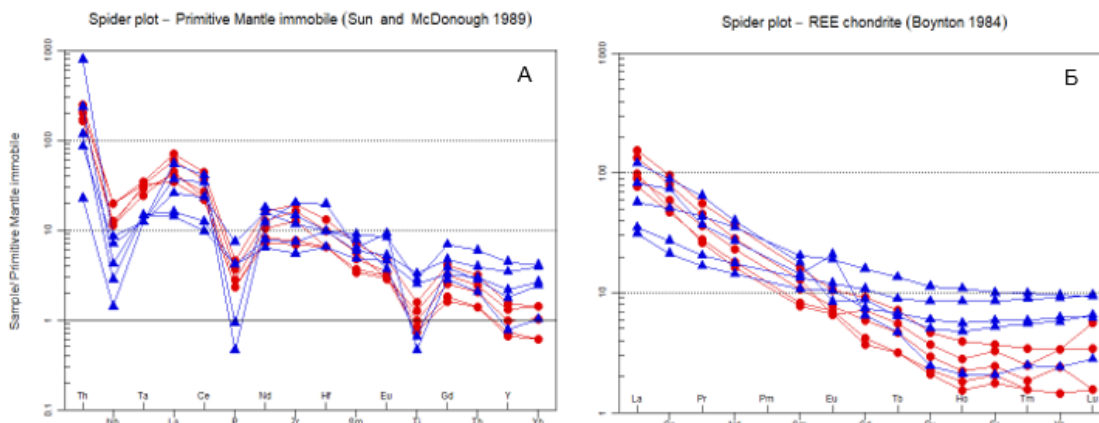
Гранитодууд нь ионы радиус томтой элемент (ИРТЭ: Th, La, Ce)-ээр баяжсан агуулгатай, өндөр цэнэгтэй элемент (ӨЦЭ: Nb, Ta, P, Ti)-ээр ядуурсан геохимийн онцлогтой байна (Зураг 86.A). Геохимийн судалгаагаар Тэлмэн болон Тэс бүрдлүүд гранитоид чулуулаг нь субдукцын бүсэд царцдасын оролцоотой үүссэн магмаас үүсэлтэй, субдукц-коллизийн геодинамикийн нөхцөлд үүссэн болохыг илтгэв. Тэс бүрдлийн гэж зураглагдсан шүлтлэг гранитын цирконы мөхлөгт U-Pb-ны изотопын шинжилгээ хийж  $237.3 \pm 1.1$  сая жилийн настайг тогтоов.



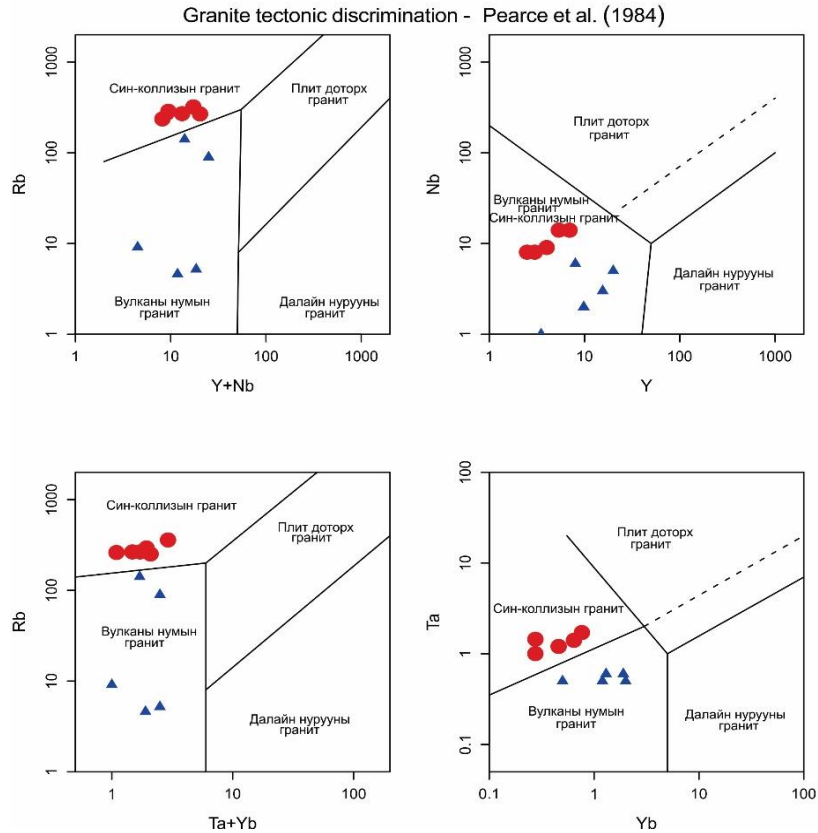
Зураг 84. Цохиотын-ам орчмын геологийн шинэчилсэн зураг



Зураг 85. А) Гранитоид чулуулгийн ангиллын ( $SiO_2$ ) ба ( $Na_2O+K_2O$ ) хамаарлын диаграмм. Б) Цахиурын исэл ( $SiO_2$ ), Кали исэл ( $K_2O$ )-ийн хамаарлын диаграмм В) A/CNK-A/NK диаграмм Г) A( $Na_2O+K_2O$ )-F( $FeO$ )-M( $MgO$ ) диаграмм



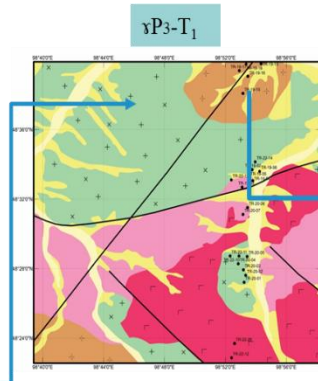
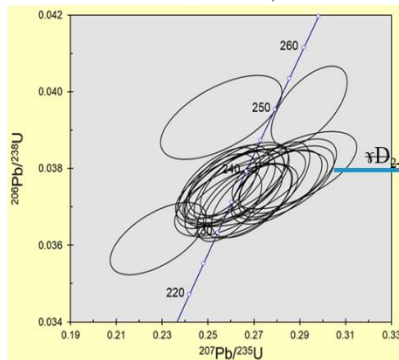
Зураг 86. А) Сарнимал элементийн агуулгыг анхдагч мантид нормчилсон диаграмм  
Б) Газрын ховор элементийн агуулгыг хондритод нормчилсон диаграмм



Зураг 87.  $(Y+Nb) - Rb$ ,  $Y-Nb$ , ба  $(Ta+Yb)-Rb$  болон  $Yb-Ta$  зэрэг сарнимал элементийн Ж.Пиарсын диаграмм. (WPG-плит доторх гранит, VAG-вулканы нумын гранит, SynCOLG-коллизийн гранит, ORG-орогений гранит)

### Үнэмлэхүй насны асуудал

Гранитын цирконы U-Pb-ны нас нь  $237,3 \pm 1.1$  сая жил (MSWD=0.38 магдлал =0.9)



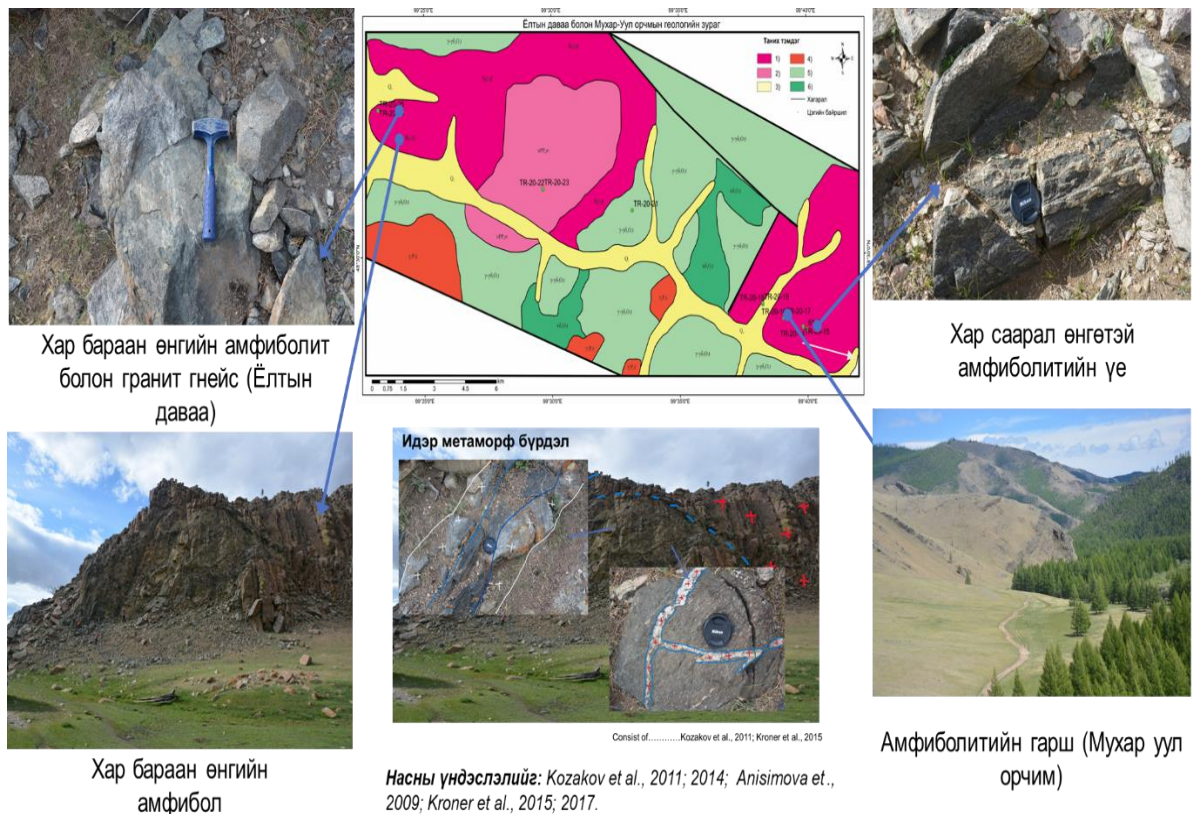
Тэс бүрдлийн гэж зураглагдсан шүтлэг гранитын цирконы конкордант нас ( $237.3 \pm 1.1$ ) нь дунд Триассын цаг хугацааг хамаарч байгаа тул энэхүү массивын үүссэн цаг хугацааны тухай уламжлагдан зураглагдаж ирсэн судалгааг хожуу пермь-түрүү триасын цаг үед үүссэн тухай зохих өөрчлөлтийг хийх зүйтэй.

Epoch / Era / System / Period	Series / Epoch	Stage / Age	numerical age (Ma) ± error
Mesozoic	Upper Jurassic	Tithonian	152.1 ± 0.9
		Kimmeridgian	157.3 ± 1.0
		Oxfordian	163.5 ± 1.0
		Callovian	166.1 ± 1.2
		Bajocian	169.3 ± 1.3
	Middle Jurassic	Aalenian	170.3 ± 1.4
		Toarcian	174.1 ± 1.0
	Lower Jurassic	Plensbachian	182.7 ± 0.7
		Sinemurian	190.8 ± 1.0
		Hettangian	199.3 ± 0.3
Triassic	Rhaetian	201.3 ± 0.2	
	Norian	-208.5	
	Upper Carnian	-227	
	Middle Carnian	-242	
	Lower Carnian	247.2	
Paleozoic	Permian	Artinskian	251.2
		Changhsingian	251.902 ± 0.024
		Lopingian	254.14 ± 0.07
		Capitanian	259.51 ± 0.21
		Wuchiapingian	259.51 ± 0.21
	Carboniferous	Guadalupian	264.28 ± 0.16
		Wordian	266.9 ± 0.4
		Roadian	273.01 ± 0.14
		Kungurian	283.5 ± 0.6
		Artinskian	290.1 ± 0.26
Paleozoic	Permian	Sakmarian	293.52 ± 0.17
		Asselian	298.9 ± 0.15
		Moscovian	307.0 ± 1.1
	Carboniferous	Gzhelian	303.7 ± 0.1
		Kasimovian	307.0 ± 1.1
Carboniferous	Upper Pennsylvanian	Bashkirian	315.2 ± 0.2
		Serpukhovian	323.2 ± 0.4
	Lower Pennsylvanian	Viséan	330.9 ± 0.2
		Tournaisian	346.7 ± 0.4
		Tournaisian	358.9 ± 0.4

Зураг 88. Цохиотын-ам орчмын үнэмлэхүй нас

## 5.5. ЁЛТЫН ДАВАА БОЛОН МУХАР-УУЛ ОРЧМЫН МЕТАМОРФ ЧУЛУУЛГИЙН ПЕТРО- ГЕОХИМИ

Судалгааны талбай нь Монгол-Агнуурын эртний далайн структурын хойд захад, Сибирийн кратоны өмнөд хэсэгт байрлах Тарвагатайн блокийн төвд оршино. Геологийн тогтцын хувьд хамгийн хөгшин настай Идэр метаморф бүрдэл түүнийг зүссэн неопротерозойн габбро-анортозит болон түрүү палеозойн гранитоидуудаас бүрдэнэ (Зураг 89, 90).



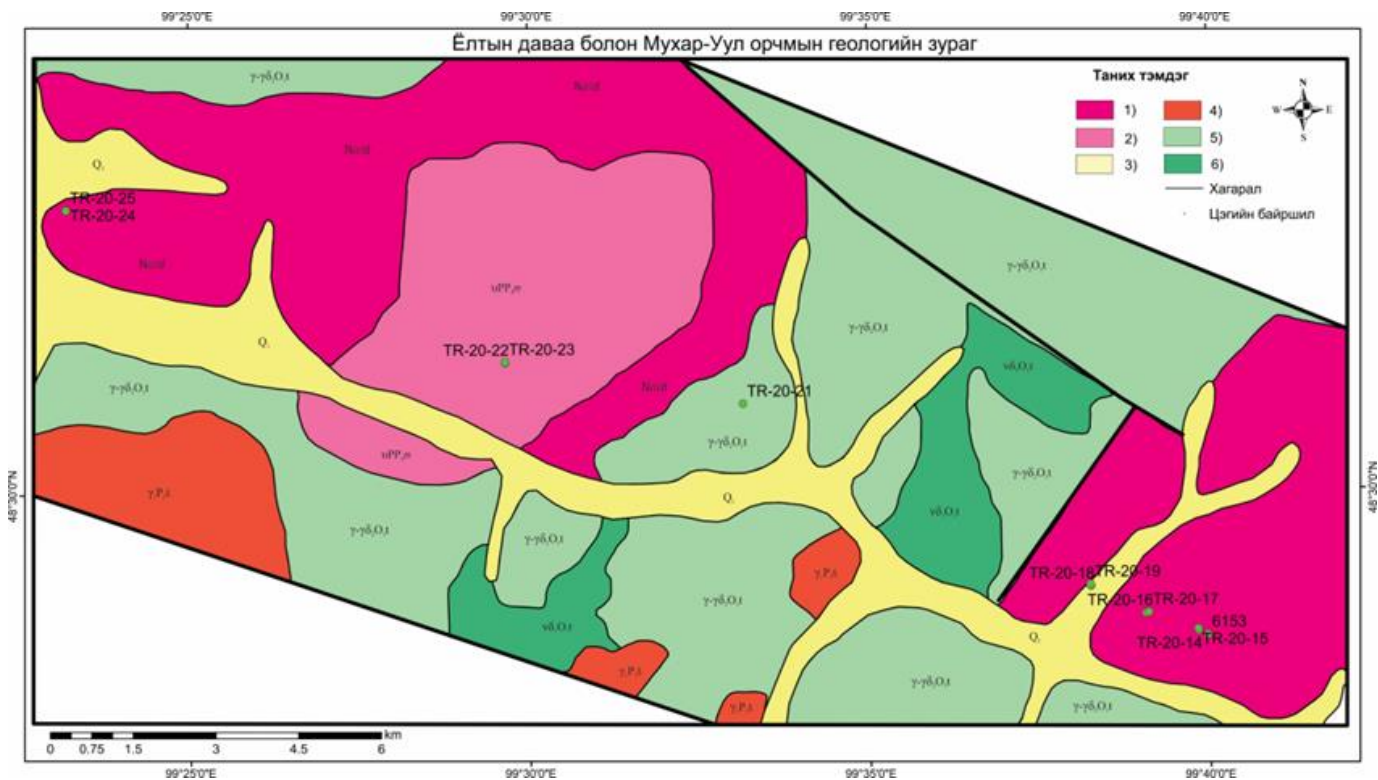
Зураг 89. Ёлтын даваа ба Мухар уул орчмын геологийн тогтоц

Судалгааны талбайд неоархайн Идэр бүрдэл нь нэлээд өргөн тархалттай ба баруун-урдаасаа зүүн-хойш чиглэлтэй сунасан структурыг үүсгэсэн үлдэгдэл гаршууд байдлаар тохиолдох ба гранит-гнейс, диорит-гнейс, амфиболит болон мигматитаас тогтоно. Тарвагатайн өргөгдлийн суурийг хамгийн эртний Идэр метакомплекс бүрдүүлдэг ба Хөнжлийн голын орчимд илэрсэн чарнокит гнейсд 2520-2550 сая жил



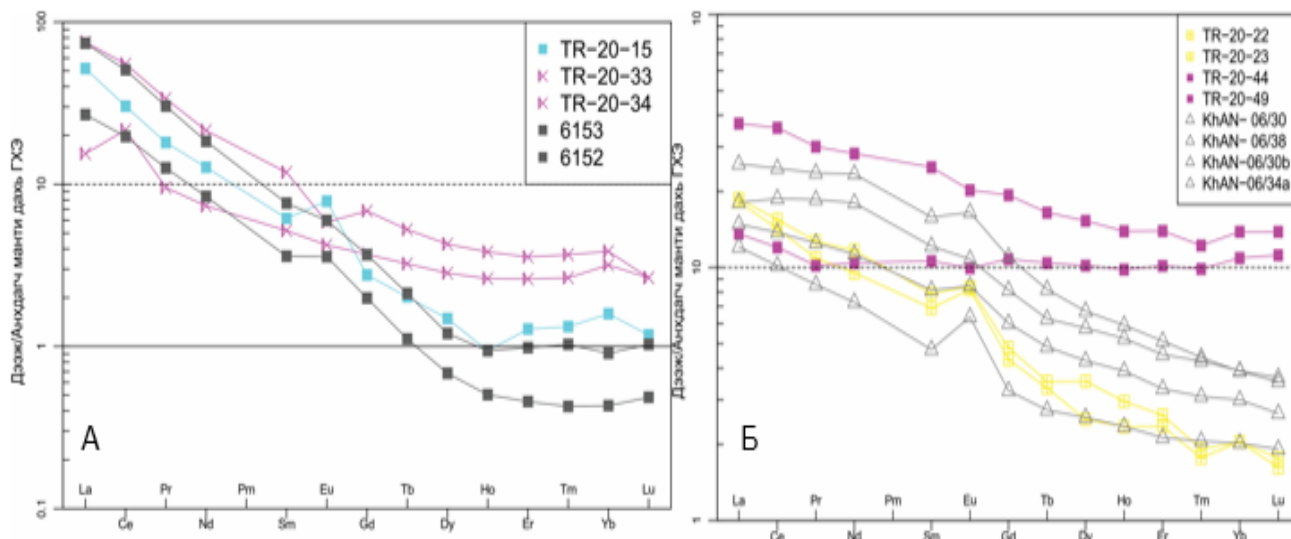
(Kröner et al., 2015), гранит-гнейст  $2219 \pm 25$  сая жилээр (Kozakov et al., 2011) тогтоогдож неогархейн, энэхүү метаморф бүрдэл нь габбро, габбро-анортозитын чулуулгаар зүсэгддэг ба Хөнжлийн голын массиваас авагдсан чулуулагт  $1784 \pm 10$  сая жилээр тогтоож палеопротезойн настай болох нь тус тус баталгаажсан (Anisimova et al., 2009; Kozakov et al., 2011; Төмөртоогоо, 2014).

Ёлтын даваа болон Мухар-Уул орчимд тархалттай Идэр метаморф бүрдлийн болон анортозит, габбро-анортозитын Мөст бүрдлийн чулуулгийн эрдэслэг бүрэлдэхүүн, тэдгээрийн үүсч хөгжсөн зүй тогтол, геохимийн онцлог шинж чанар, эх үүсвэр болон геодинамик нөхцөлийг тодруулж, зэргэлдээ талбайд хийгдсэн судалгаатай харьцуулах судалгааг хийж гүйцэтгэсэн.

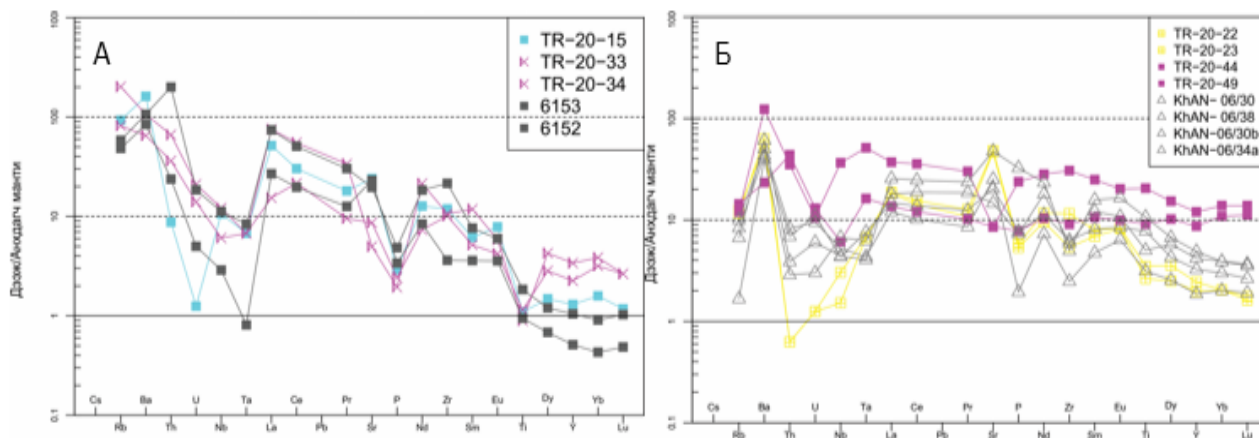


Зураг 90. Судалгааны талбайн 1:200000-ны геологийн шинэчилсэн зураг (УГЗ-200 төв монгол-VI) 1) Идэр бүрдэл: Гранит гнейс, амфиболит, биотит-амфиболитот талст занар, плагиогнейс 2) Мөст бүрдэл : Анортозит, габбро-анортозит 3: Саарал өнгийн дунд мөхлөгтэй кварцат диорит, гранодиорит, 4: Саарал өнгийн дунд мөхлөгтэй кварцат диорит, гранодиорит, 6: габбродиорит, диорит, 7: Дээж авсан цэгүүд, 8: Хагарал

Судалгааны үр дүнгээр Идэр метаморф бүрдлийн гранит гнейс болон амфиболитын дээжүүд нь ионы радиус томтой элемент (LILE – Rb, Ba, Th, ба Pb)-ээр баяжсан агуулгатай, харин өндөр цэнэгтэй элемент (HFSE – Nb, Ta, Ti)-ээр ядуурсан төрх үзүүлнэ. Мөст уулын габбро-анортозитын дээж нь ионы радиус томтой элемент Cs, Ba, Th- аар баяжсан, харин өндөр цэнэгтэй бүх элементээр жигд хэвтээ тархалтыг үзүүлж байна(Зураг 92.А.Б).



Зураг 91. ГХЭ элементийг хондритын найрлагад нормчилсон тархалтын диаграмм (Sun and McDonough, 1989)



Зураг 92. Сарнимал элементийг анхдагч мантийн найрлагад нормчилсон тархалтын диаграмм (Sun and McDonough, 1989)

## 5.6. ХОЖУУЛЫН ГОЛЫН ДҮҮРГИЙН ГЕОЛОГИЙН ТОГТОЦ: ГРАНИТОИД ЧУЛУУЛГИЙН ПЕТРО-ГЕОХИМИ

Хожуулын голын дүүргийн судалгааны талбай нь Тарвагатайн өргөгдлийн баруун урд захад оршино. Геологийн тогтцын хувьд маш нийлмэл бөгөөд Неоархейн Идэр бүрдлийн метаморф чулуулаг, “джугджур-төрлийн” Хөнжлийн голын габбро-анортозитын бүрдэл болон дунд-хожуу кембрийн Шинэ-Идэр, түрүү ордовикийн Тэлмэн, хожуу девоны Тэс болон хожуу пермийн Шар-Ус голын гранитоид бүрдлүүдээс тогтсон структур юм (Зураг 93).

Судалгааны талбайд тархалттай Неоархейн Идэр метаморф бүрдэл болон “джугджур-төрлийн” габбро-анортозитын бүрдүүдийг бүрдүүлэгч чулуулгийн эрдэслэг бүрэлдэхүүн, бодисын найрлага болон үүссэн цаг хугацааны талаарх судалгааг гадаадын зарим судлаачид нэлээн нарийвчлан судалжээ (Mossakovsky et al., 1993; Kovalenko et al., 2005; Kozakov et al., 2008; 2011; Kovach et al., 2011; Yarmolyuk et al., 2011; 2016; Kröner et al., 2014; Төмөртоогоо., 2012).

Неоархейн Идэр метаморф бүрдэл нь судалгааны талбайд метаморфизмд хүчтэй өртөгдсөн үлдэгдэл гаршууд байдлаар багахан талбайд илрэх бөгөөд гранит-гнейс, диорит-гнейс, мигматитжсэн амфиболит зэргээс тогтоно.

Мөст-Уулын габбро-анортозитын бүрдэл нь судалгааны талбайн зүүн урд хэсэгт баруун-хойш чиглэлтэй сунасан структурыг үүсгэсэн зураглагдана. Тарвагатайн блокийн габбро-анортозитын бүрдлийг коллизын нөлөөгөөр тэлэлтийн нөхцөлд үүссэнээр тайлбарладаг. Хөнжлийн голын массиваас авагдсан габбро, габбро-анортозитийн цирконд U-Pb-ын аргаар  $1784 \pm 10$  сая жилийн насыг тогтоож Хойд Хятадын рифтоген магматизмын үүсэлтэй адилтгаж үзжээ (Anisimova et al., 2009; Kozakov et al., 2011; Төмөртоогоо, 2014).

Дунд-хожуу кембрийн Шинэ-Идэр бүрдэл нь судалгааны талбайд хожуулын голын адаг хэсгээр I фазын бараан саарал өнгийн дунд-том ширхэгтэй габбро, биотит-амфиболт диорит голлон тархсан, харин II фаздаа плагиогранит зонхилсон чулуулгийн тархалт нь голын эхэн хэсгээр өргөн тархалттай. Уг бүрдэлд хамаарагдаж буй 1 ба 2 фазын чулуулгийн тархалтыг Ё. Батчулуун нар (3711ф)-ын дунд масштабын геологийн

зураглал, ерөнхий эрлийн ажлаар түрүү палеозойн Тэлмэн бүрдэлд хамруулж байсан, харин Монгол орны нутаг дэвсгэрийн хэмжээнд хийгдсэн Гос-200 төслийн редакцын зөвлөлийн хурлын шийдвэрээр уг бүрдлийн геологийн харьцаа, бусад чулуулгийн насны үндэслэлээр дунд-хожуу кембрийн Шинэ-Идэр бүрдэлд ялгажээ.

Судалгааны талбайн ихэнх хувийг эзлэн тархах Тэлмэн бүрдлийн 1-р фазын цайвар саарал, саарал өнгөтэй дундаас жижиг мөхлөгтэй биотит-эвэр хуурмагт гранодиорит, цайвар саарал дунд мөхлөгт тоналитоос тогтоно. Уг бүрдлийн чулуулаг нь Идэр метакомплекс, Мөст уул болон Шинэ идэр бүрдлийн чулуулагтай тохрол хараглаар хиллэж, Тэс, Шар-Ус гол бүрдлийн гранитоидоор зүсэгдэнэ. Нарангийн плутоны Цартайн голын адаг орчмын (126-Б) гранодиоритын насыг [Е.Е. Федоров \(1760ф\)](#) нар кали-аргоны аргаар 446 сая.жил гэж тогтоосон байдаг ( “УГЗ-200-Т-VI”, 2016).

