

ШИНЖЛЭХ УХААН ТЕХНОЛОГИЙН ИХ СУРГУУЛЬ
ГЕОЛОГИ, УУЛ УУРХАЙН СУРГУУЛЬ

АБА	Нууцын зэрэглэл “Б”
Улсын бүртгэлийн дугаар:	
Төслийн гэрээний дугаар:	ШуУз - 2019/03
Санхүүжүүлэгч байгууллага:	ШУТС
Захиалагч байгууллага:	УУХҮЯ, БШУЯ
Тайлан өмчлөгч:	УУХҮЯ, ШУТИС-ийн ГУУС

**НУУРЫН БҮСИЙН ПАЛЕОЗОЙН МАГМАТИЗМ, ГЕОДИНАМИК ХӨГЖИЛ,
АШИГТ МАЛТМАЛ**

Захиалгат төслийн тайлан
2019.07-2021.12

Төслийн удирдагч:	Б.Мөнхцэнгэл (Доктор, (PhD), проф.)
Төслийн зөвлөх:	О.Гэрэл (ШУТИС, Геологийн шинжлэх ухааны төвийн захирал, ШУ-ны доктор (ScD), профессор)
Төслийн гүйцэтгэгчид:	Б.Батхишиг (Доктор, (PhD), дэд проф.) А.Чимэдцэрэн (Магистр (MSc)), Б.Алтанзул (Доктор, (PhD), дэд проф.) С.Хишигсүрэн (Доктор, (PhD), дэд проф.) О.Жавхлан (Доктор, (PhD)), Б.Манзшир (Доктор, (PhD))
Гүйцэтгэгч байгууллагын хаяг:	ШУТИС-ийн Төв байр, Сүхбаатар дүүрэг, 8-р хороо, Бага тойруу, Улаанбаатар 14191

Улаанбаатар хот
2023 он

ШИНЖЛЭХ УХААН ТЕХНОЛОГИЙН ИХ СУРГУУЛЬ
ГЕОЛОГИ, УУЛ УУРХАЙН СУРГУУЛЬ

НУУРЫН БҮСИЙН ПАЛЕОЗОЙН МАГМАТИЗМ, ГЕОДИНАМИК ХӨГЖИЛ,
АШИГТ МАЛТМАЛ
Захиалгат төслийн тайлан
2019.07-2021.12

Тайлангийн зохиогчид: Б.Батхишиг (Доктор, (PhD), дэд проф.)
А.Чимэдцэрэн (Магистр (MSc))
О.Гэрэл (ШУ-ны доктор (ScD.), профессор)
Б.Мөнхцэнгэл (Доктор, (PhD), проф.)
Б.Алтанзул (Доктор, (PhD), дэд проф.)
С.Хишигсүрэн (Доктор, (PhD), дэд проф.)
О.Жавхлан (Доктор, (PhD))
Б.Манзшир (Доктор, (PhD))

Улаанбаатар хот
2023 он

ГАРЧИГ

РЕФЕРАТ	2
Гүйцэтгэгчдийн нэрсийн жагсаалт	4
Товчилсон үгийн тайлбар жагсаалт	5
ОРШИЛ	6
БҮЛЭГ I. БАРУУН МОНГОЛ, НУУРЫН БҮСИЙН ГЕОЛОГИЙН ТОГТОЦ	
I.1. Нуурын бүсийн геологийн судалгааны тойм.	8
I.2. Нуурын бүсийн геологийн тогтоц	9
БҮЛЭГ II. НУУРЫН БҮСИЙН ПАЛЕОЗОЙН МАГМАТИЗМ	
II.1. Нуурын бүсийн магматизмын судалгааны тойм.	16
II.2. Судалгааны аргачлал, дээж материал	23
II.2.1. Бэлтгэл ажил	23
II.2.2. Хээрийн судалгаа	24
II.2.3. Лабораторийн судалгаа	27
II.3. Нуурын бүсийн палеозойн магмын чулуулгийн геохими, геохронологи	
II.3.1. Түрүү кембрийн (Є ₁) магматизм	31
II.3.2. Ордовикийн вулкан-плутон бүрдэл	48
II.3.4. Девон-карбоны (D-C) интрузив бүрдлүүд	83
БҮЛЭГ III. НУУРЫН БҮСИЙН ГЕОДИНАМИК ХӨГЖИЛ, АШИГТ МАЛТМАЛ	
III.1. Нуурын бүсийн геодинамик хөгжил, палеосубдукцын бүсийн загвар	93
III.2. Нуурын бүсийн ашигт малтмалын судалгааны тойм, хүдэржилтийн хэтийн төлөв	99
ДҮГНЭЛТ	116
Ашигласан материал	120

РЕФЕРАТ

Тайлангийн нэр: “Нуурын бүсийн палеозойн магматизм, геодинамик хөгжил, ашигт малтмал”

Тайлангийн бүтэц: Оршил, 3 үндсэн бүлэг, Дүгнэлт, Ашигласан материалын жагсаалттай, 66 зураг, 18 хүснэгт бүхий 129 хуудсаас бүрдэнэ.