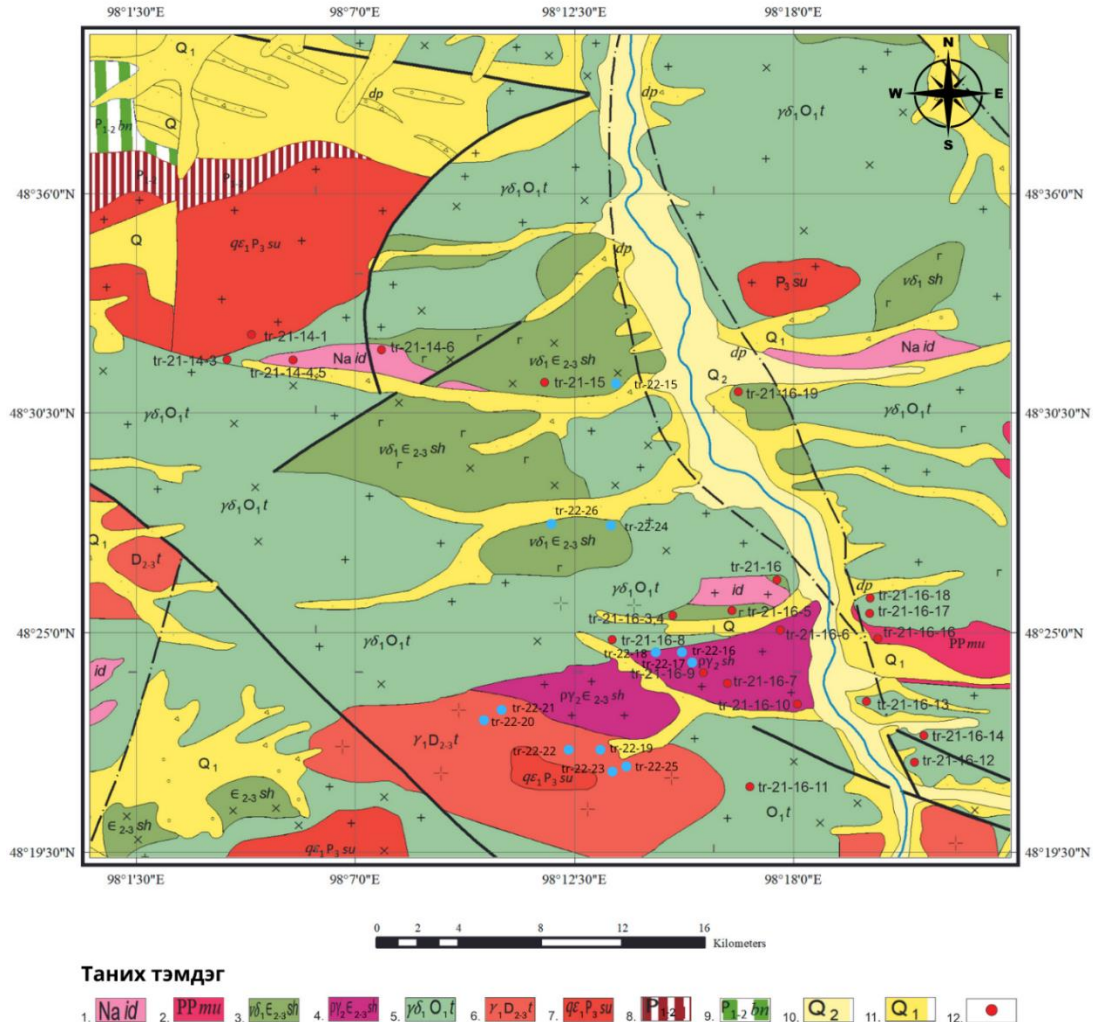
Судалгааны талбайд дунд-хожуу девон. Тэс бүрдэл ( D<sub>2-3t</sub>) нь талбайн өмнөд хэсгээр буюу Булжихын даваа, Хожуулын рашаан зэрэг массивууд тархах ба бүрдлийн 1 фазын дунд, дунд-том мөхлөгтэй цайвар саарал, ягаавтар өнгийн, хар дугуйвтар кварцат, биотитот гранитаас зонхилоно. Уг бүрдлийг [Ё.Батчулуун \(3711ф\)](#) хожуу пермийн шар ус гол, [Д. Цэрэнчимэд \(3569ф\)](#)-ийн түрүү-дунд девоны нөмрөг бүрдэлд ялгасан чулуулгууд нь Тэс бүрдэлд тус тус хамаарч байна. Тэс бүрдлийн чулуулгууд түрүү ордовикийн тэлмэн бүрдэл чулуулгийг зүсээд, дээд пермийн шар ус гол бүрдлийн боржинлогоор зүсэгдэнэ. [Е.Е.Федоров \(1760ф\)](#) нар Цахирт голын массивын гранитын үнэмлэхүй насыг кали-аргоноор 283 сая.жилээр тогтоосон байна.

Шар-Ус голын иж бүрдлийн гүний чулуулгийг олон судлаачид судалж насыг нь тогтоосон бөгөөд хожуу перм-түрүү триасын насанд хамааруулсан байдаг./Ц.Баярсайхан, Ө.Даваа, Ч.Төмөрчөдөр/.

Шар-Ус голын бүрдлийн чулуулгууд нь гадаргууд илрэхдээ гудас, авдар маягийн хэсэгшилтэй, зөв бус дүрстэй, бөөрөнхийдүү, босоодуу уналтай шток, шток маягийн биетүүд үүсгэх ба хил заагийн гадаад дотоод зурвастаа хувирал өөрчлөлтгүй ажиглагдана. Уг бүрдлийн чулуулаг нь зэргэлдээх районд хожуу пермийн настай Хангайн комплексийн гранит, гранодиоритуудыг зүсэж буй харьцаа /Ц.Баярсайхан, 1990/ кали-аргоны аргаар биотит-хээрийн жонш зэрэг эрдэст үнэмлэхүй нас тогтооход 243-257 сая жилийн нас өгсөн /[М.Е.Федорова, 1977](#)/ зэрэг баримтуудыг үндэслэж хожуу перми-түрүү триасын насанд хамааруулжээ. Хангайн тогтолцооны төвийн хэсэгт



тархалттай гранитоидын судлагдсан байдлаас харахад тэдгээрийг дээд-дунд пермийн (Хангайн) ба түрүү-дунд (Эгийн даваа) триасын гэх насны түвшинд хамааруулан ангилсан байдгийг тэмдэглэх нь зүйтэй санагдана. (Оролмаа нар 2019).



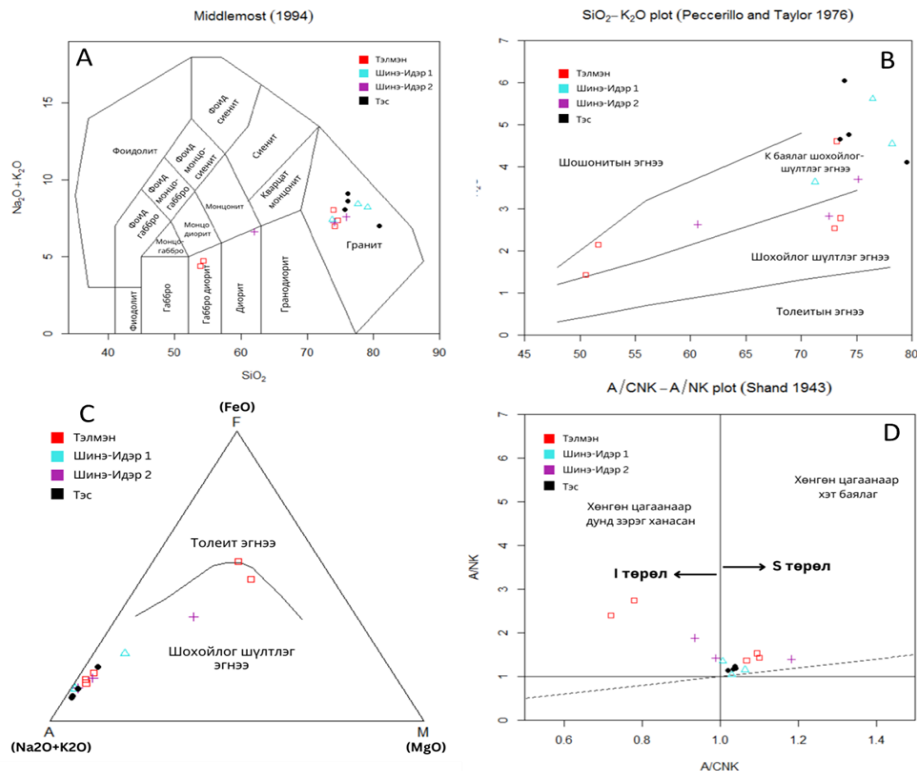
Зураг 93. Хожуулын голын дүүргийн геологийн шинэчилсэн зураг

## Геохими

Чулуулгийн гол ислийн геохими:

Хожуулын гол дүүрэгт тархалттай габбродиорит, диоритод цахиурын ислийн ( $SiO_2$ ) агуулга 50.52-51.63%, хөнгөн цагааны ( $Al_2O_3$ ) 14,77-16.37%, төмрийн ( $Fe_2O_3$  нийт Fe) 11.27-11.41%, магнийн (MgO) 4.29-6.09%, кальцийн (CaO) 7.87-8.26% ислүүдийн өндөр агуулгатай ба кали-натрийн шүлтжилт ( $Na_2O$ ) 2.66-2.7%, ( $K_2O$ ) 1.42-2.14%, манган (MnO) 0.19-0.3%), титан ( $TiO_2$ ) 1.28-1.74%, фосфор ( $P_2O_3$ ) 0.19-0.81%-ийн бага агуулгатай.

**Гранодиорит, тоналит болон гранитын дээжүүдэд** цахиурын ислийн ( $\text{SiO}_2$ ) агуулга 71.25-78.18%, хөнгөн цагааны ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 10.57-17.18%, кали-натрийн ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) 3.35-4.47%, ( $\text{K}_2\text{O}$ ) 2.14-6.05% ислүүдийн өндөр агуулгатай ба төмрийн ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  нийт Fe) 0.68-2.71%, магнийн ( $\text{MgO}$ ) 0.01-0.89%, кальцийн ( $\text{CaO}$ ) 0.05-2.41%, манган ( $\text{MnO}$ ) 0.01-0.3%), титан ( $\text{TiO}_2$ ) 0.06-0.41%, фосфор ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) 0.01-0.19%-ийн ислүүдийн бага агуулга үзүүлж байна. Судалгаанд хамрагдсан дээжүүд цахиурын ислийг шүлтийн нийлбэр исэлтэй харьцуулсан (Middlemost et al., 1994) ангиллын диаграмм дээр габбродиоритоос шүлтлэг гранитын найрлагатай чулуулгууд зонхилох (Зураг 94.A), ба  $\text{SiO}_2$  ба  $\text{K}_2\text{O}$ -ийн ислийн харьцуулсан диаграмм (Peccherillo and Taylor, 1976) дээр ихэнх дээжүүд калиагаар баялаг шохойлог шүлтлэг эгнээ (Зураг 94.B)-д бууж байна.



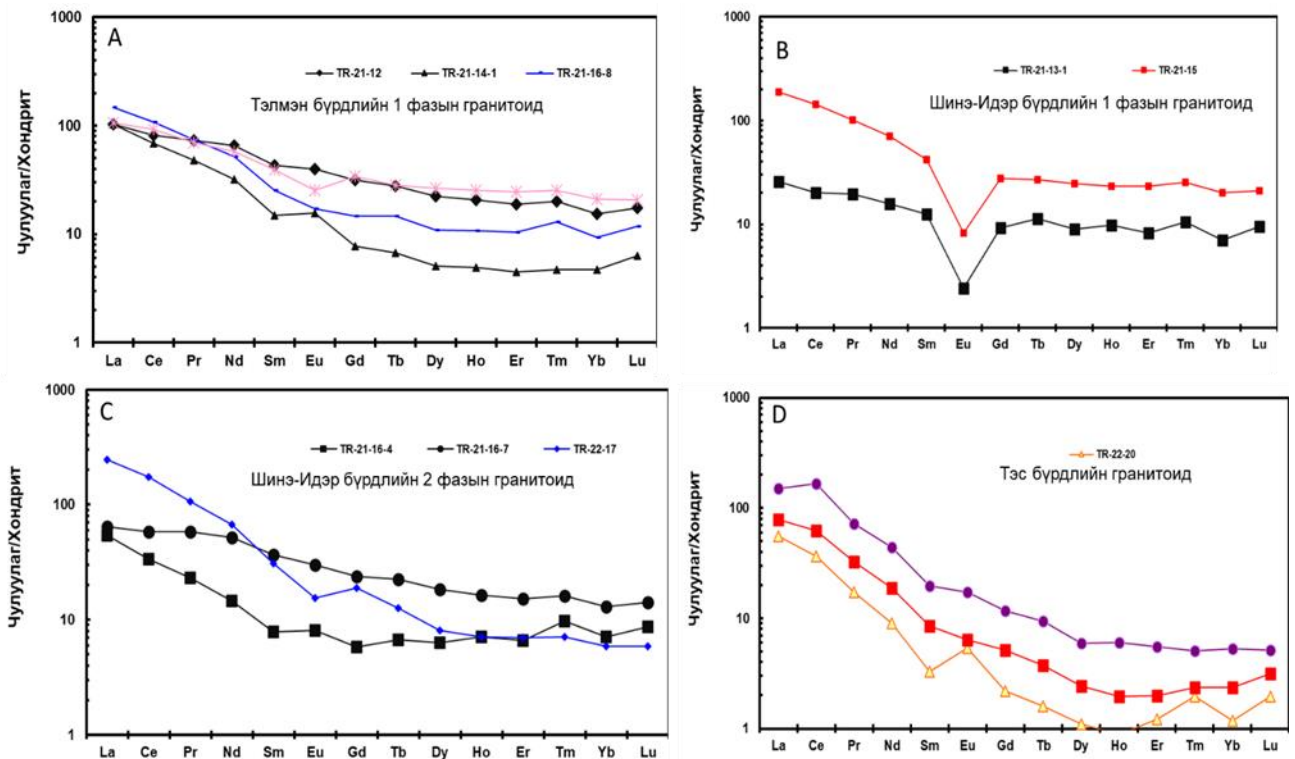
Зураг 94. A) Гранитоид чулуулгийн ангиллын ( $\text{SiO}_2$ ) ба ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ) хамаарлын диаграмм. B) Цахиурын исэл ( $\text{SiO}_2$ ), Кали исэл ( $\text{K}_2\text{O}$ )-ийн хамаарлын диаграмм C)  $\text{A}(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})-\text{F}(\text{FeO})-\text{M}(\text{MgO})$  диаграмм D)  $\text{A}/\text{CNK}-\text{A}/\text{NK}$  диаграмм

Гранитиодын магмын чулуулгийн ангиллын AFM диаграмм (Irvine et al., 1971) дээр бүх дээжүүд шохойлог шүлтлэг эгнээний талбайд байрлана (Зураг 94.C). Хөнгөн цагааны ханалтын индексийн  $\text{A}/\text{CNK}-\text{A}/\text{NK}$  (0.7-1.1) диаграмм дээр ихэнх дээжүүд хөнгөн цагаанаар дунд зэрэг ханасан талбайд

(metaluminous) бууж байгаа ба Шинэ-Идэр бүрдлийн гранитоидууд хөнгөн цагаанаар нэмүү ханасан ( $A/CNK-A/NK$  (1.09-1.18) ажиглагдана. Чаппел нарын (Chappel et al., 1974) гранитоидын ангиллаар дээжүүд I төрөлд хамаарагдаж байна (Зураг 94.D). CIPW норматив тооцооллоор гранитоидууд нь габбродиорит-диорит-гранодиорит-гранитийн найрлагатай байна.

Цахиурын исэл ( $SiO_2$ ) ба шүлтийн нийлбэр ( $Na_2O+K_2O$ )-ийн найрлагын ангиллын диаграмм (Cox et al., 1979). Таних тэмдэг зураг 2.5-тай адил. AFM диаграмм (Irvine et al., 1971).

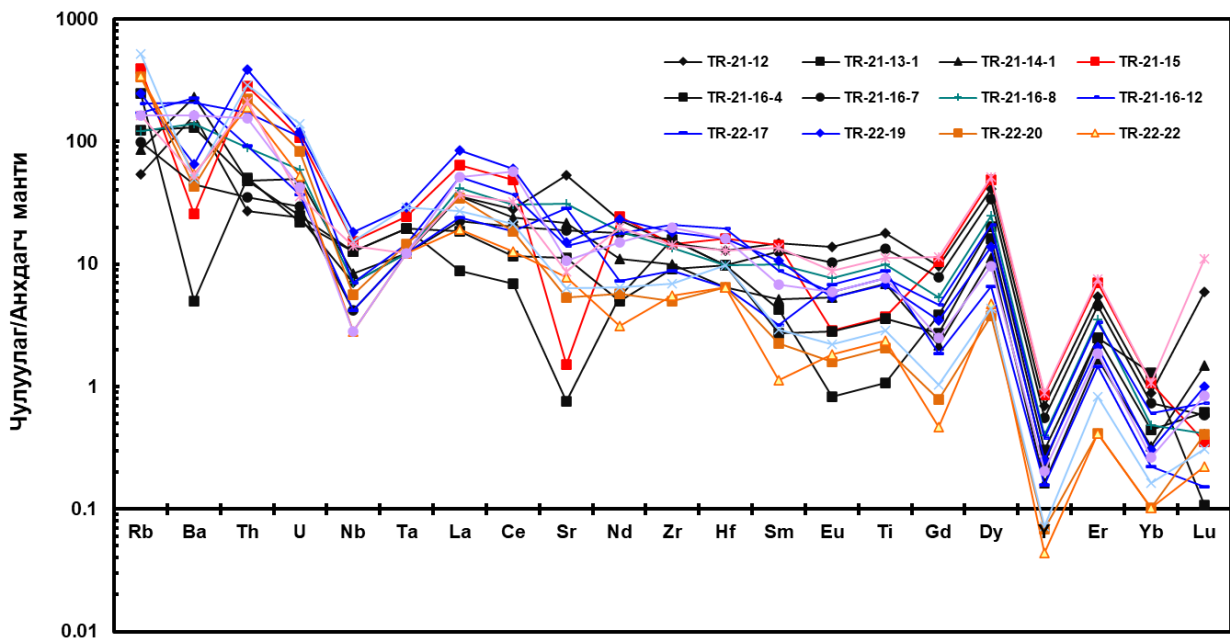
Судалгаанд хамаарагдсан гранитоидуудад газрын ховор элемент (ГХЭ)-ийн нийлбэр 94.71-148.32 ppm агуулгатай, хөнгөн газрын ховор элемент ба хүнд газрын ховор элемент ( $X_{GCH\bar{E}}/X_{YCH\bar{E}}$ )-ийн харьцаа 4.91-17.07 хооронд байна. Чулуулгийн ГХЭ-ийн агуулгыг хондритод нормчилсон агуулгатай диаграмм байгуулахад чулуулаг нь ГХЭ-ээр ялгаралд сайн орсон ( $(La/Yb)_N$  5.06-21.8 (дундаж:12.3)),  $X_{GCH\bar{E}}$ -ээр баяжсан  $X_{YCH\bar{E}}$  болох Gd-Er-ээр жигд буурсан төрхтэй ба Шинэ-Идэр бүрдлийн 1-р фазын чулуулгаас бусад бүх дээжүүдэд Eu-ийн эерэгдүү гажил үзүүлэх онцлог ажиглагдана (Зураг 95).



Зураг 95. А,В,С,Д) ГХЭ элементийг хондритын найрлагад нормчилсон тархалтын диаграмм (Sun and McDonough, 1989)

Чулуулгийн сарнимал элементүүдийн агуулгыг анхдагч мантид нормчилсон (Sun, McDonough, 1989) спайдер диаграмм байгуулахад Шинэ-Идэр бүрдлийн 2 фазын, Тэлмэн, Тэс бүрдлүүдийн гранитоидын сарнимал элементийн тархалт ижил ба ионы радиус томтой Rb, Ba, Th, U, Sr элементээр баяжсан, харин өндөр цэнэгтэй Nb, Ta, Y, Yb, Lu зэрэг элементээр ядуурсан ба La-Sm хүртэлх элементээр жигд буурсан төрхтэй тархалтыг үзүүлнэ (Зураг 96).

Харин Шинэ Идэр бүрдлийн 1- фазыг гранитод нь Ba ба Sr-ийн буурсан сөрөг тархалтыг үзүүлсэн ялгаа ажиглагдана.



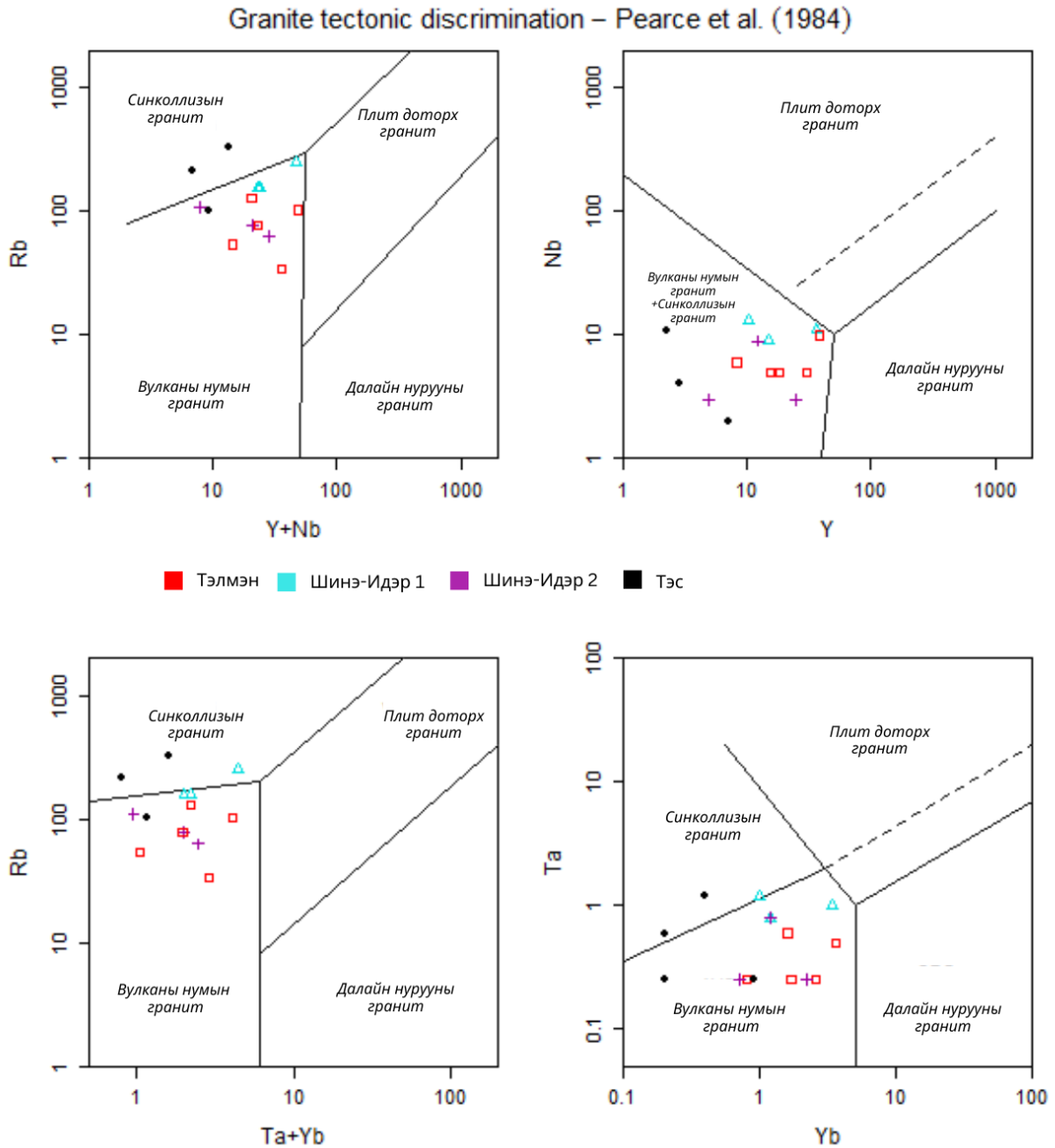
Зураг 96. ГХЭ элементийг анхдагч мантийн найрлагад нормчилсон тархалтын диаграмм

Гранитоидын үүссэн геодинамик орчинг тодруулах зорилгоор (Y+Nb)-Rb, Y-Nb, (Ta+Yb)-Rb ба Yb-Ta зэрэг элементүүдийн агуулгын хэмжээнд тулгуурлан дискриминацийн диаграммуудыг байгуулахад Шинэ- Идэр, Тэлмэн бүрдлийн гранитоид нь галт уулын нумын орчинг, Тэс бүрдлийн гранитийн дээжүүд синколлизын геодинамик нөхцөлд үүссэнийг харуулна (Зураг 97).

Дээрх петро-геохимийн үр дүнгээс дүгнэж үзэхэд Тэлмэн бүрдлийн 1-р фазад хамаарч буй диорит, гранодиорит, тоналит, гранит болон Шинэ-Идэр бүрдлийн 2-р фазын диорит, гранодиорит зэрэг чулуулгууд ГХЭ болон сарнимал элементийн геохимийн



онцлогоороо ижил шинж төрхийг үзүүлж байна. Эдгээр үр дүнд дээр үндэслэн 2 бүрдлийн гэж ялгагдан зураглагдсан чулуулгууд нь плагиоклаз, ортоклаз, пироксен, биотит, амфибол агуулсан кали багавтар шохойлог шүлтлэг магмын талсжилтын ялгарлын явцад үүссэн бүтээгдэхүүн гэж тодорхойлогдов.



Зураг 97. Гранитоидын үүссэн нөхцөлийг тодорхойлох Rb – (Y+Nb) ба Nb-Y, (Ta+Yb)-Rb, Yb-Ta дискриминацийн диаграммууд (Pearce et al., 1984).

**Дүгнэлт:** Дунд-хожуу кембрийн Шинэ-Идэр бүрдэл нь судалгааны талбайд багахан тархалттай бөгөөд уг бүрдэлд хамаарагдаж буй чулуулгийн тархалтыг [Ё. Батчулуун нар \(3711ф\)](#)-нар түрүү палеозойн Тэлмэн бүрдэлд, харин Монгол орны нутаг дэвсгэрийн хэмжээнд хийгдсэн УГС-200 төслийн хүрээнд геологийн харьцаа, бусад чулуулгийн насны үндэслэлээр дунд-хожуу кембрийн Шинэ-Идэр бүрдэлд ялгажээ. Уг бүрдлийн гранитоид нь бусад бүрдлүүдээс ялгарах онцлог нь ус агуулсан эрдэс голлох үүргийг гүйцэтгэх ба даралт шахалтанд ихээхэн өртсөн байдаг. Бидний судалгааны геохимийн үр дүнгээс харахад гранитын найрлагатай, калиагаар баялаг шохойлог шүлтлэг магмын эх үүсвэртэй ([Зураг 109](#)), хөнгөн цагаанаар сайн ханасан ба ГХЭ-ээр ялгаралд дунд зэрэг орсон ( $(La/Yb)_N$  3.6-9.3), ХөГХЭ-ээр баяжсан ХүГХЭ-ээр дунд зэргийн жигд агуулгатай ба бусад бүрдлээс Eu-ийн тод сөрөг гажил, Ba ба Sr-ийн буурсан тархалттай, галт уулын нумын геодинамик нөхцөлийг харуулна ([Зураг 112](#)). Шинэ-Идэр бүрдлийн гранитоид чулуулаг нь метамагмын буюу мета-тунамал чулуулгийн хэсэгчилсэн хайлалтаас фракцлан талсжсан эх үүсвэртэй, вулканы магмын нумын геодинамик нөхцөлд үүссэн байж болох юм.

Тэлмэн бүрдлийн 1-р фазын чулуулгууд хөнгөн цагааны ханалтын индексээр дунд зэрэг ханасан I төрлийн гранитоид бөгөөд кали сулавтар шохойлог шүлтлэг магмын талсжилтын ялгарлын явцад үүссэн бүтээгдэхүүн гэж тодорхойлогдож байна ([Зураг 109.D](#)).

Судалгааны талбайд тархалттай Тэс бүрдлийн гранитоидын геохимийн онцлогоос харахад шүлтлэг гранитын найрлагатай, калиагаар баялаг шохойлог шүлтлэг магмын эх үүсвэртэй ([Зураг 109.B](#)), хөнгөн цагаанаар сулавтар ханасан ба ГХЭ-ээр ялгаралд дунд зэрэг орсон ( $(La/Yb)_N$  28.21-84.28), ХөГХЭ-ээр баяжсан ХүГХЭ-ээр ядуурсан буюу буурсан хандлагатай ба Eu-ийн эерэгдүү гажил үзүүлэх ба синколлизийн геодинамик нөхцөлийг харуулна ([Зураг 110](#)). Эндээс харахад Тэлмэн болон Тэс бүрдлийн гранитоид чулуулгууд нь үүссэн цаг хугацаа ялгаатай боловч эх үүсвэр ижил байх магадлалтай ба ялгаатай геодинамик нөхцөлийг илтгэнэ.

## **БҮЛЭГ 6. ТАРВАГАТАЙН ӨРГӨГДЛИЙН ПАЛЕОЗОЙН ГРАНИТОИД МАГМАТИЗМЫН ГАРАЛ ҮҮСЭЛ БА ГЕОДИНАМИК ХӨГЖИЛ**

Тарвагатайн өргөгдөлд ялгагдаж буй гранитоид магматизмын бодисын найрлага, гүний эх үүсвэрийнх нь угшил, үүссэн цаг хугацаа, орчин нөхцөлийн онцлогийг тогтоож, геодинамик хөгжлийн загварыг плейт-тектоникийн онолын үндэслэлтэй боловсруулах зорилгоор петрографи, петрологи-геохими, изотоп-геохронологийн судалгаа-шинжилгээ-боловсруулалтын ажил гүйцэтгэж, тэдгээрийн үр дүнд үндэслэн гранитоид магматизмын гарал үүслийн орчин, магмын шинж чанар, үүссэн цаг хугацаа болон геодинамик онцлогийг тодорхойлон гаргалаа.

### **6.1. ТАРВАГАТАЙ ӨРГӨГДЛИЙН ПАЛЕОЗОЙН ГРАНИТОИД МАГМАТИЗМЫН ГЕОЛОГИ СТРУКТУРЫН ОНЦЛОГ ТӨРХ БА НАСНЫ ҮНДЭСЛЭЛ**

Монгол орны нутаг дэвсгэр нь Төв Азийн Ороген бүсэд орших (Зураг 98) бөгөөд геологийн тогтцоороо урт хугацааны ороген үүслийн түүхтэй (> 800 сая.жил) ба геологийн хөгжлийг субдукц-аккрецын тасралтгүй олон үе шаттай холбоотой гэж үздэг ([Şengör et al., 2018](#); [1993](#); [Şengör and Natal'in, 1996](#); [Windley et al., 2007](#); [Kröner et al., 2014](#); [Xiao and Santosh, 2014](#); [Xiao et al., 2004, 2015](#); [Zhang et al., 2016](#)).

Баруун/Баруун Хойд Монголын геологийн тогтоц үндсэндээ кембрийн өмнөх настай эртний эх газрын блокууд, түүнийг хүрээлсэн неопротерозой-түрүү палеозойн далайн хурдас, арлан нумын гранитоид бүрдлүүдээс тогтоно ([Khain et al., 2002](#); [Kovalenko et al., 2005](#); [Ruzhentsev and Mossakovskiy, 1996](#)).

Эх газрын блокуудаас хамгийн том нь Тува-Монгол ба Завхан микроконтинент гэх бөгөөд дотор нь Байдраг, Завхан, Тарвагатайн, Сонгино блокуудад хувааж, өндөр-зэргийн метаморф хувиралд өртсөн онцлогтой ([Badarch et al., 2002](#); [Demoux et al., 2009](#); [Kozakov et al., 2011](#); [Kröner et al., 2007, 2017, 2015](#)). Завхан микроконтинентийн эртний чулуулгуудад тодорхойлогдсон 2.65 тэрбум жилийн нас Байдрагийн блокийн саарал гнейсд ([Kozakov et al. 2007](#)), Гарганы блокийн Салиг комплексын гнейсд 2.7 тэрбум жилийн настайг ([Bold et al. 2019](#)), Тарвагатайн террейний Идэр комплексын чарнокит гнейс 2.52-2.55 тэр бум жилийг ([Kröner et al., 2017](#)) цирконы U-Pb үнэмлэхүй насны аргаар тус тус тогтоогдсон байна.

Тарвагатайн өргөгдөлд хамгийн эртний настай кембрийн өмнөх Идэр метакомплекс, Жаргалант метаморф комплекс, “джугджур-төрлийн” Хөнжлийн голын габбро-анортозитын бүрдэл багтах (Anisimova et al., 2009; Kozakov et al., 2011) ба дунд-хожуу кембри, түрүү хожуу ордовик, хожуу девоны настай гранитоид бүрдлүүд, хожуу криогены неоавтохтоны вулканоген моласс, шүлтлэг гранитын бүрдэл зэргээр түрэгдэн тогтсон структур юм (Anisimova et al., 2009; Kozakov et al., 2011; Төмөртоогоо, 2014).

Сүүлийн үеийн судалгаагаар Тарвагатайн өргөгдөлд тогтоогдсон насны өгөгдлүүдийг нэгтгэн дүгнэвэл кембрийн өмнөх настай Идэр метакомплексийн гранит-гнейсд  $2219 \pm 25$  сая жил (Kozakov et al., 2011), үүнийг түрсэн габбро, габбро-анортозитийн цирконд  $1784 \pm 10$  сая жил (Анисимова и др., 2009),  $1784 \pm 10$  сая жил (Kozakov et al., 2011), Жаргалант метаморф комплексийн биотит болон биотит-амфибол агуулсан гнейс, үеллэг гантиг бүхий метаморф чулуулагт U-Pb-ны аргаар  $815 \pm 8$  сая жил буюу неопротерозой настайг, эдгээрийн ойр орчмоос авагдсан Тэлмэн бүрдлийн диоритод  $437 \pm 7$  ба  $421 \pm 1$  сая жил (Kozakov et al., 2011; Kroner et al., 2014), монцогранитад 416-422 сая жил (Ling et al., 2021), гранодиоритод 419-421 сая жил (энэ судалгаагаар), Тэс бүрдлийн шүлтлэг гранитад  $237 \pm 1.1$  сая жил (энэ судалгаагаар), мөн Тэс гэж зураглагдсан шүлтлэг гранитад  $246 \pm 1$ ,  $268 \pm 1$ ,  $257 \pm 1.1$ ,  $243 \pm 2$  сая жил (Yarmolyuk, 2011)-ийн нас тус тус тогтоогджээ, харин Тарвагатайн өргөгдлийн баруун урд зах хэсгээс авагдсан хээрийн жоншт гранитад 440 сая жил (Jiaqi Ling et al., 2021) ба 446 сая жил (Fedorov, 1966)-ийн үнэмлэхүй насны судалгаа тус тус хийгдсэн байна (Зураг 99).

Дээрх насны өгөгдлүүдээс харахад Тарвагатайн өргөгдөлд тархалттай кембрийн өмнөх метаморф чулуулгийн насны асуудал бүрэн шийдсэн ач холбогдолтой ажлууд тусгалаа олсон байх ба Завхан бичил тив, Тарвагатайн блок, Хойд Хятадын кратон болон Таримын зэрэг эх газрын эртний блокуудын тектоно-магмын хөгжлийн түүх ойролцоо гэдгийг харууллаа. Мөн эдгээр блокуудын 1.85 -1.88 тэрбум жилийн нас нь Колумбийн супертивийн палеопротерозойн хөгжилтэй ч ижил байх боломжтой юм.

Тарвагатайн блокийн Хөнжлийн гол массивын анортозитод тогтоогдсон  $1784 \pm 10$  сая жилийн нас нь Хойд Хятадын болон Таримын блокийн рифтийн гаралтай магматизм болон суурилаг дайкийн 1.8–1.75 тэрбум жилийн настай ч бас дүйж байгаа юм.



Тарвагатайн өргөгдөлд тархалттай Палеозойн магматизмын насны асуудал нэлээд маргаантай хэвээр байсаар байна. Дээрх насны үр дүнд үндэслэн өргөгдөлд тархалттай Шинэ -Идэр бүрдлийн гранитоид чулуулаг нь 440-446 сая жил буюу ордовик ба силурын заагт үүссэн цаг хугацааг, уг өргөгдөлд өргөн тархалттай Тэлмэн бүрдлийн гранитоид чулуулгууд 416-437 сая жил буюу хожуу силурын цаг хугацаанд бүрэлдэн тогтсоныг тус тус илэрхийлнэ.

Харин Тарвагатайн өргөгдлийн хэмжээнд зураглагдсан Тэс хэмээн гранитоид чулуулагт 257-237 сая жилийн хоорондох насны өгөгдлүүд тогтоогдсон нь хожуу Пермээс дунд Триасын цаг үед хамаарч байна. Энэ гранитоид чулуулагт тогтоогдсон насны өгөгдлүүд нь Пермийн цаг үед явагдсан рифтийн хөгжлийн сүүлийн үе шатанд үүссэн шүлтлэг ба шүлтлэгдүү гранитын Шар ус бүрдлийн гранитоидын настай дүйж байна. Магадгүй Тарвагатайн өргөгдөлд рифтийн болон рифтийн сүүлийн үе шатанд гранитоид магматизм явагдаж байсныг гэрчилж байна.

Тарвагатайн өргөгдөл нь кембрийн өмнөх үеийн эх газрын царцдасын үлдэц бүхий геологийн тогтоц нь Төв Азийн геологийн хөгжлийг тайлбарлахад судалгааны сонгодог тулгуур талбар болдог.

Судлаачид Төв Азийн геологи-геодинамикийн хувьсал хөгжлийг 3 үндсэн хэсэгт авч үздэг (Buslov et al., 2004).

Тарвагатайн өргөгдөлд явуулсан судалгааны үр дүндээ үндэслэн Төв Азийн геологийн хөгжилтэй уялдуулан геологи-тектоникийн хөгжлийн сэргээн босголтыг загварыг боловсруулах оролдлого хийлээ. Үүнд:

(1). Кембрийн өмнөх бичил тив ба тэдгээртэй холбоо бүхий террейний геологийн хөгжлийг Гондванагийн супер тивийн үлдцүүдээр илэрхийлэгддэг ([Mossakovskiy et al., 1993](#); [Didenko et al., 1994](#); [Pecherskiy and Didenko, 1995](#)). Палеозойн дунд үед бичил тивүүд амальгамцлагдаж Казахстан, Хойд Тяньшань, Алтай-Монгол, Тува-Монгол, Завхан зэрэг бичил тивүүд үүссэн. Кембрийн өмнөх үеийн бичил тивүүдийн амальгамацад орох үед метаморфизм ба гранитоид магматизм үйл явц ордовикоос түүрүү девоны цаг үед явагдаж байсан гэжээ.

Эндээс харахад манай судалгааны талбайд тархалттай неоархейн Идэр метакомплекс нь Гондванагийн супер тивийн үлдэц гэдгийг илэрхийлж болох ба энэ нь

Завхан бичил тив, Сибирийн, Хойд Хятадын болон Таримын кратон зэрэг эх газрын эртний блокуудын тектоно-магмын хөгжлийн түүх ойролцоо гэдгээрээ харуулж байна .

Мөн эдгээр блокуудад тогтоогддог 1.85 -1.88 тэрбум жилийн нас нь Колумбийн супертивийн палеопротерозойн хөгжилтэй ч ижил байх боломжтой. Мөн габбро-анортозит бүрдлийг коллизын процессын нөлөөгөөр хавтангийн салалтын үр дүнд үүссэн гэж үздэг. Бидний судалгааны Тарвагатайн өргөгдлийн Хөнжлийн гол массивын анортозитод тогтоогдсон  $1784 \pm 10$  сая жилийн нас нь Хойд Хятадын болон Таримын блокийн рифтийн гаралтай магматизм болон суурилаг дайкийн 1.8-1.75 тэрбум жилийн настай ч бас дүйж байгаа юм.

Судлаачид Төв Азийн ороген бүсэд неопротерозойн цаг үед өндөр температурын метаморф бүрдэл үүссэн гэдгийг тэмдэглэдэг. Үүнтэй Тарвагатайн өргөгдлийн Жаргалантын метакомплекс тохирдог ба энэхүү метаморф бүс нь неопротерозойн эх газрын царцдас гэдгийг илэрхийлж, дунд рифейн төгсгөл үед бүрэлдсэн гэдгийг харуулж байна. Энд нэмж тэмдэглэхэд Завхан бичил тивийн суурь Тарвагатайн блокийн *Неоархейн* Идэр бүрдлийн чулуулгуудад шилжилтийн структур-метаморфын ямар нэгэн ул мөр байхгүй, Жаргалант бүрдэлд хөгжсөн гранитоидыг агуулдаггүй тул палеозойн супер метаморфизмтай ямар нэгэн холбоогүй, түрүү каледонидын супертеррейний аккрец-коллизын нөлөөгөөр үүссэн болохыг тогтоожээ ([Kozakov., 2011](#)).

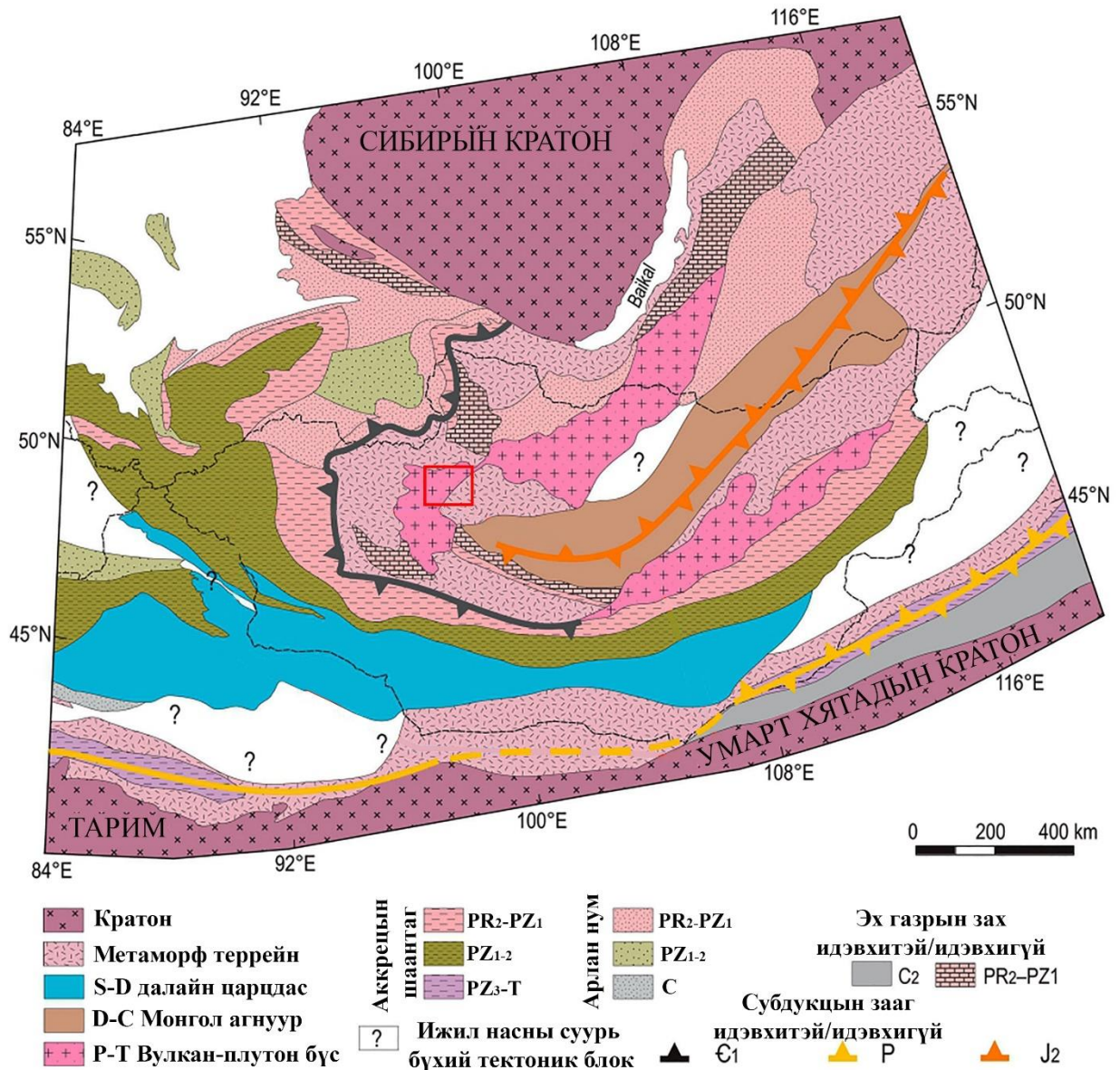
(2). Каледонидын атриат структур нь далайн арлын, арлан нумын, эх газрын идэвхт захын зэрэг янз бүрийн бүтэцтэй бөгөөд эдгээрийг Сибирь, Зүүн Европын тивүүд хоорондох палео Азийн далайн ташуу субдукц, болон коллизын үр дүнд хөгжсөн бүтцүүдтэй холбон тайлбарладаг.

Энд Тарвагатайн өргөгдлийн метакомплекуудыг түрж гарсан гранитоидуудыг хамруулж байна. Тарвагатайн өргөгдөлд дунд палеозойн цаг үед 2 удаагийн магматизмын үйл явц өрнөж, Шинэ-Идэр бүрдлийн гранитоидууд хожуу ордовик ба түрүү силурын хооронд, харин Тэлмэн бүрдлийн гранитоид магматизм силурын турш тус тус бүрэлдэн тогтсон гэж үзлээ ([Зураг 100a](#)).

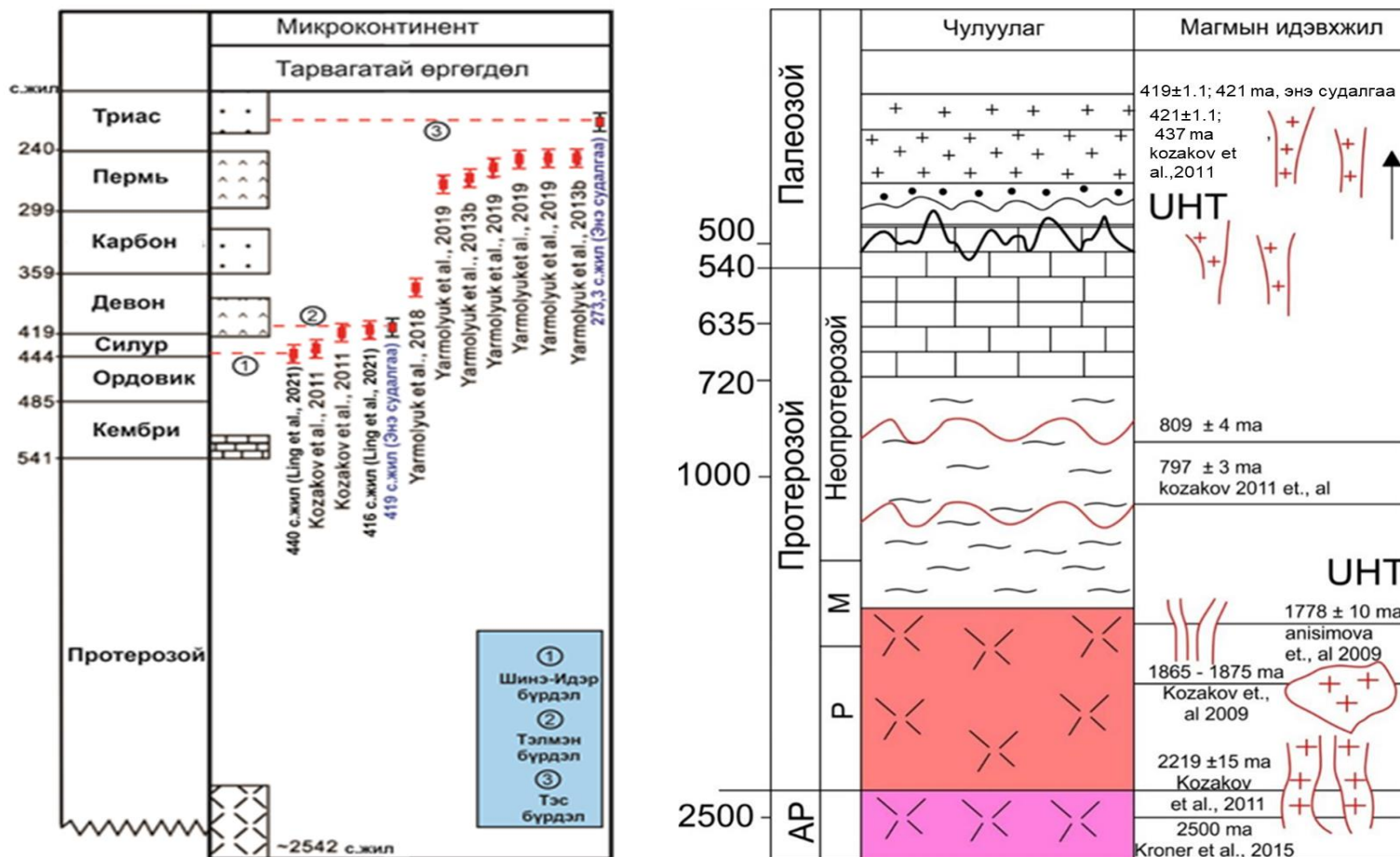
(3). Төв Азийн ороген бүсэд зөрөл-шилжилт, ташуу тохролт хагарлууд үүсгэж буй геологийн бүтцүүд нь янз бүрийн насны коллизын геодинамик нөхцөлийн нотолгоо

болдог бөгөөд хамгийн хүчтэй деформацийн үе нь девоны сүүл үеэс эхлээд түрүү карбон, хожуу карбон-түрүү перми, хожуу перми-триас цаг үеийн мөчлөгүүд хамаардаг (Зураг 100б).

Эцэст нь Тарвагатайн өргөгдөлд Хангайн гүний хагарлын бүс дагуу гарч ирсэн Хангайн батолит байхаас гадна бие даасан жижиг шток, үлдэгдэл биет байдлаар илэрдэг хожуу перми-түрүү триасын цаг үеийг заадаг Шар-Ус бүрдэл бүрэлдэн тогтжээ (Зураг 100в).

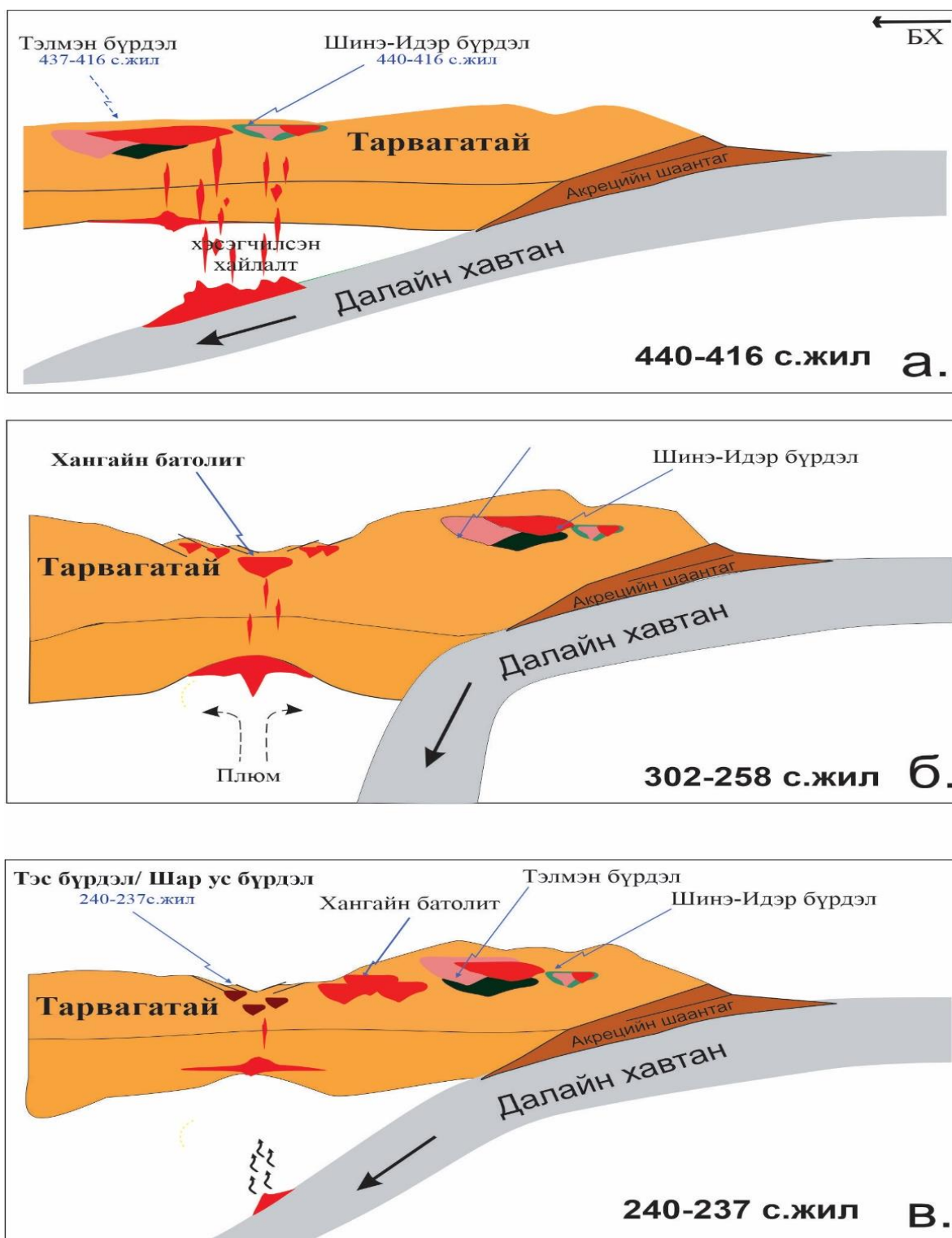


Зураг 98. Төв Азийн ороген бүсийн геологийн зураг (Nguyen et al., 2018) ба судалгааны талбайн байршлын зураг



Зураг 99. Тарвагатайн өргөгдөлд тархалттай метаморф болон гранитоид чулуулгийн тархалтын зүй тогтол ба тэдгээрийн үүссэн цаг хугацаа харуулсан загварчилсан схем зураг





Зураг 100. Тарвагатайн өргөгдлийн гранитоид магматизмын геологи-тектоникийн загварчлал

## 6.2. МАГМАТИЗМЫН ГАРАЛ ҮҮСЭЛ БА ГЕОДИНАМИК ХӨГЖИЛ

Төв Азийн ороген бүсийн төв хэсэгт орших Монгол орны нутаг дэвсгэрт палеозойн гранитоид магматизм өргөн тархалттай. Тарвагатайн өргөгдөлд янз бүрийн бүтэцтэй палеозойн магмын бүрдлүүдийн нь хэд хэдэн магматизмын үйл явц өргөж эх газрын царцдас бүрэлдэн тогтсоныг харуулна.

Палеозойн царцдас бүрэлдэх үе шат бүхэнд тодорхой шинж бүхий гранитоид магматизм явагдаж, тэдгээрийн хэмжээнд диорит-тоналит-гранодиорит-гранитын эвшлийн чулуулаг үүсч, тэдгээр нь шохойлог шүлтлэг магмын эх үүсвэртэй, галт уулын магмын нум болон аккреци-коллизын нөхцөлд бүрэлдэн тогтжээ.

Гранитоид чулуулгийн гарал үүслийн талаар онолын олон таамаг, үзэл баримтлал байдаг. Гранит ихэвчлэн эх үүсвэрийнхээ хэсэгчилсэн хайлалтаас үүсдэг ба ихэнх нь хувийн жингээс хамаарч ялгардаг фракцжилтын талсжилтын үр дүнд хайлмагаас талсжсан эсвэл талстуудын даралт, температур тогтвортой болоход үүссэн гэсэн таамаглал давамгайлдаг.

Коллиз-субдукцын нөхцөлд бүрэлдэн тогтсон гранитоид магматизм нь (1) талсжих замаар ялгарах, эсвэл мантиас гаралтай базальтын материалын хайлалтаар, (2) Хүчиллэг мета-магмын буюу мета-тунамал чулуулгийн хэсэгчилсэн хайлалтаар гэсэн хоёр үндсэн механизмаар үүсдэг (Wolf and Wyllie 1994).

Чаппель нар (Chappell et al., 1998) магмын бага болон өндөр температурт үүссэн гранитыг анх ялгасан байдаг. Бага температурын гранит нь кварц болон хээрийн жоншоор баяжсан чулуулгийн хэсэгчилсэн хайлалтаас үүснэ. Энэ тохиолдолд хайлалтын найрлага Тутл, Боуэн (Tuttle and Bowen 1958) нарын тодорхойлсонтой ижил зарчмаар магмын хамгийн бага температурт явагдана (хамгийн бага хайлалт). Гранитын найрлага бүхэлдээ эвэр хуурмаг, пироксен, биотит, кордиерит, гранат зэрэг реститээр хянагдаж рестит хайлалтаас ялгарах үед найрлагад өөрчлөлт орно. Хэрвээ рестит дифференциацийн түрүү үед ялгарвал үлдэгдэл хайлалтад фракцжилтын талсжилт явагдана. Харин өндөр температурын хайлалтад эх үүсвэрт илүү компонентууд байх ба хайлалтаас тусгаарлагдсан байна. Хэрвээ хүчиллэг магма реститээр баян бол фракцжилах боломж тун бага, харин талсжилт завсрын хайлмаг царцах байдлаар илэрнэ. Реститээр баян магма өндөр зуурамтгай шинж чанартай ба дэгдэмхий компонентоор ханаагүй байдаг (Chappell et al., 1998).

Гранит нь магмын хажуугийн хананаас эхлэн хөрдөг конвекцийн фракцжилтын замаар хайлмаг төлөвөөс царцдаг. Илүү суурилаг эрдсүүд нь хананд болон голомтод кумулятив байдлаар үлдэн үүний дараа үүссэн завсрын хайлмагуудын нягт буурч магмын голомтын дээд хэсэг рүү өгсдөг. Дайвар болон анхдагч хайлмаг нягтын зөрүүнээс хамааран сегрегаци буюу үл холилдолт бий болно. Дайвар хайлмаг (interstitial liquid) гадаргуу руу урсаж жижиг мөхлөгт вулканит байдлаар гарна. Эдгээр хайлмаг илүү өндөр төвшинд лейкократ вулкан байдлаар царцаж болох ба эдгээрийн  $\text{SiO}_2$  агуулга өндөртэй Rb, U, Y-р баян K/Rb харьцаа бага байдаг. Мөн түүнчлэн царцах явцад хайлмагуудын нягтын зөрүү багасах үед цикл холилдож гранодиорит болон монцогранитын найрлагатай гомоген плутонууд үүснэ (Mahood and Hildreth., 1986). Эцсийн бүтээгдэхүүн нь бүслүүрлэг плутон байх ба төв рүүгээ хүчиллэг найрлагатай болно. Иймээс реститээр баян системд гетероген ассоциац бүслүүрлэг плутоноос тогтох бол гомоген плутон гранодиорит болон монцогранитаас тогтоно. Гетероген гранитууд (бүгд биш)  $\text{SiO}_2$ -той харьцуулахад Rb, U, Rb/Sr зэргийн огцом өсөлт, K/Rb буурах шинжтэй байдаг. Ихэнх I-төрлийн гранитуудын хувьд Y өсөх хандлагатай байдаг бол Ba, Zr буурах хандлагатай байдаг.

Гранитоид чулуулгуудыг I-, S-,M-,A- төрлүүдэд ангилдаг бөгөөд төрөл тус бүр нь тодорхой химийн найрлага, эрдсийн бүрдлүүдээрээ өөр хоорондоо ялгаатай байдаг (Chappell and White 1974; 1992; Bonin 2007). I- (igneous) төрөл нь суурилаг магмын фракцжилтын талстжилтаас үүсэх бол S-(sedimentary) төрөл нь тунамал чулуулгийн дахин хайлалтаар үүснэ. M (mantle-derived) төрлийн гранитыг субдукцлэгдэж байгаа далайн царцдасын хэсэгчилсэн хайлалтаар үүснэ хэмээн тодорхойлжээ. Энэ ангиллыг Луизил, Вонес нар (Loiselle and Wones, 1979) дэлгэрүүлж ороген бус шүлтлэг гранитын төрөл болох A-төрлийн гранитыг санал болгосон. M-төрлийн гранитоид калигаар бага (<1 wt.%) (Bonin 2007), A-төрлийн гранитоид өндөр цэнэгтэй элементийн агуулга нэмүү байдаг онцлогтой (Whalen et al. 1987; Eby1992).

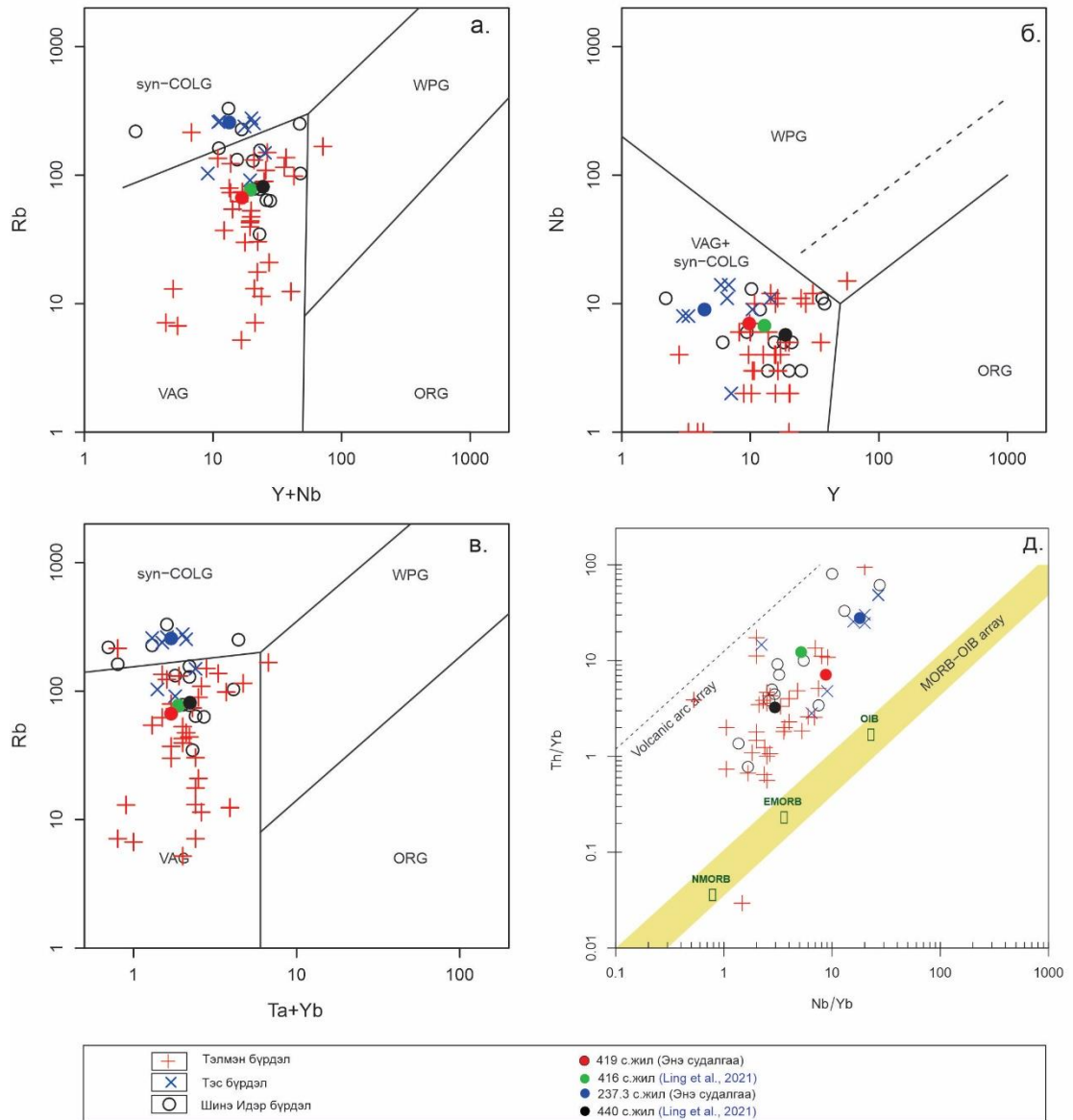
Бидний судалсан Шинэ-Идэр,Тэлмэн болон Тэс (Тэс: Зөвхөн гранитын найрлагатай) бүрдлийн чулуулаг габброгоос гранит хүртэлх найрлагатай чулуулгийн төрөлжилттэй ба эдгээр чулуулгийн төрөлжилтийг гранит ба диоритын бүлэг болгон ангилж, гранитын бүлэгт гранодиорит-тоналит-кварцат монцонит-шүлтлэг гранит, харин диоритын бүлгийн чулуулагт габбро-габбродиорит-диоритыг тус тус

хамааруулаа. Гранитын бүлгийн чулуулаг нь К-баялаг шохойлог шүлтлэг найрлагатай байх ба хөнгөн цагааны ханалтын индексийн  $A/CNK-A/NK$  (0.85-1.2) диаграмм дээр бүх дээжүүд хөнгөн цагаанаар нэмүү ханасан ба Чаппел нарын (Chappel et al., 1974) гранитоидын ангиллаар I-төрлөөс S төрөлд шилжих шилжилтийн шинжтэй ба бүх бүрдлийн чулуулгууд шохойлог шүлтлэг магмын эх үүсвэртэй байна.

Шинжилгээний үр дүнгээр бүрдлүүдийн гранитоидын цахиурын ислийн агуулгыг бусад гол ислүүдтэй хэрхэн хамааралтай байгааг үзэхэд Шинэ- Идэр болон Тэлмэн бүрдлийн гранитоидын  $Al_2O_3$ ,  $FeO^t$ ,  $MgO$ ,  $TiO_2$ ,  $CaO$ -д зэрэг элементийн ислүүд  $SiO_2$ -той урвуу хамааралтай, харин  $K_2O$  ба  $Na_2O$  багавтар сарнисан боловч эерэгдүү хамаарал үзүүлэх ба чулуулаг бүрдүүлэгч эрдсүүдийн фракцжилт ижил нөхцөлд үүссэнийг харуулна.

Чулуулаг дахь  $Nb/Yb$  ба  $Th/Yb$ -ийн харьцаа нь эерэг хамааралтай,  $Nb/Yb$  нь харьцангуй бага 0.52-27.5 ppm,  $Th/Yb$ -ийн харьцаа харьцангуй өндөр буюу 0.03-126 ppm-ийн хооронд хэлбэлзэл үзүүлэх ба энэ нь субдукцын бүсэд ихэнх гранитоид (Тэлмэн, Шинэ Идэр бүрдлүүд) үүссэн бол Тэс бүрдэл эх газрын оролцоо харьцангуй их субдукцын дараах коллизын нөхцөл рүү аажим шилжсэн (Зураг 101) болохыг харуулж байна (Pearce, 2008).





Зураг 101. Гранитоид чулуулгийн тектоник орчин тодорхойлох диаграммууд. а.б.с.) Rb vs Y+Nb, Nb-Y, Rb vs Ta+Yb (Pearce et al., 1984) болон д) Th/Yb vs Nb/Yb диаграммууд (Pearce, 2008).

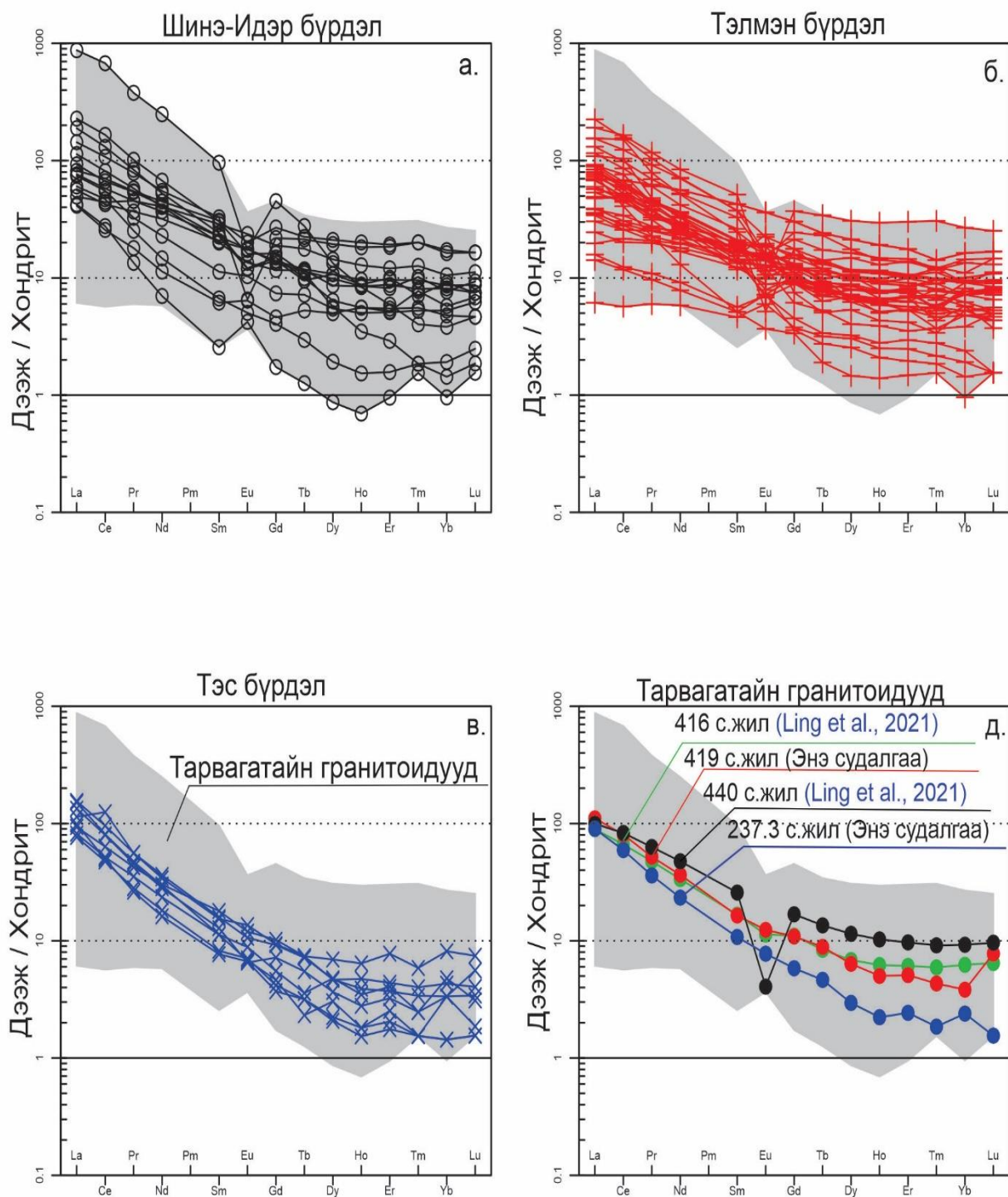
Харин Rb vs Y+Nb, Nb-Y, Rb болон Ta+Yb Y+Nb ба Rb-ийн хамаарал нь Тарвагатайн өргөгдлийн гранитоид чулуулаг нь голчлон магмын нумын болон сулавтар синколлизын (Тэс бүрдэл) нөхцөлд шилжсэн (Pearce et al., 1984) хэв шинж үзүүлж байна (Зураг 101).

Тарвагатайн өргөгдлийн гранитоид чулуулгийн ГХЭ-ийн агуулгыг хондритод (Boynnton, 1984), ховор элементийн агуулгыг анхдагч маанти (McDonough and Sun, 1995)-д нормчилж боловсруулалт хийхэд дээрх гранитоид чулуулгийн аль аль нь

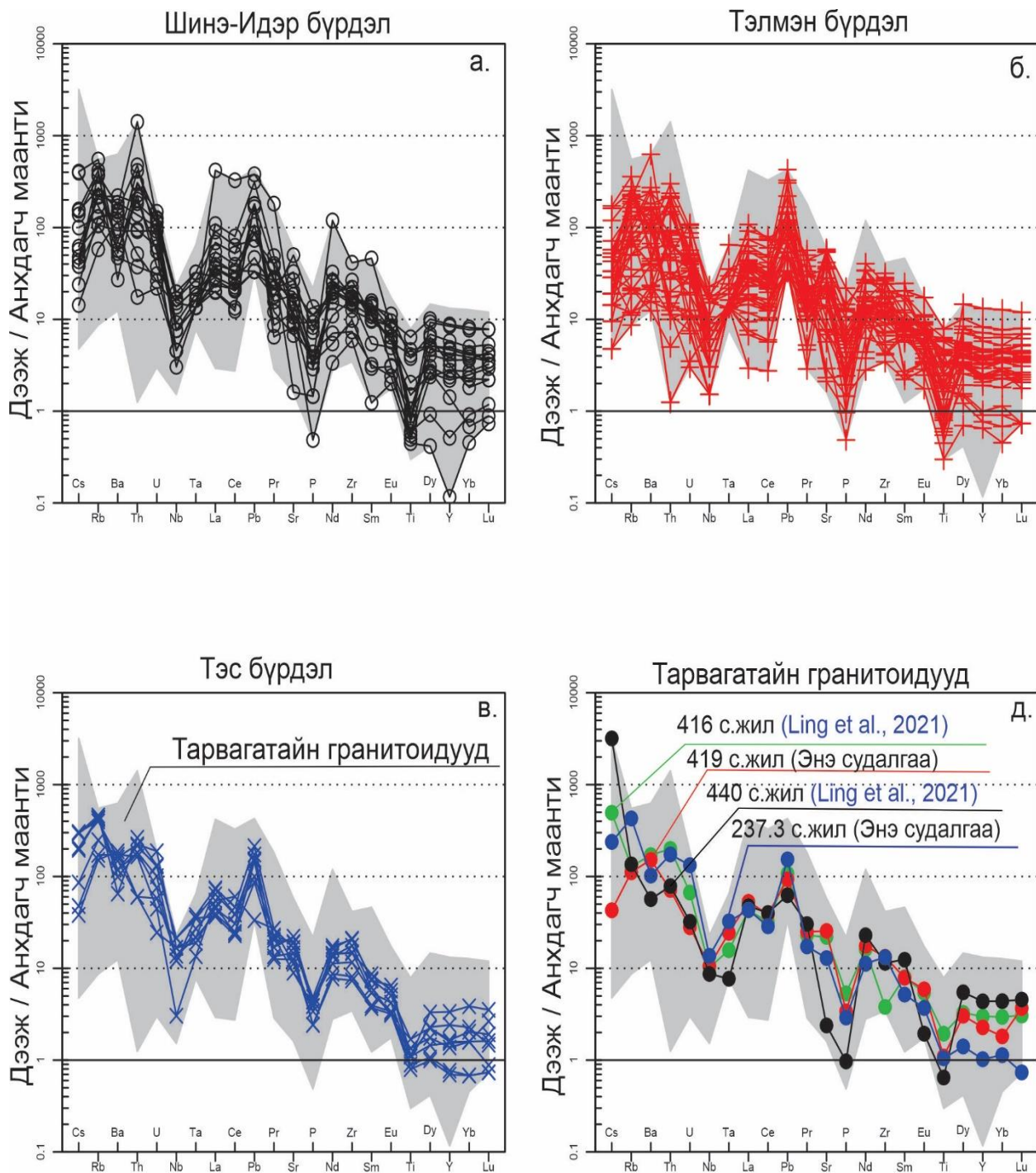
хөнгөн газрын ховор элементээр баяжсан (LREE), хүнд газрын ховор элементээр ядуурсан (HREE), Nb, La, Ce, Ti агуулга бага, шавхагдсан Pb-ны тод илрэх эерэг гажил үзүүлж байгаа нь субдукцын бүс болон магмын нумын тектоник орчинд, хэсэгчилсэн хайлалтаар үүссэн шохойлог-шүлтлэг магматай холбоотой үүссэн шинж чанартай болохыг харуулж байна (Saunders et al., 1980; McDonough, 1991; Rollinson, 1993).

Шинэ Идэр, Тэлмэн бүрдлүүдийн (440 - 416 с.жил) гранитоид чулуулгийн ГХЭ-ийн найрлагыг хондритод нормчлон боловсруулалт хийхэд ГХЭ-ийн агуулга нь сайн ялгарсан, газрын ховор хөнгөн элемент (ХөГХЭ)-ээр баяжсан, хүнд газрын ховор элемент (ХүГХЭ)-ээр буурсан хэлбэрийн муруйг үзүүлнэ (Зураг 102.а.б). ГХЭ-ийн дунд эгнээний элементүүд нь бусдаасаа харьцангуй илүү шавхагдсан байгаа нь эвэрхуурмагийн талжилттай холбоотой бөгөөд ялангуяа Dy-Er -ийн эгнээний элементүүд нь хүчиллэг ба дундлаг магма дахь эвэрхуурмагтай нийцлэг элементүүд юм. ГХЭ-ийн тархалтын ийм муруй нь мантийн шаантаг болон мөн эх газрын царцдасын доод хэсэг зузаарахад оролцож буй ювинил царцдасын хайлалтаар үүссэн магма нь субдукцын болон эх газрын царцасын компонентоор тодорхой хэмжээгээр бохирдсоноос үүсдэг (Patino et al., 2000).

Анхдагч мантийн найрлагаар (McDonough and Sun, 1995) нормчилсон ховор элементийн спайдр диаграммын үр дүнгээс харахад чулуулгууд нь том ионт литофиль элементээр (Ce, Rb, Ba, Th, U, Sr, Pb) баяжсан, жижиг ионтой, өндөр цэнэгтэй элемент (Nb) -ээр ядуурсан шинжтэй байна (Зураг 103.а.б). Энэ шинж нь мөн субдукцын бүс дэх эх газрын компонентийн бохирдлоор илэрхийлэгдэх ба чулуулгийн химийн найрлагын энэ шинж нь гранитоид чулуулгийг субдукцын бүсийн дээр арлан нум болон эх газрын нумын геодинамик нөхцөлд үүссэн болохыг давхар илэрхийлж байна. Ниобийн сөрөг гажлыг субдукцын бүсэд хэсэгчилсэн хайлалтаар үүссэн шохойлог-шүлтлэг магматай холбож үздэг (Rollinson, 1993; Lan et al., 1996).



Зураг 102. Тарвагатайн өргөгдлийн гранитоид чулуулгийн газрын ховор элементийн тархалтыг хондритод нормчилсон диаграмм (Boynnton, 1984).



Зураг 103. Тарвагатайн өргөгдөлийн гранитоид чулуулгийн сарнимал элементийн тархалтыг анхдагч маантанд нормчилсон диаграм (McDonough and Sun, 1995).



Тэс бүрдлийн (U-Pb цирконы нас 237.3 с.жил) гранитоид чулуулгийн C1 хондритод нормчилсон ГХЭ-ийн тархалтын үр дүн нь ХөгХЭ-ээр баяжсан, ХүГХЭ-ээр ядуурсан шинжийг үзүүлэх ба энэ нь Шинэ-Идэр болон Тэлмэн бүрдлийн гранитоид чулуулагтай харьцуулахад харьцангуй сул ялгарал үзүүлэх ба тус чулуулаг ХөгХЭ-ийн агуулга харьцангуй бага байна (Зураг 102.Б). Тэс бүрдлийн гранитоид чулуулаг нь өмнөх бүрдлүүдтэй харьцуулахад Eu-ийн сөрөг гажил илрэхгүй ба энэ нь магмын дифференциаци дахь плагиоклазын фракцлалттай холбоотой байж болох юм.

Тэс бүрдлийн гранитоид чулуулгийн ховор болон сарнимал элементүүдийн үзүүлж буй дээрх бүх шинж чанар нь субдукцын бүсийн төгсгөлийн шат, эх газрын царцдасын холилдолт болон син-коллизын орчинд үүссэн геотектоникийн орчинг харуулдаг ба энэ нь тухайн бүс нутгийн геотектоникийн хөгжлийн тухай ойлголттой дүйж байгаа юм.

#### **ЕРӨНХИЙ ДҮГНЭЛТ:**

1. Төв Монголын хойд хэсэгт орших Тарвагатайн өргөгдөлд габбро-анортозитын палеопротерзойн Мөст бүрдэл, дунд ордовикийн Шинэ-Идэр бүрдэл, дунд силур-хожуу девоны Тэлмэн бүрдэл, Түрүү пермийн Хангайн, хожуу пермийн Шар ус гэсэн гранитоид магматизмын бүрдлүүд ялгагдаж байна. Эдгээр гранитоид бүрдлүүдийн чулуулгийн петрографи, петрологи, геохими болон геохронологийн судалгааг системтэй хийж, геологи судлалын шинжлэх ухаанд нэвтэрч буй дэвшилтэт орчин үеийн арга аргачлалаар боловсруулж, гранитоид магматизмын бодисын найрлага, эх үүсвэр, үүссэн цаг хугацаа, үүсэн бүрэлдсэн геодинамикийн хувьсал хөгжлийг загварчлах онолын шинэлэг мэдээллүүдийг бий болгов. Тухайлбал:

- Габбро-анортозитын палеопротерзойн Мөст бүрдлийн чулуулаг нь шохойлог-шүлтлэг магмын эх үүсвэртэй, чулуулаг дахь Ba, U, Sr -ийн агуулга, Sr /Y харьцаа (22.31-478.88) өндөр, Nb, Ta ба Ti, хүнд ГХЭ-ийн бага агуулгатай геохимийн онцлогтой ба царцдасын оролцоотой магмын бүтээгдэхүүн болохыг илэрхийлж, эх газрын тэлэлтийн магматизмын геологи-тектоникийн зүй тогтолтойг баталгаажуулсан.

- Шинэ-Идэр бүрдлийн гранитоид нь бусад бүрдлүүдээс ялгарах онцлог нь ус агуулсан эрдэс голлох үүргийг гүйцэтгэх ба даралт шахалтанд ихээхэн өртсөн гранитын найрлагатай, калиагаар баялаг шохойлог шүлтлэг магмын эх үүсвэртэй, хөнгөн цагаанаар сулавтар ханасан ба ГХЭ-ээр ялгаралд дунд зэрэг орсон ( $(La/Yb)_N$  3.6-9.3), ХөГХЭ-ээр баяжсан ХүГХЭ-ээр дунд зэргийн жигд агуулгатай ба бусад бүрдлээс Eu-ийн тод сөрөг гажилтай, Ba ба Sr-ийн багавтар буурсан тархалттай ба галт уулын нумын геодинамик нөхцөлд метамагмын буюу мета-тунамал чулуулгийн хэсэгчилсэн хайлалтаас фракцлан талсжсан эх үүсвэртэй байж болохыг тогтоосон.
- Тэлмэн бүрдлийн гранитоид чулуулагт нь хөнгөн цагаанаар дунд зэрэг ханасан ( $ASI=0.6-0.9$ ), I төрлийн гранитоидод хамааруулж, шохойлог-шүлтлэг магмаас үүсэлтэйг илэрхийлнэ. Гранитоид дахь сарнимал элементийн хувьд Ba, Th, U, Sr -ийн өндөр агуулга, Sr /Y харьцаа, Nb, Ti, хүнд ГХЭ -ийн бага агуулга ба мөн субдукцын бүсийн магмын бүтээгдэхүүн болохыг илэрхийлнэ. Геохронологийн судалгаагаар Их-Уул орчмын Тосонцэнгэл гэж зураглагдсан томоохон массивын гранодиоритод LA-ICP-MS U-Pb-ны геохронологийн шинжилгээ хийж  $419 \pm 3$  сая жил ( $MSWD=1.4$ , магадлал  $=0.12$ )-ийн насыг шинээр тогтоов. Чулуулаг дахь цирконы Th агуулга нь 99-аас 682, U агуулга нь 88-аас 655 болон Th/U харьцаа 0.60-1.60 ба 0.1-ээс их ба энэ индикатор нь магмын гарал үүсэлтэйг илтгэнэ.
- Өмнөх судалгаагаар хожуу девоны Тэс гэж зураглагдсан гранитоид нь шохойлог-шүлтлэг эгнээний, кали-натрийн шүлтшилтэй, хөнгөн цагаанаар дунд зэрэг ханасан, эрдсийн найрлагаараа ойролцоо монцогранит-граносиенит-шүлтлэг гранитын эвшлийн чулуулаг давамгайлна. Ионы радиус томтой Rb, Ba, Th, Pb зэрэг элементүүдээр харьцангуйгаар баяжсан, өндөр цэнэгтэй Nb, Ta, P, Ti зэрэг элементүүдийг бага агуулсан, хөнгөн ГХЭ нь харьцангуй өндөр, Eu-ийн онцгой гажилгүй ба хүнд ГХЭ-үүд жигд бус тархалтын геохимийн онцлог шинжтэйг тогтоов. Уг бүрдлийн Идэрийн голын өмнө орших Цохиотын цагариг бүтэц бүхий гранитоид массивын шүлтлэг гранитын дээжийн цирконы мөхлөгт LA-ICP-MS U-Pb-

ны изотопын геохронологийн шинжилгээ хийж гранит чулуулагт  $237.3 \pm 1.1$  сая жилийн насны үр дүнг шинээр тогтоогдов.

2. Гранитоид бүрдлүүдэд хийгдсэн судалгааг харьцуулан дүгнэхэд Тарвагатайн өргөгдөлд шохойлог шүлтлэг найрлагатай, “I” төрлийн магмын эх үүсвэртэй, калигаар дундаас баялаг шохойлог шүлтлэг эгнээний палеозойн ялгаатай бүтэцтэй габбро-гранодиорит-гранитын эвшлийн чулуулаг давамгайлна. Геохимийн шинжээрээ Тарвагатайн өргөгдөлд тархалттай гранитоидууд нь хөнгөн газрын ховор элементээр баяжиж, хүнд газрын ховор элементээр ядуурсан ба Nb, Ta, La, Ce, Ti агуулга бага ба шавхагдсан харин Pb-ны тод илрэх эерэг гажил зэрэг нь субдукцын бүс болон магмын нумын тектоник орчинд хэсэгчилсэн хайлалтаар үүсэн болохыг Шинэ-Идэр болон Тэлмэн бүрдлийн гранитоид чулуулагт тод харуулна. Харин Тэс бүрдэл хэмээн зураглагдсан гранитоид бүрдэл нь геохимийн шинжээрээ ойролцоо нэг эх үүсвэртэй боловч цаг хугацааны хувьд ялгаатай, царцдасын хэсэгчилсэн хайлалт болон эх газрын царцдасын холилдолтын шинжтэй синколлизын шат хүртэлх геодинамикийн нөхцөлд үүссэн болохыг тогтоов.
3. Төв Монголын хойд хэсэгт орших Тарвагатайн блокийн хэмжээнд эртний их тивийн үлдэгдэл ба талст суурийн хэсэгт Идэр метаморф талст бүрдэл, Намиг болон Агьтийн мета комплексууд зүй ёсоор хамаарагдаж байна. Эдгээр кембрийн өмнөх метаморф талст бүрдлийн петрологи, геохимийн онцлог шинжүүд, чулуулгийн гарал үүслийн асуудлууд, үүссэн цаг хугацаа, үүсч бүрэлдсэн геодинамикийн хөгжлийг тодруулж, өмнөх судалгаатай харьцуулан судлав. Тарвагатайн өргөгдөлд ялгагдаж буй эртний метаморф чулуулгууд нь петро-геохимийн шинжээрээ ижил, геологийн тогтоц, структур, үүсч бүрэлдсэн цаг хугацаагаар ялгагдана. Идэр болон Намиг бүрдлүүдийн чулуулаг нь вулканик нумын нөхцөлд, неопротерозойн Агьт бүрдлийн чулуулгууд нь плит доторх буюу завсрын бүсийн нөхцөлд үүссэн ялгаатай геодинамик нөхцөлд үүссэнийг тодрууллаа. Идэр бүрдлийн чулуулагт метаморф хавтгайшил болон шугамшил илүү хөгжсөнийг тодруулсан ба энэхүү онцлог шинжээрээ бусад метаморф бүрдлүүдээс ялгарна. Гранит гнейс болон мигматитууд нь ихэвчлэн “M” төрлийн атираажилт үүссэн структурын онцлогийг тогтоосон бөгөөд эдгээр

шахалтат тектоник идэвхжилүүд нь Булнай хагарал болоод Байкалидын тектоник хөдөлгөөнүүдтэй холбоотой гэж үзлээ.

4. Уг өргөгдөлд ялгагдаж буй эртний метаморф талст бүрдэл, палеозойн олон үе шатны петротип массивуудын тархалттай 5 талбайг сонгон авч тухайн дүүргийн геологийн зургийг шинэчлэн зохиох, метаморфба гранитоид чулуулгийг ялган зураглах, чулуулгийн фазуудын ялгааг тодруулах, фаз тус бүрт орчин үеийн геологийн шинжлэх ухаанд хэрэглэгдэж буй геологи, петрогеохимийн судалгаа шинжилгээ хийж дүүрэгт тархалттай чулуулгийн гарал үүсэл, үүссэн цаг хугацаа, үүссэн бүрэлдсэн геодинамик нөхцөлийг тогтоосон.
5. Тарвагатайн өргөгдөлд тархалттай метаморф болон гранитоид чулуулгийн тархалтын зүй тогтол ба тэдгээрийн үүссэн цаг хугацаа харуулсан загварчилсан схем зураг, Тарвагатайн өргөгдөлд тархалттай гранитоид магматизмын үүсэл хөгжлийн сэргээн босголтын загварыг боловсруулав.



## **ГРАНИТОИД МАГМАТИЗМЫН ЭХ ҮҮСВЭР, ҮҮССЭН МЕХАНИЗМЫГ ТАЙЛБАРЛАСАН ОНОЛЫН ҮНДЭСЛЭЛ (ЗӨВЛӨМЖ)**

Энэхүү онолын үндэслэл нь гранитоид магматизмын судалгаа хийхэд ашиглагдах ба геологич, залуу судлаачид болон оюутан нарт зориулав.

### ***Магмын эх үүсвэр ба үүсэх механизмын ерөнхий ойлголт***

Эх дэлхий маань царцдас, манти, цөм гэсэн дотоод бүтэцтэй. Дэлхийг бүрэлдүүлж буй бодисууд үүссэн цагаасаа эхлэн ялгарлын явцад хүнд жинтэй элементүүд нь дэлхийн төв рүү чиглэсэн бол харьцангуй хөнгөн жинтэй элементүүд нь хүндийнхээ жингээр ялгаран давхаргуудыг бий болгожээ. Өөрөөр хэлбэл хайлмал буюу хагас хайлмал байдалтай хүнд элементүүд эргэн тойрныхоо хөнгөн элементүүдээс ялгаран хүндийн хүчний нөлөөгөөр дэлхийн төв рүү очжээ. Ийм замаар дэлхий үүсч бий болсон эхний 1 тэрбум жилийн дотор дэлхийн цөм үүссэн гэж үздэг. Түүнээс хөнгөн элементүүд гадагшаа ялгарч манти, царцдасыг бүрдүүлжээ.

Царцдас: Мантийн дээд хэсэгт байрлах бөгөөд зузаан нь 7-10 км (далай тэнгист), эх газарт 40-80 км үргэлжилдэг байна. Дэлхийн царцдас ба түүний дэвсгэр үеийг хамтад нь литосфер хэмээн нэрлэжээ. Эрдэмтэд литосферийн зузааныг дунджаар 100 км гэж тооцоолжээ. Дээр дурьдсан дэлхийн царцдасын зузааныг литосферийн дундаж зузаанаас хасвал дэвсгэр үеийн зузаан далайн плитийн дор дунджаар 90-95 км эх газрын плит дундажаар 65 км хэлбэлзэж байна. Далайн царцдас нь нимгэн 10км (6.5 км) харьцангуй жигд стратиграфитай офиолти зүсэлт. Их газрын царцдас зузаан 20-90 км найрлага нь жигд бус байдаг.

Дэлхийн хамгийн гадна талын хатуу бөгөөд хэврэг бүрхүүлийг дэлхийн царцдас гэнэ. Царцдас хэмээн нэрлэх саналыг XIX зуунд Австралийн геологич Э.Зюсс гаргажээ. Энэ үг нь дэлхийн гадна талын хатуу бүрхүүлийг царцаж үүссэн гэж хэлж буй гарал үүслийн агуулгагүй бөгөөд зөвхөн оросоор Земляя кораь англиар Earth crust гэсэн нэр томъёо юм. Царцдас нь дээд мантиас Мохын заагаар тусгаарлагдах ба эх газарт дээрээс доош тунамал чулуун, гранитан ба базальтан гэж томъёолсон физик шинж чанараараа тэдгээр чулуулагтай холбоотой үеээс тогтоно. Царцдас нь дундлаг найрлагатай ажээ.

Дээд манти: Газар хөдлөл, галт уул дэлбэрэлт, атираат уулс үүсэх ба өргөн уудам талбайг хамарсан бамбай, кратон тэдгээрийн идэвхжилтийн учир шалтгаан бүгд дээд мантийтай холбоотой. Үүнийг дагаад дэлхийн царцдаст үүсэж байгаа ашигт малтмалын хуримтлалын зүй тогтол хүртэл энд нуугдаж байгаа юм. Дээд манти нь Мохын заагаас доош 900-1000 км хүртэл үргэлжилнэ. Түүний хэмжээнд дээрээс доош царцдасын дэвсгэр үе, астеносфер, шилжилтийн бүс гэсэн үеүүдээс тогтоно. Дэлхийн нийт эзлэхүүний 70%-ийг эзэлдэг, нийт зузаан 2,890 км. Манти болон цөмийн зааг даралт ~140 ГПа (1.4 Матм), температур 500°C-900°C (932°F-1,652°F) хооронд хэлбэлзэх ба манти, гадаад цөмийн зааг дээр 4,000°C (7,200°F) хүрдэг.

Доод манти: Уян налархай төлөвт байдаг төлөв байдалд байгаа астеносферээс бусад мантийн хэсэг хатуу талсжсан төлөвт оршдог. Төмрийн агуулга дээд мантад, доод мантиас бага байна. Ялангуяа доод мантад бодис өндөр даралтанд оршдог учир тэнд дээд манти ба дэлхийн царцдас байгаа чулуулаг физик-химийн бүтцийн хувьд фазын өөрчлөлтөд ордог гэж таамаглаж байна.

Доод мантийг физик шинж чанараар нь Д ба Д” гэж 2 хуваадна. Д үе бол дунджаар 2700 км-ийн зааг хүртэл үргэлжилэх бөгөөд энэ зайд сейсмийн долгионы дагуу ба хөндлөн долгионы хурд аажмаар дээд цэгтээ хүртэл өсч байгаа нь доод манти нь гүн рүүгээ даралт нягт нэмэгддэгийг илэрхийлнэ.

Гадаад цөм: Дотоод цөмийн дээд хэсэгт байрладаг. Түүний зузаан нь 2555 км, гадаад цөм нь голчлон төмөр, никель, бага хэмжээгээр бусад химийн элементийг агуулна.

Цөм: Цөм нь 3460 км орчим зузаан, энэ үе нь нягт ихтэй, хүнд, төмөр, никель зэрэг элементүүдээс тогтох ба хүхэр, хүчилтөрөгч зэрэг хөнгөн элементүүд ч холилдоно. Температур, даралт хамгийн өндөр 50000°C халуун,  $3,5 \cdot 10^6$  км/см<sup>2</sup>.

Дэлхийн дотоод бүтэц:



Зураг 1. Дэлхийн дотоод бүтцийг харуулсан зураг

Магм бол дэлхийн царцдасын хайлмал материал юм. Өөрөөр хэлбэл дээд маантид эсвэл дэлхийн царцдаст тодорхой, даралт, температурт үүсэх флюид-силикат хайлш бөгөөд найрлаганд нь цахиур ба хүчилтөрөгч, дэгдэмхий нэгдлүүд агуулагдана. Шингэн-силикат хайлш нь хөрөх үедээ дэгдэмхий нэгдлүүдээ алддаг, бөгөөд нүүрстөрөгчийн дутуу исэл болон устөрөгч нь хамгийн түрүүнд хайлмагаас усыг амархан салгаж, хуурай магм үүсэхэд нөлөөлдөг байна. Хамгийн их тархалттай нь шингэн-силикат хайлш бөгөөд түүний 90-97%-ийг бүрдүүлэгч нь дэгдэмхий бус гол петроген ислүүд ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) юм. Бүх магмын чулуулаг өндөр температурт үүсэж, температур буурах үед талсждаг. Магм-өтгөн, зунгаг гэсэн грек үгнээс гаралтай. Магм гэдэг нь дэлхийн гүнд өндөр даралт, өндөр температурын орчин нөхцөлд үүсэж бий болсон силикатын нийлмэл найрлагатай халуун хайлмал бодис юм. Чулуулаг даралт, температур, найрлагын тодорхой нөхцөлд буюу эвтектик цэгт хүрч хайлалтад ороход магм үүснэ.

### Халуун хайлмаг магмын үүсэл хөгжил:

Литосферийн гүнд үүссэн халуун хайлмаг магм нь литосферийн гүнд болон гадаргуу дээр гарч царцах үзэгдлийг магматизм, үүсэх чулуулгийг нь магмын чулуулаг гэнэ. Магм гэдэг нь литосферийн ихээхэн гүнд өндөр, даралт температурын орчин нөхцөлд үүсэж бий болсон силикатын найрлагатай халуун хайлмал бодис юм. Магм хөдөлгөөнд орж литосферийн гүний хагарлаар дамжин дээш хөөрөхийг нэвчилт гэнэ. Магматизмыг хаана явагдаж байгаагаас шалтгаалан эффузив магматизм, интрузив магматизм гэж

ангилна. Интрузив биетийг плутон гэж заримдаа нэрлэдэг. Энэ хоёр төрлийн үзэгдэл явагдах онцлог үр дагавар, бүтээгдэхүүн нь харилцан адилгүй байдаг боловч аль аль нь халуун хайлмаг магм царцахад явагдана. Тектоник-магмын процессын үр дүнд газрын гүнд хэсэг хэсэгхэн орон зайг эзлэн үүсдэг халуун хайлмаг магмыг бүхэлд нь ионжсон, молекулжсан, металлууд болон металл бус элементүүдийг янз бүрийн хэмжээгээр уусгасан, нийлмэл бүтэц, бүрдвэртэй хайлмаг уусмал гэж үздэг.

Халуун хайлмаг магмын үүсэл:

-Халуун цэгт дэлхийн гүнээс зөөгдөнө

-Плитүүдийн холдох заагт конвекцийн урсгалаар зөөгдөх ба парциал хайлалтаар үүснэ

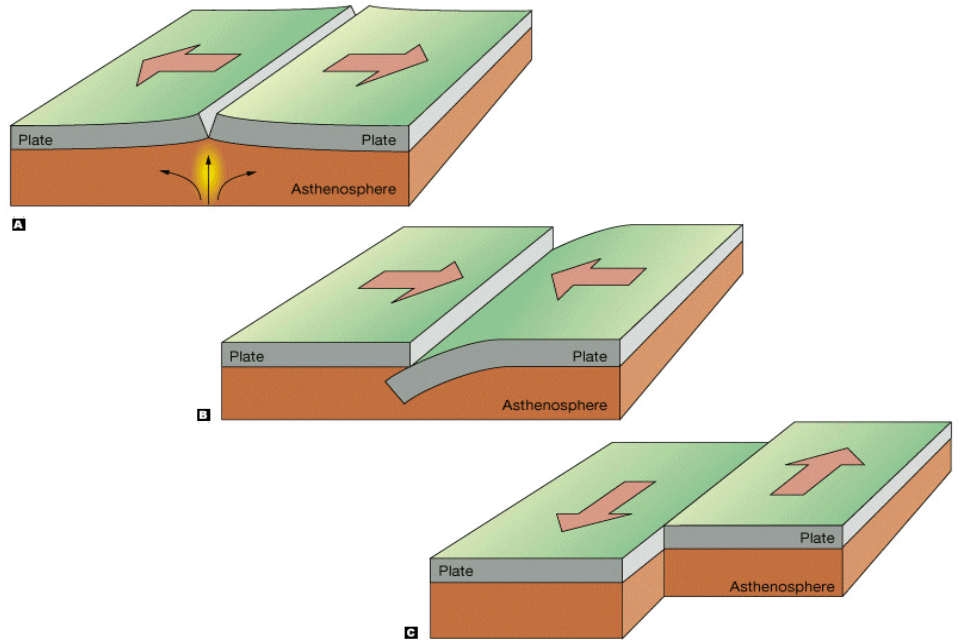
-Плитүүдийн шургалтаар чулуулаг үрэлтийн нөлөөгөөр үүссэн дулааны энерги нь тэр хэсгийн чулуулгийг хайлуулах замаар үүснэ.

Плитийн зах

А. Дивергент

В. Конвергент

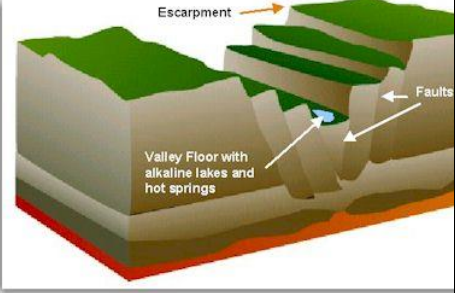

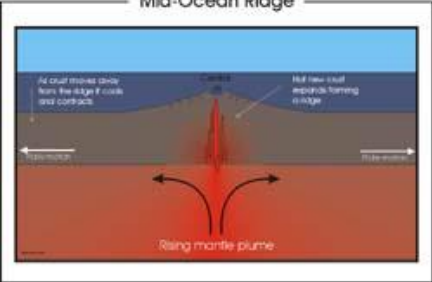
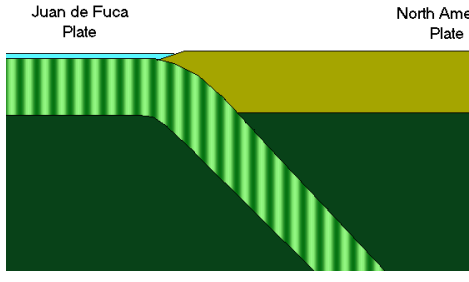
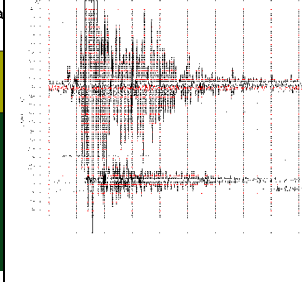
С. Трансформ



Зураг 2.

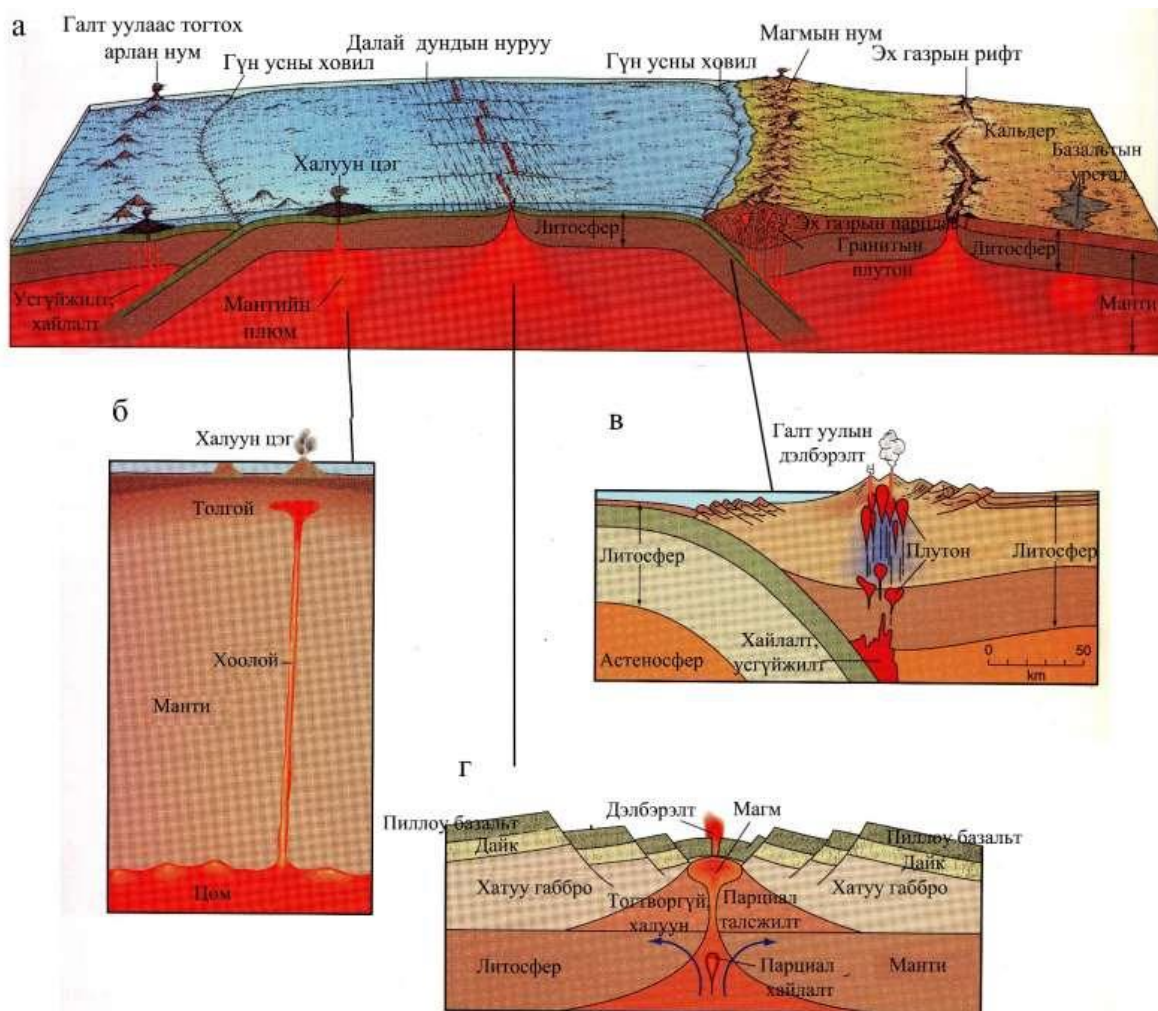
Дивергент	Конвергент	Трансформ
Эх газрын рифтийн хотгор	эх газрын плитууд /уулын нурууд	Плитууд хоорондоо шилждэг



		<p>Даралт үүснэ</p>
<p>Далайн царцдас/далайн голч нуруудын царцдасын дивергент</p> 	<p>Далай+ далайн плитууд Эсвэл далайн+ эх газрын субдукц</p> 	<p>Даралтын нөлөөнд /газар хөдлөлт</p> 

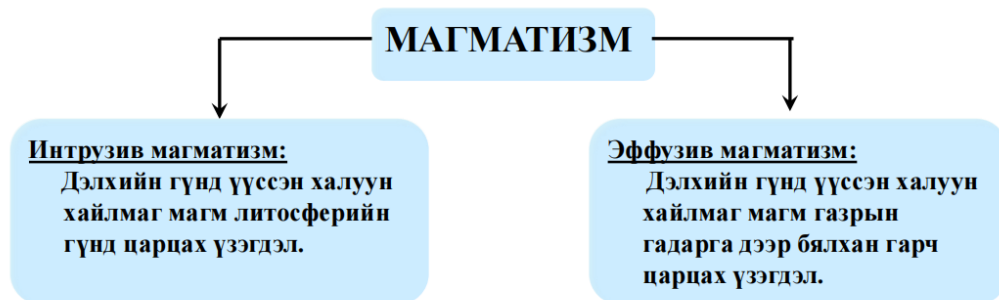
Магмын чулуулаг, тэдгээрийн үүсэх плит тектоникийн нөхцөл

1. Далайн голч нурууд
2. Эх газрын дундын рифт
3. Арлан нум
4. Эх газрын идэвхтэй зах
5. Арлан арын хотгор
6. Далайн арлын базальтууд
7. Плит доторх идэвхжил



Зураг 3. Магматизмын үүсэл хөгжил ба тэдгээрийн байршилүүд

Магм хөдөлгөөнд орж литосферийн дотор үүссэн гүний хагарлаар дамжин дээш хөөрөхийг нэвчилт гэнэ. Нэвчсэн магмын нэг хэсэг газрын гадаргад бялхан гарч царцан эффузив магмын чулуулгийг үүсгэх ба нөгөө хэсэг тодорхой гүнд царцан интрузив магмын чулуулаг үүснэ. Ингэж магматизм хоёр хэсэг болно.



Энэ 2 төрлийн процесс явагдах онцлог, үр дагавар, бүтээгдэхүүн харилцан адилгүй байна. Химийн найрлага ойролцоо байна.



Магмын голомт бүрэн царцан талсжих нь хэдэн сая жилээс хэдэн арван сая жил үргэлжилнэ. Энэ хугацаанд халуун уусмал дэгдэмхий нэгдэл агуулагч чулуулгийн ан цаваар дээш нэвтэрч ашигт малтмалын орд үүсдэг. Магм гадаргуу руу хөөрөх замдаа агуулагч чулуулагтаа үйлчилж уусгах хайлуулах замаар найрлагаа өөрчилнө. Үүнийг ассимляци гэнэ. Үүний нэг гэрч бол ксенолит үүсэх явдал юм.

Эффузив магматизм:

Магм газрын гадарга дээр бялхан гарч бага даралт, бага температурын нөхцөлд богино хугацаанд хөрч талсжих үзэгдлийг эффузив магматизм, үүсэх чулуулгийг нь эффузив

буюу галт уулын чулуулаг гэнэ. Газрын гадаргууд гарч хий дэгдэмхий бодисоо алдсан магмыг лаав гэнэ.

## ИНТРУЗИВ МАГМАТИЗМ

Интрузив биетийг агуулагч чулуулагтай харьцаж байгаа байдлаар нь

### Нийцлэг Конкордант

(Агуулагч тунамал, вулкан, хувирмал чулуулаг нь өөрчлөгдөөгүй, анхныхаа байрлал, дүр төрхийг хадгалж нэвтэрсэн интрузив биет)

### Үл нийцлэг Дискордант

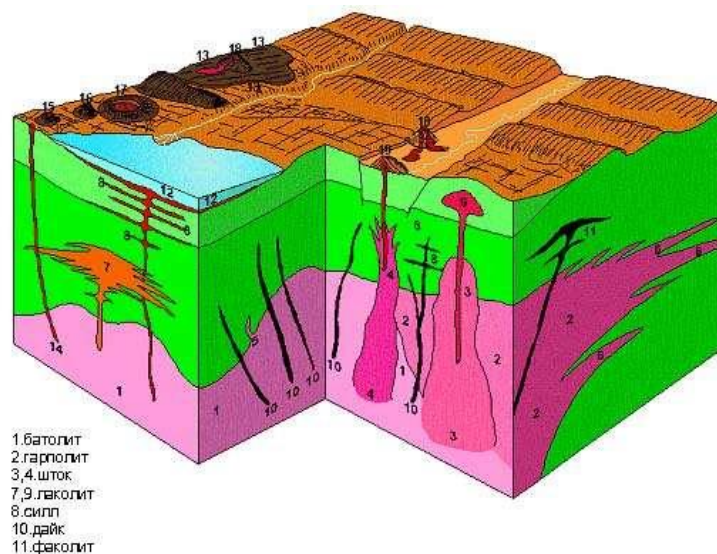
(интрузив биетийг үүсгэгч магм агуулагч чулуулгийг эвдэх, байрлалыг өөрчлөн уусгах, агуулагч чулуулгийн үе давхаргын хэлбэрийг өөрчлөн зүсэж тогтсон интрузив биет)

Нийцлэг интрузив биет: -Силл

- Лакколит
- Лополит
- Факолит

Үл нийцлэг интрузив биет:

- Шток
- Батолит
- Дайк
- Судал



Лакколит : бага гүнд царцсан, мөөг хэлбэртэй тогтоц юм. Лакколитын

доод ул тал нь бараг тэгш хавтгай, дээд тал нь гүдгэр, ёроол, дээвэр нь агуулагч чулуулгийнхаа үе давхаргатай нийцлэг байна.

Зураг 4.



Лополит нь лакколитийн эсрэг дүрс буюу аяга хэлбэртэй тогтоц болно. Атирааны төв буюу оройн хэсэгт үүсэх жижиг интрузив биеүдийг Факолит гэж нэрлэнэ. Магм чулуулгийн үеүдийн хоорондуур нэвтрэн орсон биетийг силл гэнэ.

Батолит-(100 кв, км – ээс их) эзэлсэн чулуулгийн үе давхаргыг зүсэж гарч ирсэн асар том тогтоц, гол төлөв атираат уул нуруудын тэнхлэг төв хэсэгт тархсан байна.

Шток–батолитоос бага, тодорхой хэлбэргүй, голдуу сунаж тогтсон интрузив биет юм. Интрузив чулуулгийн биет нь тунамал, галт уулын бялхмал ба хувирмал чулуулгийн үе давхарга дотор янз бүрийн хэлбэртэй байдаг. Эдгээрийг агуулагч чулуулаг гэнэ.

### **Магмын найрлагын өөрчлөлтүүд: *Анхдагч магмын найрлагыг өөрчлөх явцууд:***

Суурилаг болон анхдагч найрлагатай анхдагч магм дээд мантид хэсэгчилсэн хайлалтаар үүсдэг. Ийм магм өөрийн эх үүсвэрээс ялгаран дээшээ хөөрөх замд болон голомт дотроо ялгардаг.

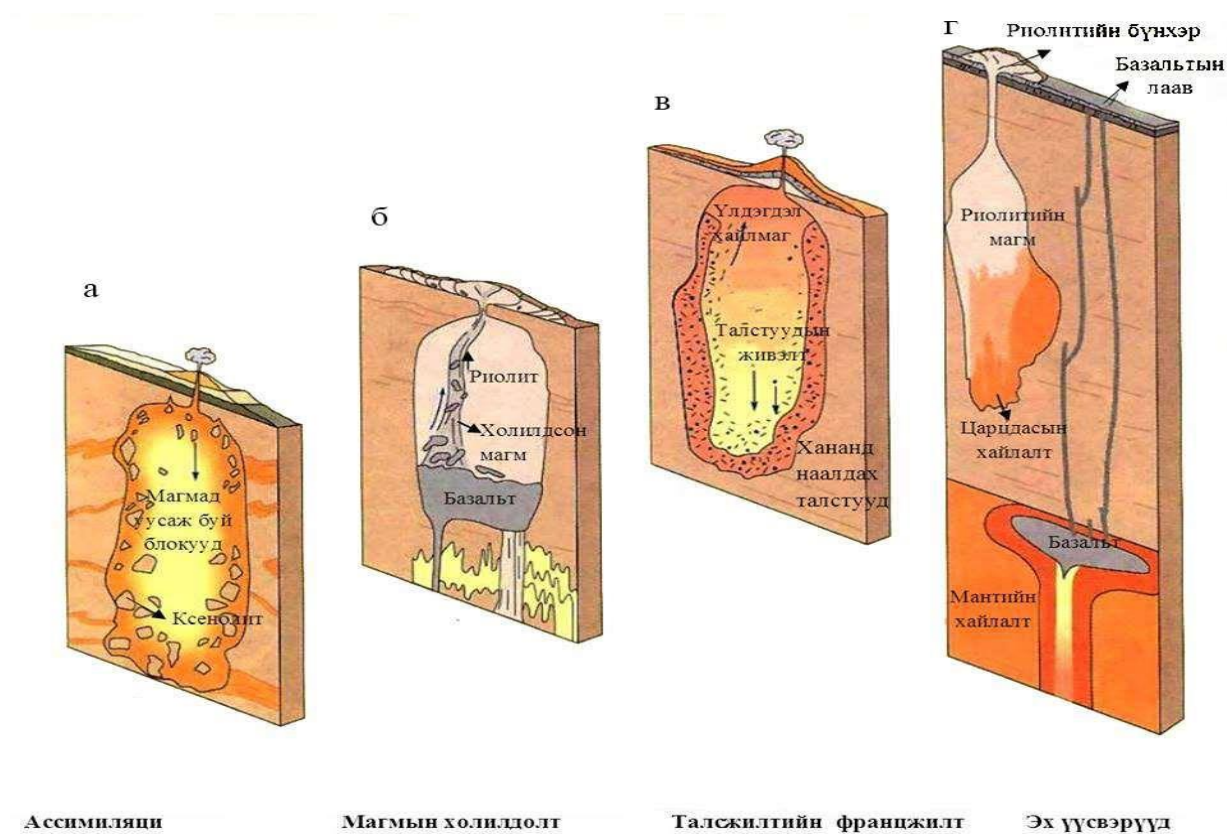
Ялгарлын гол механизмууд нь: Фракцжилт, холилдолт ба бохирдолт. Тектоникийн байршлын нөхцөлөөс хамааран магмын сегрегацийн /ялгарал ба бөөгнөрөл/ гүн нь 100 км-ээс илүү ба 50 км-ээс бага байдаг. Энэ явцад царцаж талсжина. Талсжилт эхлэх температурыг ликвидус, талсжилт дуусах температурыг солидус гэнэ. Энэ явц нь температур даралтаар хянагдана.

Дэлхийн гүнд үүссэн флюид-силикат найрлагатай халуун хайлмаг хайлшийг магм гэнэ. Гүний ба гадаргын нөхцөлд магм талсжин царцахад магмын чулуулаг үүснэ. Галт уулын оргилолтоор халин гарч байгаа магмыг лав гэдэг. Магмын найрлага нт хайлалтын эх үүсвэрээс хамаарна. Анхдагч магмын найрлага нь голомтдоо буюу царцдас бүрхүүлийн дээд хэсэгт магм шилжин тодорхой орон зай эзлэн талсжин царцахдаа ялгарлын талсжилт, янз бүрийн эх үүсвэртэй магмын холилдогт, агуулагч чулуулгаас бохирдох зэрэг процессуудын тус бүрийн ба нийлбэр нөлөөгөөр өөрчлөгддөг. Эдгээр процессууд, түүний нөлөөллийн өөрчлөлтүүд нт гол ба хольц элементүүдийн агуулга, цацраг идэвхт ба тогтвортой изотопын шинжээр тогтоогддог. Янз бүрийн чулуулаг үүсэх шалтгаан:

Янз бүрийн чулуулаг үүсэх шалтгааныг дифференциацийн процессуудаар тайлбарлана.

Дифференциац: Анхдагч нэг төрлийн магм нь янз бүрийн буюу эрс өөр найрлагатай шингэн, хатуу ба хий фракц болон ялгарах процессыг дифференциац гэдэг. Дифференциац явагдах арга замын талаар судлаачид янз бүрийн саналуудыг дэвшүүлсэн байдаг. Магмын хайлмагт ионуудын шилжих замаар явагддаг гэж үздэг.

Ассимиляц: Температур өндөр ба химийн идэвх ихтэй магм нь агуулагч чулуулгийг хайлуулах, уусгах замаар өөрийнхөөн найрлагыг өөрчлөх үзэгдлийг хэлнэ. Анхны судлаачдын нэг Боуэн уг процессын хязгаарагдмал байдлыг тогтоосон юм.



Зураг 5.

Фракцжилтын талсжилт: Талстууд ургаж үүсч үлдэгдэл хайлмагаас ялгарах явцыг фракцжилт гэнэ. Талст-шингэн фаз хоёрын ялгарлыг олон тооны механизмаар тайлбарладаг: гравитацийн фракцжилт, фильтр-прессинг /үлдэгдэл хайлмаг шавхагдаж ялгарах/ конвектив фракцжилт /дулааны ба массын хөдөлгөөнөөр/

Холилдолт: Хоёр өөр найрлагатай магм холилдох явц. Энэ явц далайн голч нурууны базальтын үүсэл дээр тодорхой ажиглагддаг.

Бохирдолт: Мантид үүссэн магм царцдасын чулуулагтай холилдох явцуудыг комтаминаз гэнэ. Манти болон царцдаст хэсэгчилсэн хайлалтаар үүссэн хайлмаг нь магмын голомтод холилдох, магмын голомтын доор, дээр болон ханын чулуулагтай холилдох явц юм. Магм доторх агуулж байгаа чулуулгийн блок бүтнээрээ хайлах явцыг ассимляц гэнэ.

Хэсэгчилсэн хайлалт: Хэсэгчилсэн хайлалт, анатексис гэсэн нэр томъёогоор тодорхой хэмжээний хайлалт үүсэх явцыг тодорхойлно. Хоёр төрлийн хайлалтыг ялгадаг тэнцвэрт ба фракцжилтын. Тэнцвэрт хайлалтаар бий болсон хайлмаг хайлаагүй талслаг үлдэгдэлтэй урвалд орж хайлсан газраас ялгарах хүртэл тэнцвэрийн хадгалдаг бөгөөд энэ нөхцөлд системийн найрлага өөрчлөгдөхгүй. Фракцжилтын хайлалтаар бий болсон хайлмаг системээс шууд ялгарч хайлаагүй үлдэгдэлтэй урвалд орохгүй бөгөөд системийн найрлага байнга өөрчлөгдөнө.

Магм үүсэл:

Магмын үүсэл, хөгжилд мантид хэсэгчилсэн хайлалт явагдах, хайлалтаар бий болсон хайлмагийн дээш хөөрөх, голомтод болон замд ялгарах, талсжих зэрэг явцууд орно. Хэсэгчилсэн хайлалт нь мантид явагддаг тул мантийн найрлагын талаар ойлголттой байх шаардлагатай.

Мантийн найрлагыг хоёр замаар төсөөлж болдог.

1. Дээд мантийн хайлалтаар үүссэн гэж үздэг эх газрын базальтын судалгаагаар
  2. Мантиас гаралтай гэж төсөөлж байгаа хэт суурилаг чулуулгийн судалгаагаар
- Нэмэлт мэдээллийг сейсмийн болон солирын судалгаагаар олдог.

Базальтын магта геологийн урт удаан цаг хугацаанд үүсч газрын гадарга дээр бялхаж байсан бөгөөд өөрөөр хэлбэл эртний болон орчин үеийн базальт нь химийн найрлагаараа ижил. Иймээс мантийн материалаас хэсэгчилсэн хайлалтаар базальтын магм үүсэх боломжтой бөгөөд геологийн урт удаан цаг хугацаанд мантийн найрлага ба хэсэгчилсэн хайлалтын явц мэдэгдэхүйц өөрчлөгдөөгүй гэж үзэж болно.

Мантийн гарал үүсэлтэй гэж төсөөлдөг хэт суурилаг чулуулаг нь тектоникийн үүсэлтэй массив байдлаар болон эх газрын ба далайн плит доторх үүсэлтэй кимберлит ба шүлтлэг базальтад ксенолит байдлаар тохиолдоно.

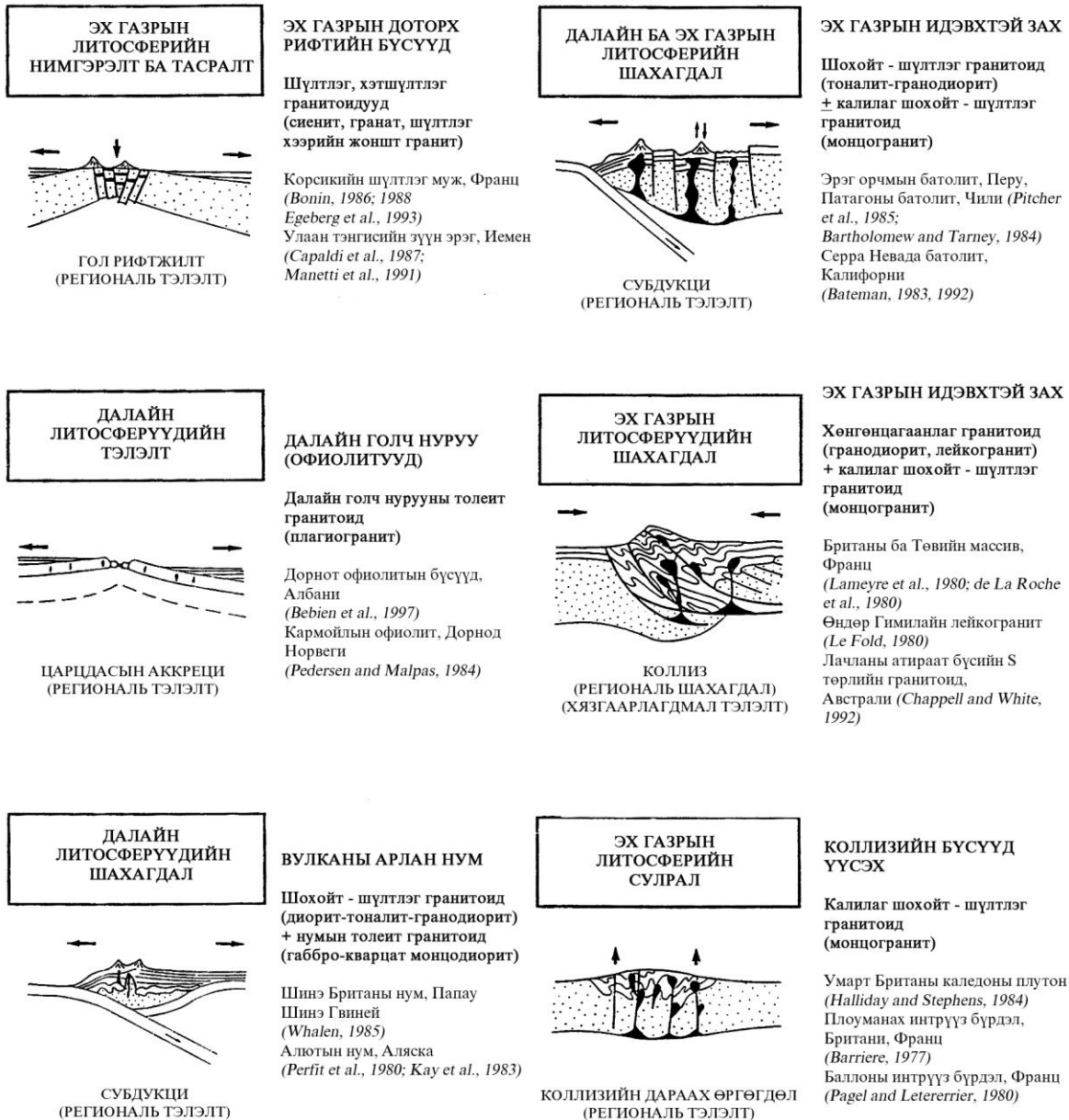
Хэрэв хэсэгчилсэн хайлалт нь геологийн цаг хугацааны туршид байсан бол дээд манти нь гетероген байх ёстой бөгөөд баяжигдсан ба шавхагдсан лерцолит болон хайлалтанд илүү тэсвэртэй гарцбургит ба дунитээс тогтсон байна.

### **Гранитоид магматизмын тухай орчин үеийн шинжлэх ухааны ойлголт (Оролмаа нар., 2011)**

Гранитоидын төрлүүд ба геодинамикийн нөхцлийн хоорондох нарийн уялдаа харьцааг үзүүлэхэд Вильсоны (Wilson, 1966) циклийн үе шатыг хэрэглэх нь илүү тохиромжтой байдгийг судлаачид тогтоожээ. Энэ бүдүүвчинд гранитоидын тодорхой төрлүүд нь царцдасын хөгжлийн зохих үе шатуудад үүсдэгийг плит тектоникийн онол дээр үндэслэн боловсруулж үзүүлжээ (Зураг 6). Уг бүдүүвчинд үзүүлсэн литосферийн хөгжлийн геодинамикийн үе шатуудтай дээрх аргаар төрөлжигдсэн гранитоидууд хэрхэн холбогдож байдаг талаарх Б.Барбарин (1999) дараах тайлбарыг өгсөн байдаг.

*1. Эх газрын тэлэлт ба рифт үүсэл.* Энэ нь элэгдэлд орсон эх газрын царцдас тасарч тэлэх ямар нэг үйл ажиллагаанд автагдсанаас шалтгаалж үүснэ. Дээд маантийн халалтаас болж царцдас нимгэрч хагаран, бутарсан бүсэд томоохон грабен бүтэц үүсч, тэдгээрийг даган шүлтлэг магматизм идэвхжиж хэт шүлтлэг, шүлтлэг гранитоид /PAG/ үүсгэх нөхцөл бүрддэг байна. Өөрөөр хэлбэл, эдгээр нь эх газрын ба мөн далайн царцдасын тэлэлттэй холбоотой үүсдэг. Энэ төрлийн гранитоид нь эх газрын рифтийн бүстэй эвшсэн байх нь элбэг тохиолдол юм. Ийм төрлийн гранитоидын тархсан муж нь тухайн нутгийн геологи-тектоникийн хөгжлийн тухай зарим нэг чухал мэдээллийг агуулж байдаг онцлогтой нь тогтоогджээ.





Зураг 6. Янз бүрийн гранитоидуудын төрөл Вильсон циклийн үе шатуудтай эвших байдал. Зураг дээр гранитоидын биетүүдийг хараар тодруулсан байна.

2. Далайн голч нуруу. ДГН-ны толеит гранитоид нь голдуу плагиогранит байх ба далайн царцдас дотор тархсан байдаг. Далайн голч нурууны дор маантиас үүссэн толеитийн их хэмжээний маагм хуримтлагддаг байна. Рифтийн толеит гранитоидууд тэр маагмын маш богинохон хугацааны фракцжилтаас үүсдэг гэж үздэг. Ийм гранит идэвхтэй далайн голч нуруунд плагиогранитын дэл байдалтай тааралддаг. Нийт

офиолитийн илэрлийн 2%-аас илүүгүйг нь плагиогранитын дэл эзлэдэг байна. Энэ гранит голдуу “шитэт дайк”-ийн дор оршдог байршлын онцлогтой ажээ.

3. *Субдукци ба вулканы нум.* Далайн литосферийн 2 плит мөргөлдөхөд зааг дээр нь вулканик нум үүснэ. Вулканы нумын голлох шинж бүхий плутон чулуулаг нь шохойт-шүлтлэг диорит-тоналит-гранодиоритын эгнээний (амфиболт шохойт-шүлтлэг гранитоидын төрөл-ACG) интрүүзүүд байх ба багахан хэмжээгээр нумын гаралтай толеит габбро-кварцат болон монцодиоритын (ATG-нумын толеит гранитоид) эгнээний чулуулгууд оролцдог. Тэдгээрийн ихээхэн хэмжээний үлдэцүүд шохойт-шүлтлэг болон толеит базальт, заримдаа андезитаас бүрдэх вулканоген зузаалгийн дотор тархсан байдаг. Номхон далайн арлан нумуудын хэмжээнд амфиболт шохойт-шүлтлэг гранитоидын төрөл элбэг, харин нумын амфиболт толеит гранитоид-ATG багахан тааралддаг ба тэдгээр нь голдуу вулканисттай эвшсэн, комагмын холбоотой гипабиссаль интрүүзүүд байдаг. Нумын толеитын зарим нь маантийн гаралтай байх боловч ихэнхдээ фракцийн ялгарлаар үүсдэг бөгөөд харин амфиболт шохойт-шүлтлэг гранитоидууд нь магмын холигдлоос үүссэн байх магадлалтай юм. Нумын амфиболт толеит гранитоид дан ганц магмынх байж чадахгүй бөгөөд тэд субдукцийн бүсийн вулканик нумын шинэ царцдас үүсэхэд оролцдог. Субдукцийн бүс дээр үүссэн вулканы нум ба эх газрын идэвхтэй зах 2-т шинж бүхий өвөрмөц төрлийн гранитоид байдаг ба энэ нь Архейн трондъемит-тоналит-гранодиорит (TTG) болон тэдгээрийн шинчлэгдсэн хувилбар - *адакаит гранитоид* юм. Тэдгээр нь *субдукцлагдсан далайн царцдасын хайлалтаас үүсдэг* маантийн шаантагийн дээр оршдог натри ихтэй гранитоид юм. Энэ гранитоид хэдийгээр ACG ба ATG-ийн нилээд шинжийг агуулдаг боловч, зөвхөн далайн царцдасаас үүсдэг нь тогтоогджээ.

4. *Субдукци ба эх газрын идэвхтэй зах.* Далайн ба эх газрын плитүүд нийлж мөргөлдөхөд голдуу кали багатай кальци ихтэй шохойт-шүлтлэг тоналит ба гранодиорит үүсдэг (ACG). Тэдгээрийн томоохон батолит болон хэдэн зуун плутонууд эх газрын захын дагуу олон зуун километр үргэлжилсэн уул нуруудыг үүсгэнэ. Субдукцийн бүс дээрх амфиболт шохойт-шүлтлэг гранитоидын батолитууд зөвхөн элэгдэлд ихээр орж үлдэц болсон андезитийн вулканы томоохон байгууламжуудтай газарт илэрсэн байдаг.

Эх газрын идэвхтэй захаар амфиболт шохойт-шүлтлэг гранитоид давамгайлахаас гадна мөн бусад төрлийн гранитоидууд бас тааралддаг. Эх газрын

царцдас хагарч, салж байгаа грабен (trench) маягийн бүтцийг дагаж амфиболт толеит гранитоид мөн тархсан байна. Эх газрын талруу амфиболт шохойт-шүлтлэг гранитоидаас калилаг шохойт-шүлтлэг гранитоидын төрөлд, мөн арын нумын сав газартай эвшсэн шүлтлэг, хэт шүлтлэг гранитоидууд үүсэх зэрэг латериал шилжилт ажиглагддаг. Ихээхэн өөрчлөлт хэлбэлзэл бүхий найрлагатай гранитоидууд нь бүслүүрлэг тархалттай байх, ACG давамгайлж грабен маягийн бүтцийг дагаж тархсан байх, ATG ба PAG мөн багахан хэмжээгээр оролцсон байх зэрэг нь эх газрын идэвхтэй захын өвөрмөц шинж нь юм.

Субдукцийн бүсийн дагуу шахах ба тэлэх хүчин ижил үйлчилж байдаг. Шахалтын нөхцөлд маантийн шаантагаас хайлсан маагм царцдас ба дээд маантийн завсарт хуримтлагдаж тэндээ ялгаралд орох, царцдасын материалыг хайлуулж холилдох, их хэмжээний суурилаг халуун маагмтай шууд тулж үйлчлэх гэх мэт янз бүрийн үйл явцууд явагдана.

Эх газрын идэвхтэй захын жишээ бол Америкийн баруун эрэг бөгөөд тэнд төрөл бүрийн гранитоидууд Перугийн эргийн батолит ба Чилийн Патагоны батолитыг үүсгэдэг. Тэдгээр мезозойн гранитоидууд голдуу амфиболт шохойт-шүлтлэг гранитоидын төрлийнх (ACG) бөгөөд Андын эх газрын зузаан царцдас (>60 км) дээр үүсчээ. Калифорны Сьерра Невадагийн ACG-ийн батолит нь голдуу цэрдэд, бага хэмжээгээр юрад үүсчээ. 700x100 км хэмжээтэй цэрдийн батолитад 2 төрлийн бүслүүрлэг бүтэц ажиглагддаг: баруун талын габбро ба тоналитаас зүүн тийш суурилаг-хүчиллэг гранитоидад шилжиж химийн болон изотопын найрлагын өөрчлөлтийн региональ бүслүүржилт үүссэн байдаг. Зүүн чигт калийн ба стронцийн агуулга өсч,  $\epsilon_{Nd}$ -ийн хэмжээ багасч, шохойт-шүлтлэг гранитын эх үүсвэр нь зузаан царцдас дотор оршиж байсан, эсвэл, түүний гарал үүсэлд царцдасын материал илүү ихээр оролцсоныг илэрхийлдэг. Эх газрын идэвхтэй захад тархсан зарим гранитоидын төрөл (кордилерийн ACG) бүслүүрлэг бүтэцтэй байдаг ба тэдгээрийн эх үүсвэр нь маантийн болон царцдасын гаралтай бүрдвэрүүдийн оролцоотой холимог (гомоген) шинжтэй байна.

*5. Эх газрын литосферүүдийн хоорондох коллиз.* Энэ явцын улмаас эх газрын царцдасын хайлалт явагдаж хөнгөнцагаанлаг гранитоидууд (MPG, CPG) үүсэх ба калилаг шохойт-шүлтлэг гранитоид (KCG) мөн оролцдог. Эдгээр нь тогтворжсон бүсийн хэмжээнд өргөн тархалттай ба орон зайн ямар нэг тодорхой зүй тогтолгүй тархалттай

байна. Мусковитот хөнгөнцагаанлаг гранитоидууд эх газрын зузаан царцдасын доторх томоохон тохорлын болон бутарлын бүсээр хэрчигдсэн хэсэгийг дагаж тархсан байдаг бол кордиеритот гранитоид нь бага зузаантай, өргөн тархалттай локкалит биет юм уу өндөр зэрэглэлээр метаморфжсон чулуулгийн дотор локаль байршилтай цагирган плутоныг үүсгэнэ. Эдгээр төрлийн гранитоидууд нь орогенезийн оргил үетэй эвшдэг бол калилаг шохойт-шүлтлэг гранитоидыг төгөгсгөлийн фазд үүсдэг гэж үздэг. Эх газрын идэвхтэй захад шахалтын тектоникийн нөхцөлд үүсэх маагм зөвхөн бутарлын бүс юм уу локаль суларлын бүсээр нэвтэрч ирнэ. Шахагдалын бүсийн идэвхшилт нэг талаас ар араасаа үргэлжилсэн шахагдал болон царцдасын хэсэгүүдийн өргөгдлөөр, нөгөө талаас хөнгөнцагаанлаг гранитоид ба KCG–ын аль нэг нь үүссэнээр илэрнэ. Хэрэв KCG их хэмжээгээр давамгайлсан байвал шахагдалын геодинамикийн явц эцэсдээ орж төгсгөл болж байгааг харуулдаг. KCG ерөнхийдөө хөнгөнцагаанлаг гранитоидтой ижил настай байж болох боловч орогений дараах чулуулаг болдог гэж Lameyre et al.,(1980, 1982) үзжээ.

Дээр дурьдсан 3 төрлийн гранитоид баруун Европын Герциний бүсд тархсан Британы ба Төв францын массивуудыг үүсгэнэ. Тэнд MPG хөндлөн тохрол маягийн эвдэрлийн бүсийг дагаж байршсан байх ба CPG нь томоохон лаколит юм уу анатектик бүрдлийг үүсгэнэ. Тэдгээр нь голдуу калийн хээрийн жоншийн порфир шигтгээт калийгаар баялаг гранит байх ба зарим хэсэгтээ магнигаар баяжсан байдаг (жишээ нь, Маргеридын плутон). Зүүн-Өмнөд Австрали дахь Лачлан хагарлын бүсд асар том хэмжээний кордиеритот хөнгөнцагаанлаг гранитоидын биетүүд байдаг ба түнийг S төрлийн гранитоид гэж үздэг. Гималайн өндөрлөгт Төвдийн гол тохирлын бүсд үүссэн мусковитот төрөл тархсан байдаг (Le Fort, 1981, 1987). Дээр дурьдсан коллизийн 3 бүсд хоорондоо нилээд ялгаатай 2 төрлийн хөнгөнцагаанлаг гранитоид тархжээ. Энэ нь тэдгээр коллизийн үйл явцын нас (каледон, герц, альп) болон төрөлийн хамаарлыг зааж байгаа юм биш, харин интрузив биетүүд ороген бүсдэх эх газрын коллизийн бүтцийн чухам аль төвшинтэй нь эвшиж үүсэх боломжийг илтгэж байгаа юм. Гималайд дээд төвшинд бүрэлдсэн мусковитот төрлийн гранитоидын интрузивүүд, Британы Төв массивийн гранитоид дунд төвшинд, харин Лачлан бүсд доод буюу гүний төвшинд үүссэн гранитоидууд илэрсэн тул дан кордиеритот төрөл давамгайлж байна гэж үзэж болно.



*6. Коллизийн дараах өргөгдөл.* Коллизийн дараа элэгдэл үргэлжлэн явагдах ба тэр үед эх газрын өргөгдөл явагдана. Энд калилаг шохойт-шүлтлэг гранитоидууд (KCG) давамгайлж үүсдэг. Тэдгээр шигтгээлэг гранитоидууд калийн хээрийн жоншийн феноталстуудыг агуулсан байдаг онцлогтой. Тэдгээр нь ороген бүсийн хэмжээнд өргөн тархсан байх ба орогенийн үеийн гранитоидыг зүссэн заагтай байна. Ийм төрлийн гранитоид мөн арын нумын сав газарт шүлтлэг, хэт шүлтлэг төрлийн гранитоидтай эвшил үүсгэнэ. Мөн тэд эртний кратон дахь региональ тэлэлттэй газрыг илтгэн харуулдаг. Жишээ: ийм төрлийн (KCG) гранитоидын томоохон плутонууд Умарт Британы арлуудыг хамаарсан каледоны бүсд, Баруун Европын герцийн бүсд элбэг тааралддаг байна. Калилаг гранитоидууд шүлтлэг ба хэт шүлтлэг гранитоидтай эвшиж Баруун Африкийн кратоны зүүн зах, Сахарын цөлд цагирган бүрдлийг үүсгэх ба тэдгээр нь Панафрикийн ороген магматизмын хожуу шатыг илэрхийлнэ. Калилаг шохойт-шүлтлэг гранитоидууд хааяа эх газрын плитийн шахалтаас тэлэлтэд шилжих үед үүссэн байдаг нь тогтоогджээ. Ийм төрлийн гранитоид геодинамик нөхцлийн өөрчлөлтийг илтгэгч нь болдог байна.

*7. Эрозийн төгсгөл ба шинэ циклийн эхлэл.* Дээр бичигдсэн 6 үе шатны хөгжил явагдаж дууссаны дараа газрын царцдас энэ дараалалатай үйл явцад дахин ороход бэлэн болсон байна.

Гранитоидын төрлүүд ба тэдгээрийн үүсч бүрэлдэхэд нөлөөлсөн геодинамик нөхцлийн хоорондох уялдаа холбооны талаар дээр өгүүлсэнийг товчлон дүгнэвэл:

- Хөнгөнцагаанлаг гранитоидууд (CPG, MPG) гол төлөв литосферийн 2 царцдасын шахагдалтын улмаас үүссэн эх газрын царцдасын зузаарах явцтай холбоотой байдаг. Кордиеритот гранитоид нь уулархаг бүсийн дагуу тархсан байдаг бол мусковитот гранитоид нь зузаан царцдасыг зүссэн хөндлөн суларлын болон тохорлын бүсийг дагаж тархсан байдаг (Barbarin, 1996).

-Шохойт-шүлтлэг ба толеитот гранитоидууд (ACG, ATG) янз бүрийн субдукцийн бүсд тархсан байна. Амфиболт шохойт-шүлтлэг гранитоид (ACG) нь андезит давамгайлсан хөгжил бүхий вулканы нумтай эвшинэ. Амфиболт толеит гранит (ATG), мөн хааяа ACG эх газрын идэвхтэй зах ба түүнээс салбарласан бүтцийг дагасан байршилтай томоохон батолитыг үүсгэнэ. Их хэмжээний андезитын вулканыуд батолитын орой хэсэгт оршиж байх нь олонтоо тохиолддог. Байгаль дээр ихэнх субдукцийн бүсүүд ACG-давамгайлсан эвшилтэй байдаг.

-Голч нурууны толеитлог гранитоидууд болох RTG төрөл нь далайн царцдасын тэлэлттэй холбоотой байдаг бол шүлтлэг, хэтшүлтлэг гранитууд сиенитүүд (PAG) эх газрын бүнхэр (купол) бүтэц, рифттэй холбоотой байна.

-К ихтэй шохойт-шүлтлэг гранит ба гранодиоритууд (KCG) янз бүрийн геодинамикийн нөхцөлд үүсдэг. Тэдгээр нь өвөрмөц геодинамикийн нөхцөлд үүсдэг гранитоидуудыг бодвол олон янзын горимыг илэрхийлнэ. Тэдгээр нь коллиз, шахалт, тэлэлт гэх мэт үйл явцуудын оргил үе суларч байгаа мөчүүдэд үүсдэг ба (Lameyre, 1988; Bonin) мөн эх газрын коллизитэй холбоотой ороген бүсүүдэд давамгайлж коллизийн төгсгөлийн мөчлөгт голдуу үүснэ.

Энэ ангилалын зарчмаар найдвартай сайн төрөлжүүлэгдсэн гранитоидын тодорхой төрлүүд нь газрын царцдасын хөгжлийн дээр өгүүлсэн циклийн үе шат бүрийн геодинамикийн орчин нөхцлийг илэрхийлэгч нь болж чадна гэж зохиогч (Barbarin, 1999) дүгнэжээ. Гранитоидын голлох төрлүүд янз бүрийн геодинамик нөхцөлтэй газруудад тархсан байх нь тохиолдлынх биш бөгөөд тэдгээр нь хоорондоо нилээд цэгцтэй хамааралтай байдаг. Ихэнхи геодинамик нөхцөл ганц төрлийн гранитоидоор биш, хэд хэдэн төрлийн эвслээр тодорхойлогддог бөгөөд тэд заримдаа нилээд сайн тодорсон бүслүүрлэг тархалттай байгаа нь тогтоогддог байна.

Гранитоид нь ихэнх тохиолдолд тухайн газар нутгийн геологийн хөгжил, геодинамикийн нөхцөл, хувьсал, өөрчлөлтийг бодит байдалд ойртуулан тогтооход ихээхэн нэмэгдэл мэдээлэлийг өгч чаддаг учраас түүнийг “*геодинамикийн хувьсал өөрчлөлтийн үзүүлэлт*” гэж ихэнх петрологууд үздэг ажээ. Иймээс уг гранитоид нь **зөв төрөлжигдсэн ба нас нь үнэн тогтоогдсон байх** явдал нэн тэргүүний, анхаарах ёстой чухал асуудал байдаг. Нэг бүсд орших 2 ижилхэн төрөл өөр өөр настай байх нь элбэг байдаг тохиолдол бөгөөд тэдгээрийг газрын гүнд орших маагмын нэг голомтоос үүссэн, маагм нь уг бүсийн янз бүрийн хөгжлийн цаг үед өөрчлөлтгүйгээр оршин тогтнож байсан гэж үзэх боломжгүй юм. Үүнийг харин уг бүсийн хэмжээнд хоорондоо зайтай оршиж байсан янз бүрийн хэсгүүдэд хамаатай геодинамикийн нөхцөлөөс шалтгаалсан гэж үзвэл зохимжтой байдаг (Wilson, 1966; Barbarin, 1999). Гранитоидын төрөлжүүлэлтээр ажиллах үед бас нэг анхаарах чухал асуудал бол гранитоидын төрлүүдийг дангаар нь биш харин тэдгээрийг тодорхой структуртэй эвшсэн байдалд нь авч үзэх хэрэгтэйг анхааравал зохино. Зарчмын хувьд петрологийн, структурийн, геодинамикийн хавсарсан судалгааг явуулж чадсанаар тодорхой төрлийн

гранитоидууд геодинамикийн ямар орчин нөхцөлд захирагдаж байгааг найдвартай тогтоох боломжийг бүрдүүлэх болно. Өөрөөр хэлбэл, гранитоидын төрөл ба геодинамикийн орчин нөхцөл тодорхой цаг үе, орон зайтай нөхцөлдөж байдаг тул сайтар судлагдсан гранитоидын төрөл бүр геодинамикийн зохицсон нөхцөлийг илэрхийлэх бүрэн боломжтой (Barbarin, 1999) болно.

### ***Гранитоид магматизмын судалгааны арга аргачлал***

Сүүлийн жилүүдэд манай орны магмын чулуулгийн судалгаанд тэдгээрийн бодисын найрлага, геологийн цаг хугацаа, үүсч бүрэлдсэн геодинамик нөхцөлийг найдвартай тогтоох нь нэн тэргүүний асуудал гэдэгт ихээхэн анхаарч судалгааг хийж байна.

Энэ чиглэлээр дэлхийн геологийн шинжлэх ухааны судалгааны дагуу өргөн хэрэглэгдэж байгаа дэвшилтэт арга барилуудад доорх судалгааны аргууд хэрэглэгдэх нь зүйтэй байна.

- 1) Бодисын найрлагын зүй тогтлыг тодорхойлохын тулд ICP-OES (Perkin Elmer Optima 2000DV) болон Q-ICP-MS (Agilent 7500CE) индукцийн холбоотой плазмын масс спектрометр багажуудаар хийх
- 2) Чулуулгийн магмын эх үүсвэр болон үүсэн бүрэлдсэн геодинамик орчныг сэргээн босгохын тулд цацраг идэвхт изотопын (Rb-Sr, Sm-Nd, U-Pb) масс спектрометрийн (TIMS; Finnigan MAT261) багаж төхөөрөмжүүдээр хийх
- 3) Чулуулгийн үнэмлэхүй насны асуудлыг цирконы уран-хартугалганы (U-Pb) изотопын шинжилгээний аргаар LA-ICP-MS болон SRHIMP багажууд ашиглах

Эдгээр арга аргачлалыг хэрэглэснээр тодорхой гранитоид бүрдлүүд болон бүс нутгийн хэмжээний магматизмын хөгжлийн зүйн талаарх олон асуудлыг тодруулах нөхцөл бүрдэж байгаа юм. Түүнчлэн дэлхий нийтэд өргөн хэрэглэж байгаа гранитоид чулуулгийг төрөлжүүлэн ангилах зарчим судалгаанд тууштай нэвтэрч, түүний үүсэл хөгжлийг плейт-тектоникийн онолын үүднээс тайлбарлах оролдлогууд хийгдсээр байна.

### **Гранитоид магматизмын судалгааны ач холбогдол**

Монгол орны олон үе шатны гранитоид магматизмын петрографи-минералоги, петрологи-геохими, изотоп, геохронологийн дэвшилтэт судалгааг хийж, тэдгээрийн бодисын найрлага, гүний эх үүсвэрийнх нь угшил, үүссэн цаг хугацаа, үүсч бүрэлдсэн орчин нөхцөлийн онцлогийг тогтоож, геодинамик хөгжлийн загварыг шинээр боловсруулсан шинэлэг мэдээлэл бий болгосноор Төв Азийн атираат бүсийн

геологийн хөгжлийн түүхийг сэргээн босгоход чухал хувь нэмэр оруулах шинжлэх ухааны ач холбогдол оршино. Монгол орны олон үе шатанд явагдсан гранитоид магматизмын дэвшилтэд судалгааг хийснээр тэдгээртэй орон зай, гарал үүслийн холбоотой ашигт малтмалын хүдэржилтийн төрлийг тодруулах, ашигт малтмалын эрдсийн хуримтлал бүхий талбайг илрүүлэх, нарийвчилсан эрлийн ажлыг хийх, ашигт малтмалын хэтийн төлөв бүхий хүдрийн бүс, сав газрын хэмжээнд геологийн зураглал, ерөнхий эрлийн ажил хийхэд үнэтэй хувь нэмэр оруулах юм.

Үүнээс гадна гранитоид магматизмын судалгааны үр дүн нь Монгол орны төдийгүй Төв Азийн хэмжээнд гранитоид магматизмын өвөрмөц шинж төрх, геологийн тогтцуудыг агуулдаг тул тэдгээрт тулгуурлан геологийн сургалт-судалгааны сонгодог эталон талбайг илрүүлж дүн шинжилгээ хийх, мэдээлэл бий болгох, тэдгээрт суурилсан судалгааны ажлыг сурталчлах, аялал жуулчлалыг хөгжүүлэх, улмаар дэд бүтцийн хөгжлийн төлөвлөлтөд суурь болж өгөх практик ач холбогдолтой юм.



## ХЭВЛҮҮЛСЭН БҮТЭЭЛИЙН ЖАГСААЛТ

### НЭГ СЭДЭВТ БҮТЭЭЛ:

1. **Баасансүрэн С.** 2020. “Их-Уул орчмын Тэлмэн бүрдлийн гранитоид чулуулгийн петрографи, геохимийн онцлог (Тарвагатайн өргөгдөл)”сэдвээр магистрын зэрэг горилсон нэг сэдэвт бүтээл, **удирдагч доктор Н. Тунгалаг**
2. **Батжаргал Н.** 2021. “Тарвагатайн блокийн Шинэ-Идэр орчмын геологи ба метаморф чулуулгийн геохими” сэдвээр магистрын зэрэг горилсон нэг сэдэвт бүтээл, **удирдагч доктор Н. Тунгалаг**
3. **Оюунчимэг Ц.** 2020. “Онолын геохими”, Улаанбаатар. ISBN 9919232394

### ОЛОН УЛСЫН МЭРГЭЖЛИЙН СЭТГҮҮЛД ХЭВЛҮҮЛСЭН ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ӨГҮҮЛЭЛ:

4. **Tungalag, N.**, Ganbat, B., Baasansuren, S., Orgil, G., Enkhhtsatsral, D., & Batmunkh, M. 2023. The Paleozoic Granitic Rocks from the Telmen Complex in the Tarvagatai Block, Central Mongolia: Petrogenesis, U-Pb geochronology, and its tectonic implications. *Mongolian Geoscientist*, 28 (56), <https://doi.org/10.5564/mgs.v28i56.2427>
5. Savatenkova V. M., Kozlovsky A. M., Yarmolyuk V. V., Rudnev S. N. and **Oyunchimeg. Ts.** 2020. Pb and Nd Isotopic Data on Granitoids from the Lake Zone, Mongolian and Gobi Altai with Implications for the Crustal Growth of the Central Asian Orogenic Belt. *Petrology*, 2020, Vol. 28, No. 5, pp. 451-467. ISSN 0869-5911,
6. Ярмолюк В.В., Козловский А.М., Травин А.В., Кирнозова Т.И., Фугзан М.М., Козаков И.К., Плоткина Ю.В., **Ээнжин Г., Оюунчимэг Ц., Свиридова О.Е.** 2019. Длительность формирования и геодинамическая природа гигантских батолитов Центральной Азии: данные геологических и геохронологических исследований Хангайского батолита // Стратиграфия. Геологическая корреляция. Т. 27. № 1. С. 79–102.

### ҮНДЭСНИЙ МЭРГЭЖЛИЙН СЭТГҮҮЛД ХЭВЛҮҮЛСЭН ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ӨГҮҮЛЭЛ:

7. **Баасансүрэн С., Тунгалаг Н., Гэндэнжамц Б., Батсүх Ж., Батжаргал Н.** 2020 Их-уул орчмын Тэлмэн бүрдлийн гранитоидын петрографи, геохимийн онцлог. Хайгуулчин 62, х. 75-84.
8. А.А. Ярмолюк., **Ц.Оюунчимэг.**, А.М.Козловский., А.В.Травин, И.К.Козаков., Г.Ээнжин., **Б.Баасансүрэн**, 2020. Хангайн батолитын үүссэн үе шат ба геологи, геохронологийн асуудалд, Хайгуулчин 62, х.44-54.

9. **Батжаргал Н., Тунгалаг Н., Санчир Д., Ганбат Б., Гомбодорж Б., Мөнхсүрэн Б.** 2021. “Тарвагатайн блокийн Шинэ-Идэр орчмын геологийн тогтоц, тэдгээрийн петро-геохими” Хайгуулчин 63, х.102-119
10. **Одбаяр О., Тунгалаг Н., Б. Ганбат, Баасансүрэн С, Гомбодорж Б., Батжаргал Н.** 2021. “Зост-Уулын Мо-Cu-Re-ын ордын хүдэржилт агуулагч гранитоидын петрографи, геохимийн судалгаа” Хайгуулчин 63, х 120-132
11. **Гомбодорж Б., Тунгалаг Н., Оргил Г., Баасансүрэн С., Ганбат Б.** “Тарвагатайн блокийн хожуу палеозой ба түрүү мезозойн гранитоид чулуулгийн геохими ба геохронологи” Хүрэлтогоот-2021 сэтгүүлд
12. **Narmandakh Ch., Odbayar O., Tulga A., Baasansuren S.** 2019. Some results of mineralogical and petrological analysis of the Naranbulag deposit. Геологи, №34, х. 195-201.

#### **ОЛОН УЛСЫН МЭРГЭЖЛИЙН СЭТГҮҮЛД ХЭВЛҮҮЛСЭН ХУРААНГУЙ:**

13. **Tungalag Naidansuren, Ganbat Bayaraa, Sanchir Dorjgochoo, Oyunchimeg Tserentsegmid, Orgil Gansukh, Gombodorj Batsukh,** 2022, Geochemistry and geochronology of Telmen granitic complex in the Tarbagatai Block, Central Mongolia, “Goldschmidt 2022” эрдэм шинжилгээний хурлын эмхэтгэл. <https://doi.org/10.46427/gold2022.10433>
14. **Tungalag Naidansuren,** Oyunchimeg Tserentsegmid, Ganbat Bayaraa, Orgil Gansukh, Gombodorj Batsukh, 2022, “Geochronology and geochemistry of early Mesozoic granitic rocks of Ikh-uul area, Tarbagatai block in the Central Mongolia” сэдэвт аман илтгэлийг ОХУ-ын ШУА-ийн Сибирийн салбарын (Эрхүү) Дэлхийн царцдас судлалын хүрээлэнгээс зохион байгуулсан «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса: от океана к континенту» сэдэвт ОУ-ын эрдэм шинжилгээний хурлын эмхэтгэлд
15. Хертек Айлан Кымзай-ооловна, Козловский Александр Михайлович, **Баасансүрэн Сухбат, Оюунчимэг Цэрэнцэгмид.** 2019. Геохимические и Nd-изотопные характеристики силурийских надсубдукционных офиолитов Юга Заалтайской Гоби, Монголия.

#### **ҮНДЭСНИЙ МЭРГЭЖЛИЙН СЭТГҮҮЛД ХЭВЛҮҮЛСЭН ХУРААНГУЙ:**

16. **Гомбрдорж Б., Санчир Д., Тунгалаг Н.** 2022. “Ёлтын даваа болон Мухар-Уул орчмын метаморф чулуулгийн петрографи, геохимийн онцлог (Тарвагатайн блок)”, Геологийн асуудлууд, дугаар 21, №01(574), х.136.
17. **Оргил Г., Тунгалаг,** 2022. “Тарвагатайн өргөгдлийн Цохиотын-ам орчмын гранитоид чулуулгийн геохими ба геохронологи”, дугаар 21, №01(574), х.138.
18. **Энхцацрал Д., Тунгалаг Н.,** 2022. “Тарвагатайн блокийн мөстийн дүүргийн геологи, геохими”, дугаар 21, №01(574), х.134-135.

## **ОЛОН УЛСЫН ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ХУРЛУУДАД ХЭЛЭЛЦҮҮЛСЭН ИЛТГЭЛ**

19. Tungalag Naidansuren, Ganbat Bayaraa, Sanchir Dorjgochoo, Oyunchimeg Tserentsegmid, Orgil Gansukh, Gombodorj Batsukh, 2022, Geochemistry and geochronology of Telmen granitic complex in the Tarbagatai Block, Central Mongolia, “Goldschmidt 2022” эрдэм шинжилгээний хурлын эмхэтгэл. <https://doi.org/10.46427/gold2022.10433>
20. Batmunkh M, Tungalag N., 2022. “Geological and Geochemical characteristics of the Khojuul-Gol district in the Tarvagatai block (Central Mongolia)”, “ОХУ ба Монгол Улс: Шинжлэх Ухааны хамтын ажиллагааны үр дүн, хэтийн төлөв” сэдэвт эрдэм шинжилгээний хуралд
21. **Tungalag Naidansuren**, Oyunchimeg Tserentsegmid, Ganbat Bayaraa, Orgil Gansukh, Gombodorj Batsukh, 2022, “Geochronology and geochemistry of early Mesozoic granitic rocks of Ikh-uul area, Tarbagatai block in the Central Mongolia” сэдэвт аман илтгэлийг ОХУ-ын ШУА-ийн Сибирийн салбарын (Эрхүү) Дэлхийн царцдас судлалын хүрээлэнгээс зохион байгуулсан «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса: от океана к континенту» сэдэвт ОУ-ын эрдэм шинжилгээний хуралд

## **ҮНДЭСНИЙ ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ХУРЛУУДАД ХЭЛЭЛЦҮҮЛСЭН ИЛТГЭЛ**

22. **Н.Тунгалаг**, С. Баасансүрэн, Б. Ганбат, Д. Санчир, Б. Гомбодорж, Б. Оргил. 2021. “Тарвагатайн өргөгдлийн геологийн тогтоц гранитоид чулуулгийн геохимийн шинэ үр дүн” сэдвээр лекц
23. **Тунгалаг Н.**, Ганбат Б., Оргил Г. 2022. “Тарвагатайн өргөгдлийн Тэлмэн гранитоид бүрдлийн геохими ба геохронологи” Монголын Геологи, хайгуул-2022” XII чуулга уулзалтанд
24. **Баасансүрэн С.** 2020. “Тэлмэн бүрдлийн гранитоидын петрографи, геохимийн онцлог” “Залуу судлаач-2020” эрдэм шинжилгээний хуралд.
25. **Б. Гомбодорж.** 2021. Загалын нуруу орчмын метаморф чулуулгийн петрографи, геохимийн онцлог (Тарвагатайн блок), “Залуу судлаач-2021” эрдэм шинжилгээний хуралд.
26. **Н. Батжаргал.** 2021. “Тарвагатайн блокийн Шинэ-Идэр орчмын метаморф болон гранитоид чулуулгийн петро-геохими”, “Залуу судлаач-2021” эрдэм шинжилгээний хуралд.
27. **Гомбодорж Б.**, Оргил Г., Тунгалаг Н. 2022. “Жаргалант орчмын геологи, метаморф чулуулгийн петро-геохими (Тарвагатайн блок)”, “Монголын Геологи, хайгуул-2022” XII чуулга уулзалтанд
28. **Гомбрдорж Б.** 2022. “Ёлтын даваа болон Мухар-Уул орчмын метаморф чулуулгийн петрографи, геохимийн онцлог (Тарвагатайн блок)”

29. **Оргил Г.** 2022. “Тарвагатайн өргөгдлийн Цохиотын-ам орчмын гранитоид чулуулгийн геохими ба геохронологи”
30. **Энхцацрал Д.** 2022. “Тарвагатайн блокийн мөстийн дүүргийн геологи, геохими”
- Семинар**
31. **Одбаяр О.** 11/09/2020. “Зост уулын Mo-Cu-Re”-ийн ордын гранитоидын петрографи ба геохимийн судалгаа” Геологийн хүрээлэн, Улаанбаатар /Аман илтгэл/
32. **Тунгалаг Н.** 27/09/2020. “Занггуанцай өргөгдлийн түрүү палеозойн магмын чулуулгийн геохронологи ба геохимийн судалгаа” семинар
33. **Санчир Д.,** 20/09/2020. “Төв Монголын эртний массивууд: Тарвагатайн өргөгдөл”, Геологийн хүрээлэн, аман илтгэл
34. **Баасансүрэн С.** 2020. “Тэлмэн бүрдлийн гранитоидын петрографи, геохимийн онцлог” аман илтгэл

#### **СУУРЬ СУДАЛГААНЫ ТӨСЛИЙН АЖЛЫН ХҮРЭЭНД:**

- ✓ Бидний “Залуу судлаач-2022” эрдэм шинжилгээний бага хуралд хэлэлцүүлсэн “Ёлтын даваа болон Мухар-Уул орчмын метаморф чулуулгийн петрографи, геохимийн онцлог (Тарвагатайн блок)” сэдэвт илтгэл / ЭШДада Б. Гомбодорж/ нь тэргүүн байр эзэлж салбарын залуу судлаачдын эрдэм мэдлэгийг дээшлүүлэх, хийж бүтээж буй судалгааны ажлаа олон нийтэд таниулах, харилцан туршлага солилцох, улмаар шинжлэх ухаан-үйлдвэрлэлийг хамтран хөгжүүлэхэд тус нэмэр оруулсан
- ✓ МҮГХолбооноос зохион байгуулдаг “Round-up-2022” үйлдвэрлэл-эрдэм шинжилгээ хосолсон хуралд хэлэлцүүлсэн “Загалын нуруу орчмын геологи, метаморф чулуулгийн петро-геохими (Тарвагатайн блок)” сэдэвт судалгааны ажил нь шилдэг илтгэлээр шалгарч 1-р байр эзлэн амжилттай байсан.
- ✓ МУИС-ШУС-ийн ГГ-ийн тэнхимд ЭШДада С. Баасансүрэн “Их-Уул орчмын Тэлмэн бүрдлийн гранитоид чулуулгийн петрографи, геохимийн онцлог (Тарвагатайн өргөгдөл)” сэдвээр, ЭШДада Н. Батжаргалын “Шинэ-Идэр орчмын геологи ба метаморф чулуулгийн петро-геохими” сэдвээр магистрын зэрэг горилсон нэг сэдэвт ажлаа тус тус амжилттай хамгаалсан ба залуу боловсон хүчнийг сургах, судалгаа шинжилгээний арга аргачлалд хувь нэмэр оруулсан.
- ✓ ШУТИС-ийн ГУУС-ийн докторант О. Одбаяр “Тарвагатайн өргөгдлийн Зост уулын Mo-Cu-Re-ын ордын хүдэржилт агуулагч гранитоидын петрографи, геохими ба геохронологи” сэдэвт докторын судалгааны ажлыг гүйцэтгэж байна. Удирдагч, доктор Н. Тунгалаг.



## АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

Ганц сэдэвт бүтээл болон эрдэм шинжилгээний өгүүлэлүүд:

- Altai (SW Mongolia): tectonic position, geochronology and correlation with igneous activity of the Central Asian Orogenic Belt // *J. Asian Earth Sci.* 2015. V. 113. P. 524–541.
- Anisimova, I., Kozakav, I.K., Yarmalyuk, V.V., 2009. Age, sources, and geological position of anorthosites of Precambrian terranes of Central Asia: Example from the Khunzhilingol Massif, Mongolia. *Doklady Earth Sciences* 428.
- Badarch Brian F. Windley, Dmitriy Alexeiev, Wenjiao Xiao, Alfred Kröner and Gombosuren 2007. Tectonic models for accretion of the Central Asian Orogenic Belt
- Badarch, G., Cunningham, W.D., Windley, B.F., 2002. A new terrane subdivision for Mongolia: implications for the Phanerozoic crustal growth of Central Asia. *J. Asian Earth Sci.* 21:87–110.
- Bold, U., Yukio, I., Shogo, A., Shudei, S., Akira, I., Yusuke, S., Hikaru, S. 2019. Precambrian basement, provenance implication, and tectonic evolution of the Gargan block of the Tuv-Mongolia terranes, Central Asian Orogenic Belt. *Gondwana Research*.75
- Buslov, M.M., Watanabe, T., Fujiwara, Y., Iwata, K., Smirnova, L.V., Safonova, I.Yu., Late Paleozoic faults of the Altai region, Central Asia: tectonic pattern and model of formation
- Cox J.C. Ross S.A. & Rubinstein M. (1979) Option pricing: A simplified approach. *Journal of Financial Economics* 7:229–263.
- Demoux, A., Kroner, A., Badarch, G., Jian, P., Tomurkhuu, D., 2009. Zircon ages from the baydrag block and the bayankhongor ophiolite zone: Time constraints on late neoproterozoic to cambrian subduction- and accretion-related magmatism in central Mongolia. *Journal of Geology* 117.
- Dergunov A.B., Kovalenko V.V., Ruzhentsev S.V., Yarmolyuk V.V. Tectonics, Magmatism, and Metallogeny of Mongolia. London and New York: Routledge, Taylor and Francis Group, 2001. 288 p.
- Didenko, A.B., Kovalenko, V.I., Ruzhentsev, S.V., Samygin, S.G., Geodynamic of the Central-Asian Paleozoic oceans.

- Eby, G.N, 1992. Chemical subdivision of the A-type granitoids: Petrogenetic and tectonic implications: *Geology*. vol. 20, p. 641–644.
- Irvine T.N. & Baragar W.R.A. 1971. A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences* 8.
- Jahn B.M., Litvinovsky B.A., Zanzvilevich A.N., Reichow M. Alkaline granitoid magmatism in the Mongolian-Transbaikalian Belt: evolution, petrogenesis and tectonic significance // *Lithos*. 2009. V. 113. P. 521–539.
- Jiaqi Ling, Pengfei Li, Chao Yuan, Min Sun, Yunying Zhang, Tserendash Narantsetseg, Xiangsong Wang 2021. Ordovician to Devonian granitic pluton in the Hangay Range8 Central Mongolia: Petrogenesis and insights into the Paleozoic tectonic evolution of the westernmost Mongol-Okhotsk Orogen
- Khain E. V. et al. 2002. The most ancient ophiolite of the 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.
- Kovach, V. P, Sal’nikova E. B, Rytsk, E.Yu, (2012) The time length of formation of the Angara–Vitim Batholith: results of U–Pb geochronological studies, *Dokl. Earth Sci.* vol. 444, p. 553–558.
- Kozakov, I.K., Kozlovsky, A.M., Yarmolyuk, V.V., Kovach, V.P., Bibikova, E.V., (2011) Crystalline complexes of the Tarbagatai block of the Early Caledonian superterrane of Central Asia. *Petrology* 19.
- Kröner A. Kovach, V.P., Kozakov, I.K., Kirnozova, T.,Azimov, P., 2015. Zircon ages and Nd-Hf isotopes in UHT granulites of the Ider Complex: A cratonic terrane within the Central Asian Orogenic Belt in NW Mongolia. *Gondwana Research* 27.
- Kröner, A., Demoux, A., Zack, T., Rojas-Agramonte, Y., Jian,P., Tomurkuu,D., 2017. Granulites and Palaeoproterozoic lower crust of the Baidarik Block, Central Asian Orogenic Belt of NW Mongolia. *Journal of Asian Earth*
- Kröner, A., Kovach, V.P., . 2007. Accretionary growth and crust formation in the Central Asian Orogenic Belt and comparison with the Arabian-Nubian shield. in *Memoir of the Geological Society of America* vol. 200.

- Li J.Y et al. 2006. Permian geodynamic setting of northeast China and adjacent regions: Closure of the paleo-Asian Ocean and subduction of the paleo-Pacific plate: *Journal of Asian Earth Sciences*, v. 26:207–224
- Li J.Y, Zhang J, Yang T.N et al 2009. Crustal tectonic division and evolution of the southern part of the North Asian orogenic region and its adjacent areas: *Journal of Jilin University* 39:584–605.
- Ling-Yu Guo, S. Eisenberg, P. Schneider, L. Spencer 2019. Psychometric properties of FVMC.
- Mossakovsky A.A, Ruzhentsov S.V, Samygin S.G, Kheraskova T.N, 1993. The central Asian fold belt: geodynamic evolution and formation history: *Geotectonics*. vol. 27, p.455–473.
- Nature of Giant Batholiths in Central Asia: Evidence from the Geochemistry and Nd Isotopic Characteristics of Granitoids in the Khangai Zonal Magmatic Area: *Petrology*. vol.24, No.5, pp.468–498.
- Orolmaa, D., Erdenesaikhan G., Borisenko, A.S., Fedoseev, G.S., Babich, V.V., Jmodik, S.M., 2008. Permian-Triassic granitoid magmatism and metallogeny of the Hangayn (Central Mongolia). *Russian Geology and Geophysics*. 49, 534–544.
- 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.
- Rollinson R., 1993. *Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation*, Longman Essex, UK, pp.352
- Rudnev, S.N., 2010. Earle paleozoic Granitoid Magmatism in the Altai-Sayan Folded Area and the Lake zone in western Mongolia
- Rudnev, S.N., Izokh, A.E., Borisenko, A.S., Shelepaev, R.A., 2011 Early Paleozoic magmatism in the Bumbat-Hairhan area of the Lake Zone in western Mongolia (geological, petrochemical data)
- Rudnick R.L., Gao S. *Composition of the Continental Crust // Treatise on Geochemistry*. Elsevier. 2003. V. 3. *Composition of the Continental Crust*. P. 1–64.
- Schulmann,K., Paterson, S., 2011. *Geodynamics: Asian continental growth* Sciences 145.
- Şengör A.M.C & Natal'in B.A. 1996. Turkic-type orogeny and its role in the making of the continental crust. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 24

- 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
- Takahashi, Kyoma., Fujitani, N., Yanada, M., Maita, Y., 2000 Long-term biogenic particle fluxes in the Bering Sea and the central subarctic Pacific Ocean.
- Tao Wang., Ying Tong., He Huang., Hongrui Zhang., Lei Guo., Zhenxiang Li., Xiaoxia Wang., Bruce Eglington., Shan Li., Jianjun Zhang., Tatiana V, 2023, Granitic record of the assembly of the Asian continent.
- Tomurtogoo, O., 2014. Tectonics of northern, Central and eastern Asia. Explanatory Note to the Tectonic map of Northern-Central-Eastern Asia and Adjacent Areas at scale 1:2 500 000.
- Whalen J.B, Currie K.L, and Chappell B.W, 1987. A-type granites: Geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis: *Contributions to Mineralogy and Petrology*, vol. 95, p. 407–419
- Whalen J.B, Currie K.L, and Chappell B.W, 1987. A-type granites: Geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis: *Contributions to Mineralogy and Petrology*, vol. 95, p. 407–419.
- Wilson M.,1989. *Igneous Petrogenesis. A Global Tectonic Approach*, London, Boston, pp.466.
- Winchester J.A., Floyd P.A., 1977. Geochemical magma type discrimination; application to altered and metamorphosed basic igneous rocks// *Earth Planet.SciLett.* Vol.28, p.325-343.
- Windley B.F.Alexeiev D.Xiao W.Kröner A.& Badarch G. (2007) Tectonic models for accretion of the Central Asian Orogenic Belt. *Journal of the Geological Society* vol. 164.
- Wolf, M.B, and Wyllie, P.J, 1994. Dehydration-melting of amphibolite at 10 kbar: The effects of temperature and time: *Contributions to Mineralogy and Petrology.* vol. 115, p. 369–383.
- Xiao W. & Santosh M. 2014. The western Central Asian Orogenic Belt: A window to accretionary orogenesis and continental growth. *Gondwana Research* vol. 25 1429–1444.



- Xiao W. et al. (2004) Palaeozoic accretionary and convergent tectonics of the southern Altaids: Implications for the growth of Central Asia. *Journal of the Geological Society* 161
- Xiao W. et al. 2004. Palaeozoic accretionary and convergent tectonics of the southern Altaids: Implications for the growth of Central Asia. *Journal of the Geological Society* 161
- Xiao W.J, Windley B.F et al. (2015) A tale of amalgamation of three collage systems in the Permian-Middle Triassic in Central Asia: oroclinal sutures and terminal accretion. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 43:477–507
- Xiao W.J, Windley B.F et al. 2015. A tale of amalgamation of three collage systems in the Permian-Middle Triassic in Central Asia: oroclinal sutures and terminal accretion. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 43:477–507
- Yakubchuk, A., 2017. Evolution of the Central Asian Orogenic Supercollage since Late Neoproterozoic revised again
- Yarmolyuk, V.V, Kozlovsky, A.M, Savatenkov, V.M, Kovach, V.P, Kozakov, I.K, Kotov, A.B, Lebedev, V.I and Eenjin G, 2016. Composition, Sources, and Geodynamic.
- Yin, X., Vyn, T., 2005. Relationships of isoflavone, oil, and protein in seed with yield of soybean
- Yu X., Yang S.F., Chen H.L. et al. Permian flood basalts from the Tarim Basin, Northwest China: SHRIMP zircon U-Pb dating and geochemical characteristics // *Gondw. Res.* 2011. V. 20. P. 485–497.
- Zhang X.R., Zhao G.C (2016) Late Ordovician adakitic rocks in the Central Tianshan block, NW China: Partial melting of lower continental arc crust during backarc basin opening: *Geological Society of America Bulletin* 128:1367–1382
- Zuza, A., Yin, Jessica Lin, Ming-nan Sun (2017) Spacing and strength of active continental strike-slip faults
- Батдэлгэр Д., Хишигсүрэн С., Мягмаржав Б., Ганбаяр Б., 2015. Баруун Монгол, Хангайн нурууны хожуу палеозой, түрүү мезозойн интрузив бүрдлүүдийн геологи, геохими, геохронологи. *Геологи* №31, х9-23
- Бямбаа Б., нар 2009, Янгирт-Улааны талбайд 2004-2007 онд гүйцэтгэсэн 1:50,000-ны геологийн зураглал, ерөнхий эрэл. №5950

- Гаврилова С.П., Оролмаа Д. Пермские ассоциации вулканогенных и интрузивных пород юго-западного Хангая//Вулкано-плутонические ассоциации Центральной Монголии. 1991. Наука, С.10–72.
- Геология Монгольской Народной Республики. М.:Недра, 1973. Т. 2. 751 с.
- Д.Доржнамжаа;Р.Барсболд. Хангайн уулсын 1:500000-ын масштабын геологийн зураг. 1993; Улаанбаатар.
- Добрецов Н.Л. Раннепалеозойская тектоника и геодинамика Центральной Азии: роль раннепалеозойских мантийных плюмов // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 12. С. 1957–1973.
- Изох А.Э., Вишневский А.В., Поляков Г.В., Шелепаев Р.А. Возрастные рубежи пикритового и пикродолеритового магматизма Западной Монголии // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. С. 10–31.
- Коваленко В.И., Ярмолюк В.В., Сальникова Е.Б. и др. Источники магматических пород и происхождение раннемезозойского тектономагматического ареала Монголо-Забайкальской магматической области: Геологическая характеристика и изотопная геохронология //Петрология. 2003. Т. 11. С. 164–178.
- Ковач В.П., Сальникова Е.Б., Рыцк Е.Ю. и др. Длительность формирования Ангаро-Витимского батолита: результаты геохронологических U-Pb исследований //Докл. АН. 2012. Т. 444. С.184–189.
- Козаков И.К., Сальникова Е.Б., Ковач В.П. и др. Основные этапы развития и геодинамическая обстановка формирования Южно-Хангайского метаморфического пояса Центральной Азии // Петрология. 2015. Т. 23. № 4. С. 339–362.
- Козаков И.К., Козловский А.М., Ярмолюк В.В. и др. Кристаллические комплексы Тарбагатайского блока раннекаледонского супертеррейна Центральной Азии//Петрология. 2011. Т. 19. С. 445–464.
- Козаков И.К., Сальникова Е.Б., Ярмолюк В.В. и др. Этапы формирования континентальной коры Сонгинского блока раннекаледонского супертеррейна Центральной Азии: Геологические и геохронологические данные // Петрология. 2013. Т. 21. С. 227–246.

- Козловский А.М., Ярмолюк В.В., Саватенков В.М., Ковач В.П. Источники базальтоидного магматизма в условиях рифтогенеза на активной континентальной окраине (на примере бимодальной ассоциации хребтов Ноён и Тост позднепалеозойской Гоби-Тяньшаньской рифтовой зоны, Южная Монголия) // Петрология. 2006. Т. 14. № 4. С. 358–383.
- Козловский А.М., Ярмолюк В.В., Сальникова Е.Б. и др. Возраст бимодального и щелочно-гранитного магматизма Гоби-Тяньшаньской рифтовой зоны, хребет Тост, Южная Монголия // Петрология. 2005. Т. 13. С. 218–224.
- Козловский А.М., Ярмолюк В.В., Травин А.В. и др. Этапы и закономерности проявления позднепалеозойского анорогенного магматизма в герцинидах Южной Монголии // Докл. АН. 2012. Т. 445. № 3. С. 308–314.
- Моссаковский А.А. Орогенные структуры и вулканизм палеозойской Евразии и их место в процессе формирования континентальной земной коры. М.: Наука, 1975. 318 с.
- Оролмаа Д., Эрдэнэсайхан Г., Борисенко А.С. и др. Пермотриасовые гранитоиды и металлогения Хангая (Центральная Монголия) // Геология и геофизика. 2008. Т. 49. С. 706–720.
- Сальникова Е.Б., Яковлева С.З., Котов А.Б. и др. Кристаллогенезис циркона щелочных гранитов и особенности его U-Pb датирования (на примере Хангайского магматического ареала) // Петрология. 2014. Т. 22. С. 482–495.
- Төмөртогоо О., 2014. Монгол орны ороген мужуудын тектоник мужлал
- Төмөрчедэр Ч., Ганбаяр Г., 2013. Хүнүй -50 төслийн талбайн үнэмлэхүй насны асуудалд. Хайгуулчин №48, х.151-160
- Федорова М.Е. Геологическое положение и петрология гранитоидов Хангайского батолита. М.: Наука, 1977. 150 с.
- Цыганков А.А. Позднепалеозойские гранитоиды Западного Забайкалья: последовательность формирования, источники магм, геодинамика // Геология и геофизика. 2014. Т. 55. С. 197–227.
- Цыганков А.А., Литвиновский Б.А., Джань Б.М. и др. Последовательность магматических событий на позднепалеозойском этапе магматизма

- Забайкалья (результаты U-Pb изотопного датирования) // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. С. 1249–1276.
- Ярмолюк В.В., Будников С.В., Коваленко В.И. и др. Геохронология и геодинамическая позиция Ангаро-Витимского батолита // Петрология. 1997а. Т. 5. С. 451–466.
- Ярмолюк В.В., Коваленко В.И. Глубинная геодинамика, мантийные плюмы и их роль в формировании Центрально-Азиатского складчатого пояса // Петрология. 2003б. Т. 11. С. 556–586.
- Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Котов А.Б., Сальникова Е.Б. Ангаро-Витимский батолит: к проблеме геодинамики батолитообразования в Центрально-Азиатском складчатом поясе // Геотектоника. 1997б. № 5. С. 18–32.
- Ярмолюк В.В., Кузьмин М.И., Козловский А.М. Позднепалеозойский–раннемезозойский внутриплитный магматизм Северной Азии: траппы, рифты, батолиты-гиганты и геодинамика их формирования // Петрология. 2013в. Т. 21. С. 115–142.
- Ярмолюк В.В., Коваленко В.И. Батолиты и геодинамика батолитообразования в Центрально-Азиатском складчатом поясе // Геология и геофизика. 2003а. Т. 44. С. 1260–1274.
- Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Козаков И.К. и др. Возраст Хангайского батолита и проблема батолито-образования в Центральной Азии // Докл. АН. 2008. Т. 423. С. 92–98.
- Ярмолюк В.В., Козловский А.М., Кудряшова Е.А. и др. Рифтогенный магматизм западной части ранне-мезозойской Монголо-Забайкальской магматической области: результаты геохронологических исследований // Докл. АН. 2017а. Т. 475. С. 669–675.
- Ярмолюк В.В., Козловский А.М., Сальникова Е.Б. и др. Возраст Хангайского батолита и проблемы полихронности батолитообразования в Центральной Азии // Докл. АН. 2013а. Т. 452. С. 646–652.
- Ярмолюк В.В., Козловский А.М., Сальникова Е.Б. и др. Участие щелочно-гранитного магматизма в формировании Хангайского батолита: данные геологических и геохронологических исследований // Докл. АН. 2013б. Т. 452. С. 543–547.



## **ЗУРГИЙН ЖАГСААЛТ**

- Зураг 1. Тарвагатайн өргөгдлийн геологийн зураг, Масштаб:1:500 000. Эрдэнэчимэг нар (2017)-ын зургийг суурь болгон ашиглав.
- Зураг 2. Хээрийн судалгаа гүйцэтгэсэн талбайн байршил ба топо зураг, зураглалын 1:200000 болон 1:50000 масштабтай геологийн зураг, агаар сансрын зураг, авто замын чиглэлүүдийг ArcMap, Google earth pro, Maptiler зэрэг программууд дээр боловсруулсан байдлаас
- Зураг 3. Хээрийн судалгаагаар авагдсан дээжүүдийн байршил
- Зураг 4. Дээжүүдийг нарийвчилсан шинжилгээнд зориулан сортлон ялгаж буй явцаас
- Зураг 5. Чулуун дээжийг буталж нунтаглах боловсруулалтын ажил хийгдэж байна.
- Зураг 6. Петрографийн судалгаа гүйцэтгэж буй явц
- Зураг 7. Геохимийн судалгаанд бэлтгэгдсэн дээжүүд
- Зураг 8. Тарвагатайн өргөгдлийн Дунд-хожуу кембрийн Шинэ-Идэр бүрдлийн гранитоид магматизмын тархалтын зураг
- Зураг 9. Дунд мөхлөгтэй кварцат диорит. А) Se-серицит, Bt-биотит; B) Pl- плагиоклазын полисинтетик ихэрлэлт, Amp- амфибол, Bt-биотит, Zr-циркон Өсгөлт 100<sup>х</sup>; C) Pl-плагиоклаз, Mu-мусковит; D) Орх- пироксен, Pl-плагиоклаз, Өсгөлт 50<sup>х</sup>.
- Зураг 10. Диорит /TR-21-16-1/ Плагиоклаз ба эвэрхуурмаг давамгайлж, ховроор биотит тохиолдоно. А, В, С - порфир маягийн плагиоклаз ба ба амфибол /эвэрхуурмаг/ Өсгөлт 100<sup>х</sup>
- Зураг 11. Гранитоид чулуулгийн ангиллын диаграммууд: А) Цахиурын исэл (SiO<sub>2</sub>) ба шүлтийн нийлбэр (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) (Cox et al., 1979, Wilson, 1989); В) Цахиурын исэл (SiO<sub>2</sub>), кали исэл (K<sub>2</sub>O)-ийн хамаарлын диаграмм (Le Maitre et al., 1989). С): Хөнгөн цагааны ханалтын индексийн A/CNK- A/NK (Shand, et al., 1981), D: Чулуулгийн найрлагын хамаарлыг харуулсан AFM диаграмм
- Зураг 12. Шинэ-Идэр бүрдлийн гол элементүүдийн Харкерийн диаграмм (Harker.,1909)
- Зураг 13. Шинэ-Идэр бүрдлийн гранитоид чулуулгийн газрын ховор элементийн тархалтыг хондритод нормчилсон диаграмм (Taylor and McLennan., 1985-ийн диаграммыг ашиглав)
- Зураг 14. Тэлмэн бүрдлийн гранитоид чулуулгийн сарнимал элементийн тархалтыг анхдагч мантид нормчилсон диаграмм (Sun, McDonough et al., 1989-ийн диаграммыг ашиглав)
- Зураг 15. Гранитоидын дискриминацийн диаграмм: (Y+Nb)- Rb; Y- Nb; Yb-Ta; Nb/Yb-Th/Yb (Pearce et al., 1984)
- Зураг 16. Тэлмэн гранитоид бүрдлийн тархалтын зураг, Масштаб:1:500 000. Тарвагатайн өргөгдлийн хэмжээнд болон зэргэлдээ талбайн ижил нас бүхий гранитоид бүрдлүүдэд хийгдсэн насны

үр дүнгээс. K-Ar age dating: (1) 446 Ma and (2) 226 Ma (Federov, 1966); U-Pb zircon dating: (3) 437±7 Ma ба (8) 421±1 сая жил (Kozakov et al., 2011; Kroner et al., 2014), (4) 246±1 Ma (Yarmolyuk, 2016), (5) 268±1 Ma (Yarmolyuk, 2016), (6) 246±2, (7) 257±6 (Yarmolyuk, 2016)

Зураг 17. Тэлмэн бүрдлийн геологийн тогтоц ба гаршийн харагдах байдал

Зураг 18. Жижиг мөхлөгтэй эвэрхуурмагт диорит А). Полисинтет ихэрлэлттэй плагиоклаз. Өсгөлт 40<sup>х</sup>. В). Плагиоклаз, эвэрхуурмаг ба биотит. Өсгөлт 100<sup>х</sup>. С). Микроскопын нэг никольд: бор шаргалаас бор ногоон плеохроизмтай, ромбоэдрийн дагуух хуваагдлын зураасуудтай эвэрхуурмаг ба улаан хүрэн өнгийн биотит, апатит, титанит Өсгөлт 40<sup>х</sup>. D). Габбродиорит-плагиоклаз, пироксен, амфибол Өсгөлт 50<sup>х</sup>.

Зураг 19. Тоналит. Плагиоклаз /Pl/, Калишпат /Ksf/, Амфибол /Am/, Биотит /Bt/, Кварц /Qz/ Өсгөлт 50<sup>х</sup>. В).

Зураг 20. Гранодиоритын микрофото зураг, голлох эрдсийн бүрэлдэхүүн; Pl-плагиоклаз, Мис-микроклин, Qtz-кварц, Bt-биотит, б). Бүслүүрлэг плагиоклазыг серицит-соссюрит түрж, хэсэгчлэн цэвэрлэгдсэн байна. Өсгөлт 40<sup>х</sup>. в). Плагиоклазын төвийн хэсэг андезинд, полисинтет ихэрлэлттэй захын хэсэг олигоклазад тохирно. Өсгөлт 40<sup>х</sup>. г). Биотитыг хлорит ба мусковит түрнэ. Чулуулгийн ан цаваар мусковит ба эпидот-цоизит хөгжжээ. Өсгөлт 40<sup>х</sup>

Зураг 21. Сул катаклазжсан плагиогранит,. а). Монзонит структур. Өсгөлт 40<sup>х</sup>. б). Плагиоклазыг калишпат түрэхэд үүссэн “өт” маягийн кварц ялгаруулсан мирмекит структур ба катаклазжиж хагараад дахин кристалжсан кварцын гетерогранобласт структур. Өсгөлт 40<sup>х</sup>. в). Кварц, плагиоклаз ба сараалж бүтэцтэй микроклин. Өсгөлт 40<sup>х</sup>. г). Микроскопын нэг никольд: биотитыг хлорит түрэх ба апатит, сфен ба хүдрийн эрдэс ассоциаци үүсгэнэ. Чулуулгийн ан цаваар төмрийн услаг ислүүд ба хүдрийн эрдэс хөгжжээ. Өсгөлт 40<sup>х</sup>.

Зураг 22. Дунд мөхлөгтэй биотитот шүлтлэгдүү гранит. а ба б). Карлсбад ихэрлэлт, в) г) Kfs-калийн хээрийн жонш, Pl-плагиоклаз, г) Биотитыг даган апатит, сфен, циркон ба хүдрийн эрдэс ассоциаци үүсгэнэ. Өсгөлт 40<sup>х</sup>.

Зураг 23. Гранитоид чулуулгийн ангиллын диаграммууд: А ба В: – Цахиурын исэл (SiO<sub>2</sub>) ба шүлтийн нийлбэр (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) (Cox et al., 1979, Wilson, 1989); С: Хөнгөн цагааны ханалтын индексийн A/CNK-A/NK (Shand, et al., 1981), D. AFM диаграмм (Irvine et al., 1971).

Зураг 24. Гол элементүүдийн Харкерийн диаграмм (Harker, 1909)

Зураг 25. Тэлмэн бүрдлийн гранитоид чулуулгийн газрын ховор элементийн тархалтыг хондритод нормчилсон диаграмм (Taylor and McLennan., 1985-ийн диаграммыг ашиглав).

Зураг 26. Тэлмэн бүрдлийн гранитоид чулуулгийн сарнимал элементийн тархалтыг анхдагч мантид нормчилсон диаграмм (Sun, McDonough et al., 1989-ийн диаграммыг ашиглав )

Зураг 27. Гранитоидын дискриминацийн диаграмм: А, Б,В: Nb-Y, Rb-(Y+Nb), (Ta+Yb)-Rb (Pearce et al., 1984); В, Г: 10000 Ga/Al -FeO\*/MgO, 10000 Ga/Al - Zr (Whalen et al., 1987-ийн диаграммыг ашиглав).

Зураг 28. Тэлмэн гранитоид бүрдлийн гранодиоритын (TR-19-06) дээжийн цирконуудын катодлюминесценцийн (CL) зураг Тайлбар: алдаанууд бүгд 1σ; ба 1-4, 7-9, 11-12, 14-15, 18, 20-24 тоот цирконы дугаарын  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ -ны жингийн дундаж  $419 \pm 3$  сая жилийн нас тогтоогдов; улаан тойргон тэмдэг нь LA-ICP-MS U-Pb шинжилгээний хэмжилтийн байршлыг харуулав.

Зураг 29. Гранодиорит чулуулгийн U-Pb-ны үнэмлэхүй насны конкорд диаграмм

Зураг 30. Тарвагатайн өргөгдөлд тархалттай Тэс бүрдлийн гранитоид магматизмын тархалтын зураг

Зураг 31. Тэс бүрдлийн Цахиртын массив ба гадаргуугийн элэгдэлд орж мөлгөр гадаргуутай болсон гаршийн зураг

Зураг 32. Өндөр хадан цохио бүхий гаршийн зураг

Зураг 33. Намхавтар уулс, гүвээ толгод ба гудас дэр маягийн хэсэгшил бүхий гаршийн зураг

Зураг 34. а) Тэс бүрдлийн дунд мөхлөгтэй биотитот шүлтлэгдүү гранит. б ба с). Карлсбад ихэрлэлт, Kfs-калийн хээрийн жонш, Pl-плагиоклаз, d) биотитыг даган апатит, сфен, циркон ассоциаци үүсгэнэ. Өсгөлт 40°.

Зураг 35. А) Цахиурын исэл (SiO<sub>2</sub>) ба шүлтийн нийлбэр (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) (Middlemost 1994), В: Цахиурын исэл (SiO<sub>2</sub>), кали исэл (K<sub>2</sub>O)-ийн хамаарлын диаграмм (Rickwood 1989), С: Хөнгөн цагааны ханалтын индексийн A/CNK-A/NK диаграмм (Peccherillo et al., 1976). D. AFM диаграмм (Irvine et al., 1971).

Зураг 36.Тэс бүрдлийн гранитоид чулуулгийн гол элементүүдийн Харкерийн диаграмм (Harker, 1909)

Зураг 37. а ба б) Гранитоид чулуулгийн газрын ховор элементийн тархалтыг хондритод нормчилсон диаграмм, шинээр үнэмлэхүй нас тогтоогдсон дээжийн хамт (Taylor and McLennan., 1985), в,д) сарнимал элементийн тархалтыг анхдагч маантид нормчилсон диаграмм (Sun, McDonough et al., 1989) ба шинээр үнэмлэхүй нас тогтоогдсон дээжийн хамт

Зураг 38. Гранитоидын дискриминацийн диаграммууд: (Y+Nb)-Rb, Y-Nb, (Ta+Yb)-Rb ба Yb-Ta (Pearce et al., 1984). болон Nb/Yb-Th/Yb зэрэг элементүүдийн агуулгын хэмжээнд тулгуурлан хийгдсэн диаграмм

Зураг 39. Гранит чулуулгийн U-Pb-ны үнэмлэхүй насны конкорд диаграмм

Зураг 40. А) Гранит чулуулгийн U-Pb-ны үнэмлэхүй насны жигнэсэн дундаж насны диаграмм Б) Гранит чулуулгийн U-Pb-ны үнэмлэхүй насны тархалтын гистограмм

Зураг 41. Хангайн магмын бүсийн бүдүүвч зураг. 1 – мезо-кайнозойн хотгор; 2 – Төв Азийн атираат бүслүүрийн хожуу палеозойн атираат бүрдлийн тархалт; 3 – Хангайн батолитын гранитоид массивууд; 4 –рифтийн бүс (ГАРЗ-Говь Алтайн рифтийн бүс, СМРЗ-Умард Монголын рифтийн бүс) бимодаль вулканик эвшил бүхий шүлтлэг гранитоид; 5 – түрүү мезозойн вулканик талбай ба гранитоидын массивууд; 6 – Хангайн террейнүүд (Сон-Сонгины, Дэ-Завханы, Тар-Тарвагатайн, Хан-Хангайн); 7 – гол хагарал; 8- хүснэгт 1-ийн массивын дугаар болон нас сая жилээбаруун дээд хэсэгт Төв Азийн ороген бүсийн магмын бүсчлэлийг харуулав

Зураг 42. Тарвагатайн өргөгдөл тархсан кембрийн өмнөх чулуулгийн тархалт. Хээрийн ажиглалтын цэг болон дээжийн дугаар TR-20-01-с TR-20-71. Эх сурвалж: ESRI Base map Terrain, ArcGIS Earth.

Зураг 43. Хээрийн судалгааны ажлаар авагдсан Идэр метакомплексин чулуулгийн төрлүүд

Зураг 44. А) Төв Азийн Ороген Бүс (Şengör and Natal'in, 1996; Jahn et al., 2009). В). Монголын атираат мужийн тектоник бүсийн зураг (Төмөртоогоо, 2014; 2017). С). Шинэ-Идэр талбайн геологийн зураг. 1. Аллювийн хайрга, хайрганцар, элс, шаварлаг элс, шавар, 2. Делюви-пролювийн хайрганцар, дайрга, сайрга, элс, элсэнцэр, шавар, 3. Харгана формац. Суурилаг дундлаг найрлагатай эффузив, тэдгээрийн туф, үе мэшлээр туф, алевролит, туф элсжин, туф гравелит, туф хөрзөн, 4. Тэлмэн бүрдлийн II фазын цайвар саарал өнгийн, жигд биш ширхэгтэй биотитот гранит, плагиогранит, гранодиорит, 5. Тэлмэн бүрдлийн I фазын хар ногоон өнгийн, дунд, дунд-том ширхэгтэй габбро, габбродиорит, диорит, 6. Агьт бүрдлийн улаан өнгийн дунд-том ширхэгтэй шигтгээт талстлаг гнейслэг гранит, 7. Намиг бүрдлийн хар ногоон өнгийн жижиг-дунд ширхэгтэй гнейслэг габбро, габбро-диорит, пироксенит, 8. Идэр бүрдлийн гнейс, гарнит- гнейс, талстат занар, амфиболит, пегматит, үе мэшлээр шохойн чулуу, кварцит, 9. Хагарал, 10. Байрлалын элемент, 11. Дээжийн дугаар

Зураг 45. Шинэ-Идэр талбайн геологийн харьцааг харуулсан фото зурагууд. А, В). Идэр метаморф бүрдлийн гаршийн харагдах байдал. С). Идэр бүрдлийн(баруун талаас) баруун хойш чиглэлтэй дундлаг ба хүчиллэг дэл судлуудаар зүсэгдсэн байдал. D). гранит-гнейс болон мигматитуудад үүссэн “М” төрлийн атираажилтын төрөл.

Зураг 46. TR-20-58 дээжийн макро болон петрографийн зурагууд. А). TR-20-58 амфиболит, В). Эвэрхуурмаг биотитоор хэсэгчлэн түрэгдсэн байдал, С). Цайвар ногооноос хөх-ногоон плеохроизмтай баганалаг эвэрхуурмаг ба бор шаргалаас улаан хүрэн өнгийн биотит ба эвэрхуурмаг, биотитын ан цавшлаар хөгжсөн титанит, D). Эвэрхуурмаг ба деформацийн нөлөөгөөр муруйж тахийсан плагиоклаз. Өсгөлт 40х. (Hbl – Эвэрхуурмаг; Pl – Плагиоклаз; Bt – Биотит; Q – Кварц; Zr – циркон; Tnt – Титанит)

Зураг 47. TR-20-62 дээжийн макро болон петрографийн зурагууд. А). Гранит-гнейс макро дээж, В). Торлог бүтэцтэй микроклин, С). Эпидот, мусковит ба биотитын толболог агрегат, нэг никольд D). Биотитыг түрж өнгөгүй мусковит, эпидоит түрж, титанит, апатит, циркон ба хүдрийн эрдэс



хамт тохиолдоно. Өсгөлт 40х. (Hbl – Эвэрхуурмаг; PL – Плагиоклаз; Bt – Биотит; Mic – Микроклин; Q – Кварц; Zr – циркон; Ap – Апатит; Ep- Эпидот; Х.э – Хүдрийн эрдэс)

Зураг 48. TR-20-66 дээжийн макро болон петрографийн зурагууд. А). Гранит гнейс макро дээж, В). Микроклинээр хэсэгчлэн түрэгдсэн плагиоклаз, изометрлэг кварц ба мусковит-биотитын толболог агрегат, С). Мусковит-биотитын лепидобласт агрегаттай хамт хүдрийн эрдэс тохиолдоно, өсгөлт 40х, микроскопын нэг никольд: D). Өнгөгүй мусковит, цайвар шаргалаас улаан хүрэн плеохроизмтай биотит ба хар өнгийн хүдрийн эрдэс. Өсгөлт 40х. (PL – Плагиоклаз; Bt – Биотит; Mic – Микроклин; Mus – Мускожит; Q – Кварц; Х.э – Хүдрийн эрдэс)

Зураг 49. TR-20-64 дээжийн макро болон петрографийн зурагууд. А) Дээжийн макро зураг, В) полисинтет ихэрлэлттэй плагиоклаз ба эвэрхуурмаг, С). плагиоклаз, дахин кристалжсан кварц, эвэрхуурмаг ба биотит, D) Биотитоор түрэгдэж буй эвэрхуурмаг ба хүдрийн эрдэс. Өсгөлт 40х. (Hbl – Эвэрхуурмаг; PL – Плагиоклаз; Bt – Биотит; Q – Кварц)

Зураг 50. А). SiO<sub>2</sub> ба (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) ислийн харьцуулсан диаграмм (Cox, et al., 1979). В). Вулканоген чулуулгийн ангиллын диаграмм (Winchester and Floyd, 1977)-д Идэр бүрдлийн амфиболитийн дээжүүд шүлтлэгдүү базальтаас андезит базальтын найрлагатай байна. С). Ab-An-Or-ийн хамаарлын гурвалжин диаграмм (O'Connor, 1965). D). AFM диаграмм (Irvine and Baragar., 1971). E). SiO<sub>2</sub> ба K<sub>2</sub>O-ийн хамаарлын диаграмм (Le Maitre et al., 1989). F) Хөнгөн цагааны ханалтын индексийн A/CNK-A/NK (Chappel et al. 1974) диаграмм.

Зураг 51. ГХЭ элементийг хондритын найрлагад нормчилсон тархалтын диаграмм(Sun and McDonough, 1989).

Зураг 52. Сарнимал элементүүдийн агуулгыг анхдагч мантид нормчилсон (Sun and McDonough, 1989)

Зураг 53. Сарнимал элементийг анхдагч мантийн найрлагад нормчилсон тархалтын диаграмм (Sun and McDonough, 1989)

Зураг 54. Гранитоидын үүссэн нөхцөлийг тодорхойлох Rb – (Y+Nb) ба Nb-Y, (Ta+Yb)-Rb, Yb-Ta дискриминацийн диаграммууд (Pearce et al., 1984).

Зураг 55. А) Nb/Yb dg Th/Yb харьцуулсан диаграмм (Pearce et al. 2008) В) Nb/Yb ба TiO<sub>2</sub>/Yb харьцуулсан диаграмм (Pearce et al. 2008)

Зураг 56. А. Цэцүүхийн ам орчмын геологийн зураг болон ажиглалтын цэг болон түүний дугаар. Б. TR-20-06 гарш. Цэцүүх бригад (Их-Уул, Завхан)

Зураг 57. Дээж TR20-03 Диорит /Тоналит/, Их-Уул, Завхан. (N48.47175; E98.8890833). Өсгөлт 10х.

Зураг 58. Дээж TR20-03 Диорит /Тоналит/, Их-Уул, Завхан. (N48.47175; E98.88908333). Өсгөлт 10х.

Зураг 59. Хөнжлийн гол Нео-Архейн Идэр комплексын гарш. Хээрийн ажиглалтын цэг болон дээжийн дугаар TR-20-14.

- Зураг 60. Хөнжлийн гол Нео-Архейн Идэр комплексын гарш. Хээрийн ажиглалтын цэг болон дээжийн дугаар TR-20-14. Эх сурвалж: ESRI Base map Imagery, ArcGIS Earth.
- Зураг 61. Хөнжлийн гол Нео-Архейн Идэр комплексын гарш. Хээрийн ажиглалтын цэг болон дээжийн дугаар TR-20-24; 25
- Зураг 62. Хөнжлийн голын метаморф чулуулгийн ГХЭ-ийг хондритын найрлагад нормчилсон тархалтын диаграмм (Sun and McDonough, 1989)
- Зураг 63. Хөнжлийн голын метаморф чулуулгийн сарнимал элементийг анхдагч мантийн найрлагад нормчилсон тархалтын диаграмм (Sun and McDonough, 1989). /TR-20-33, 34 энэ судалгаа; 6657,6658,6151,6152,6153 дугаарын дээжүүд Kozakov et al., 2011 нарын судалгаатай харьцуулав)
- Зураг 64. Геодинамик нөхцөлийг харуулсан Nb-Y(Pearce et al., 1984) диаграмм ба чулуулгийн анхдагч эх үүсвэрийг тодруулсан Nb/Yb-Th/Yb харьцуулсан диаграмм (Pearce et al. 2008)
- Зураг 65. Таравагтай өргөгдлийн литостатиграфийн загварчилсан схем
- Зураг 66. Жаргалантын геологийн тогтоц
- Зураг 67. Жаргалантын мета-комплексын геологийн тогтоц болоод тектоностратиграфийн ерөнхий төрх.
- Зураг 68. Загалын нуруу, Тосонгийн ам орчмын метамаорф чулуулгийн гарал үүсэл болон ГХЭ болон олон элементийн хондрит болон дээд эх газрын царцдасын найрлагад нормчилсон тархалтын диаграмм (Sun and McDonough, 1989)
- Зураг 69. Архангай аймгийн Цахир сумын зүүн урд орших габбро, габбро-анортозит болон анортозитын бүсчлэн тогтсон гарш
- Зураг 70. TR-21-01-1. Полисинтет ихэрлэлттэй плагиоклаз (А,В). Өсгөлт 40<sup>х</sup> .
- Зураг 71. № TR-19-01. а). Полисинтет ихэрлэлттэй плагиоклаз. Өсгөлт 40<sup>х</sup>. б). Хувирсан өнгөт эрдэс хлорит, ба карбонат-боровтор өнгөтэй полисинтет ихэрлэлттэй хавтанлаг карбонат эрдэс. Өсгөлт 40<sup>х</sup>
- Зураг 72. Богинохон призмлэг хэлбэртэй, полисинтет ихэрлэлттэй плагиоклаз (Pl), пироксен (Px), амфибол (Amp).
- Зураг 73. А. Местийн габбро-анортозитын ангиллын диаграмм. А) SiO<sub>2</sub>-(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) (Coh, et al.,1979); В) Гранитоидын SiO<sub>2</sub>- K<sub>2</sub>O харьцааны диаграмм (Peccherillo, Taylor, 1976) С) АФМ диаграмм (Irvine and Baragar., 1971)
- Зураг 74. Местийн габбро-анортозитын ГХЭ-ийн агуулгыг хондритод нормчилсон диаграмм. Нормчлолын өгөгдлүүдийг Sun and McDonough (1989)-ыг ашиглав.
- Зураг 75. Гранитоидын сарнимал элементийн агуулгыг анхдагч мантид нормчилсон диаграмм (Sun and McDonough,1989) А) Бидний судалгааны габбро-анортозитын сарнимал элементийн

агуулгыг анхдагч мантид нормчилсон диаграмм; В) Анисимова (2009) нарын габбро-анортозитын бүрдлийн судалгаа

Зураг 76. а) Монгол орны ороген мужуудын тектоник мужлалын схем зурагт (Төмөртоогоо, 2012) судалгааны талбайн байршлыг харуулав. б) Их-уул орчмын 1:50000-ны масштабын геологийн тойм зураг; 1: Орчин үеийн аллювийн хурдас, 2: Орчин үеийн деллюви-пролювийн хурдас, 3: Улаан ягаан, цайвар ягаан өнгийн дунд, дунд-том мөхлөгтэй шүлтлэгдүү гранит, 4: Саарал өнгийн дунд мөхлөгтэй кварцат диорит, гранодиорит, 5: Цайвар саарал, саарал өнгийн дунд мөхлөгт биотит-амфиболт гранит, 6: Хар ногоон өнгийн жижиг мөхлөгтэй эвэрхуурмагт диорит, габбро, габбродиорит, 7: Амфиболт, биотит-амфиболт талст занар, плагиогнейс, гранит гнейс, 8: Дээж авсан цэгүүд, 9: Хагарал

Зураг 77. Судалгааны талбайн геологийн зураг

Зураг 78. Гранитоид чулуулгийн ангиллын диаграммууд: А ба Б – Цахиурын исэл ( $\text{SiO}_2$ ) ба шүлтийн нийлбэр ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ) (Cox et al., 1979, Wilson, 1989); Б: Хөнгөн цагааны ханалтын индексийн  $\text{A}/\text{CNK}-\text{A}/\text{NK}$  (Shand, et al., 1981), Г:Цахиурын исэл ( $\text{SiO}_2$ ), кали исэл ( $\text{K}_2\text{O}$ )-ийн хамаарлын диаграмм (Le Maitre et al., 1989). Шаргалдуу өнгөөр гранодиорит ба монцогранит, хөх өнгөөр биотитот шүлтлэг гранитыг тэмдэглэв.

Зураг 79. Тэлмэн бүрдлийн гранитоид чулуулгийн газрын ховор элементийн тархалтыг хондритод нормчилсон диаграмм (Taylor and McLennan., 1985-ийн диаграммыг ашиглав).

Зураг 80. Тэлмэн бүрдлийн гранитоид чулуулгийн сарнимал элементийн тархалтыг анхдагч мантид нормчилсон диаграмм (Sun, McDonough et al., 1989-ийн диаграммыг ашиглав )

Зураг 81. Гранитоидын дискриминацийн диаграмм: А, Б:  $\text{Nb}-\text{Y}$ ,  $\text{Rb}-(\text{Y}+\text{Nb})$ , (Pearce et al., 1984); В, Г:  $10000 \text{ Ga}/\text{Al} - \text{FeO}^*/\text{MgO}$ ,  $10000 \text{ Ga}/\text{Al} - \text{Zr}$  (Whalen et al., 1987-ийн диаграммыг ашиглав).

Зураг 82. (а)  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{FeO} + \text{MgO})-\text{CaO}/(\text{FeO} + \text{MgO})$  диаграмм (Altherr et al. 2000). (б)  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{FeO} + \text{MgO} + \text{TiO}_2)-\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MgO} + \text{TiO}_2$  wt.% диаграмм.

Зураг 83. Судалгааны талбайн геологийн зураг

Зураг 84. Цохиотын-ам орчмын геологийн шинэчилсэн зураг

Зураг 85. А) Гранитоид чулуулгийн ангиллын ( $\text{SiO}_2$ ) ба ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ) хамаарлын диаграмм. Б) Цахиурын исэл ( $\text{SiO}_2$ ), Кали исэл ( $\text{K}_2\text{O}$ )-ийн хамаарлын диаграмм В)  $\text{A}/\text{CNK}-\text{A}/\text{NK}$  диаграмм Г)  $\text{A}(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})-\text{F}(\text{FeO})-\text{M}(\text{MgO})$  диаграмм

Зураг 86. А) Сарнимал элементийн агуулгыг анхдагч мантид нормчилсон диаграмм Б) Газрын ховор элементийн агуулгыг хондритод нормчилсон диаграмм

Зураг 87.  $(\text{Y}+\text{Nb}) - \text{Rb}$ ,  $\text{Y}-\text{Nb}$ , ба  $(\text{Ta}+\text{Yb})-\text{Rb}$  болон  $\text{Yb}-\text{Ta}$  зэрэг сарнимал элементийн Ж.Пиарсын диаграмм. (WPG-плит доторх гранит, VAG-вулканы нумын гранит, SynCOLG-коллизийн гранит, ORG-орогенийн гранит)

Зураг 88. Цохиотын-ам орчмын үнэмлэхүй нас

Зураг 89. Ёлтын даваа ба Мухар уул орчмын геологийн тогтоц

Зураг 90. Судалгааны талбайн 1:200000-ны геологийн шинэчилсэн зураг (УГЗ-200 төв монгол-VI) 1) Идэр бүрдэл: Гранит гнейс, амфиболит, биотит-амфиболитот талст занар, плагиогнейс 2) Мөст бүрдэл : Анортозит, габбро-анортозит 3: Саарал өнгийн дунд мөхлөгтэй кварцат диорит, гранодиорит, 4: Саарал өнгийн дунд мөхлөгтэй кварцат диорит, гранодиорит, 6: габбродиорит, диорит, 7: Дээж авсан цэгүүд, 8: Хагарал

Зураг 91. ГХЭ элементийг хондритын найрлагад нормчилсон тархалтын диаграмм (Sun and McDonough, 1989)

Зураг 92. Сарнимал элементийг анхдагч мантийн найрлагад нормчилсон тархалтын диаграмм (Sun and McDonough, 1989)

Зураг 93. Хожуулын голын дүүргийн геологийн шинэчилсэн зураг

Зураг 94. А) Гранитоид чулуулгийн ангиллын ( $\text{SiO}_2$ ) ба ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ) хамаарлын диаграмм. В) Цахиурын исэл ( $\text{SiO}_2$ ), Кали исэл ( $\text{K}_2\text{O}$ )-ийн хамаарлын диаграмм С)  $\text{A}(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})-\text{F}(\text{FeO})-\text{M}(\text{MgO})$  диаграмм D) A/CNK-A/NK диаграмм

Зураг 95. А,В,С,Д) ГХЭ элементийг хондритын найрлагад нормчилсон тархалтын диаграмм (Sun and McDonough, 1989)

Зураг 96. ГХЭ элементийг анхдагч мантийн найрлагад нормчилсон тархалтын диаграмм.

Зураг 97. Гранитоидын үүссэн нөхцөлийг тодорхойлох Rb – (Y+Nb) ба Nb-Y, (Ta+Yb)-Rb, Yb-Ta дискриминацийн диаграммууд (Pearce et al., 1984).

Зураг 98. Төв Азийн ороген бүсийн геологийн зураг (Nguyen et al., 2018) ба судалгааны талбайн байршилын зураг.

Зураг 99. Тарвагатайн өргөгдөлд тархалттай метаморф болон гранитоид чулуулгийн тархалтын зүй тогтол ба тэдгээрийн үүссэн цаг хугацаа харуулсан загварчилсан схем зураг.

Зураг 100. Тарвагатайн өргөгдлийн гранитоид магматизмын геологи-тектоникийн загварчлал

Зураг 101. Гранитоид чулуулгийн тектоник орчин тодорхойлох диаграммууд. а.б.с.) Rb vs Y+Nb, Nb-Y, Rb vs Ta+Yb (Pearce et al., 1984) болон д) Th/Yb vs Nb/Yb диаграммууд (Pearce, 2008).

Зураг 102. Тарвагатайн өргөгдөлийн гранитоид чулуулгийн газрын ховор элементийн тархалтыг хондритод нормчилсон диаграмм (Boynnton, 1984).

Зураг 103. Тарвагатайн өргөгдөлийн гранитоид чулуулгийн сарнимал элементийн тархалтыг анхдагч маантид нормчилсон диаграмм (McDonough and Sun, 1995)