Зохиогчид: А.Чимэдцэрэн, Б.Батхишиг, Б.Мөнхцэнгэл, Б.Алтанзул, С.Хишигсүрэн, О.Жавхлан, Б.Манзшир, О.Гэрэл,

Төслийн удирдагч: Б.Мөнхцэнгэл

Төслийн зөвлөх: О.Гэрэл (ШУ-ны доктор (ScDr), профессор)

Уг төслийн зорилго нь Нуурын бүсэд тархсан палеозойн насны магмын чулуулгийн нарийвчилсан геохими, геохронологийн судалгаа хийх; Палеозойн магмын чулуулгийн үнэмлэхүй нас, геохимийн шинж чанарт тулгуурлан магмын бүрдлүүдийн ангиллыг нарийвчлах; Нуурын бүсийн палеозойн магматизмын хөгжсөн геодинамикийн нөхцлийг тодорхойлох; Палеогеодинамик орчинд хүдэржилтийн онцлогийг судлан, хэтийн төлөвийг тодорхойлох зэрэг болно.

Тайлангийн “Баруун Монгол, Нуурын бүсийн геологийн тогтоц” сэдэвтэй 1-р бүлэгт Нуурын бүсийн хэмжээнд хийгдсэн геологийн судалгаа, ялангуяа магматизмын талаар хийгдсэн судалгааг тоймлон оруулж, Нуурын бүсийн геологийн тогтоцыг өмнөх судлаачдын судалгааны материалд тулгуурлан товч бичсэн.

Тайлангийн Нуурын бүсийн палеозойн магматизм гэсэн 2-р бүлэгт Нуурын бүсийн магматизмын талаарх өмнөх судалгааны үр дүнг тоймлон оруулж, төслийн хээрийн судалгаа, лабораторийн судалгааны арга аргачлал, дээж материалын талаар оруулсан. Энэ бүлэгт төслийн үр дүнгийн даалгаврын 1, 2-рт заасны дагуу Нуурын бүсийн палеозойн магмын чулуулгийн геохими, геохронологийн судалгааг хийж, төслийн явцад бий болгосон шинэ үр дүнд тулгуурлан түрүү кембрийн (E₁) магматизм, ордовикийн вулкан-плутон бүрдэл (Тогтохын шил бүрдэл, Намир формац), девон-карбоны (D-C) интрузив бүрдлүүд гэж ангилан бичсэн. Өмнө нь кембри, ордовик, силур зэрэг ялгаатай ангилагдаж ирсэн, Нуурын бүсийн хэмжээнд ихээхэн талбайг эзлэн тархсан Тогтохын шил бүрдлийн насыг U-Pb аргаар 5 дээжинд шинээр тодорхойлж дунд ордовикийн настай болохыг тогтоосон.

Тайлангийн 3-р бүлэг нь “Нуурын бүсийн геодинамик хөгжил, ашигт малтмал” сэдэвтэй. Энэ бүлэгт төслийн үр дүнгийн даалгаврын 3, 4-т заасны дагуу төслийн хүрээнд хийсэн хээрийн судалгаа, чулуулгийн геохими, геохронологийн шинэ үр дүн, өмнөх судалгаачдын судалгааны үр дүнд тулгуурлан эртний геодинамикийн нөхцлийг тодорхойлж 2 зүсэлтийн дагуу загвар боловсруулан, хөгжлийн түүхийг тайлбарлан оруулсан.

Мөн энэ бүлэгт төслийн талбайн ашигт малтмалын талаар тус талбайд хийгдсэн геологийн зураглал, ерөнхий эрлийн ажлын тайлангуудтай танилцаж судалгааны үр дүнгээс тоймлон оруулсан. Төслийн судалгаагаар Зарим голлох зарим ашигт малтмалын орд илрэлийн дээжинд минераграфи, SEM-EDX судалгаа хийн үр дүнг оруулсанаас гадна боловсруулсан палеогеодинамикийн загвартаа тулгуурлан төслийн талбайн ашигт малтмалын хэтийн төлөвийг тодорхойлсон болно.

Түлхүүр үг:

Нуурын бүс, палеозойн магматизм, петрографи, геохими, зүсэлт, үнэмлэхүй нас, геодинамик загвар

Гүйцэтгэгчдийн нэрсийн жагсаалт

Анаадын Чимэдцэрэн, ШУТИС, ГУУС, Геологи, гидрогеологийн салбар, Магистр (MSc) (III.1-р бүлэг, Дүгнэлт)

Гарын үсэг..... Огноо.....

Баасандоржийн Алтанзул, ШУТИС, ГУУС, Геологи, гидрогеологийн салбар, Доктор (PhD), дэд профессор (III.2-р бүлэг)

Гарын үсэг..... Огноо.....

Баатарын Мөнхцэнгэл, ШУТИС, ГУУС, Геологи, гидрогеологийн салбар, Доктор (PhD), профессор (II.2, II.3-р бүлэг, Реферат)

Гарын үсэг..... Огноо.....

Баяраа Батхишиг, ШУТИС, ГУУС, Геологи, гидрогеологийн салбар, Доктор (PhD), дэд профессор (II.3-р бүлэг, Дүгнэлт)

Гарын үсэг..... Огноо.....

Баярболд Манзшир, Японы Тохоку их сургууль, Доктор (PhD) (Геологийн зураг)

Гарын үсэг..... Огноо.....

Отгонхүүгийн Жавхлан, ШУТИС, ГУУС, Геологи, гидрогеологийн салбар, Доктор (PhD) (I бүлэг)

Гарын үсэг..... Огноо.....

Очирын Гэрэл, ШУТИС, ГУУС, Геологи, гидрогеологийн салбар, ШУ-ны доктор (Sc.D.), профессор (II.1-р бүлэг)

Гарын үсэг..... Огноо.....

Содномын Хишигсүрэн, ШУТИС, ГУУС, Геологи, гидрогеологийн салбар, Доктор (PhD), дэд профессор (I бүлэг)

Гарын үсэг..... Огноо.....

Товчилсон үгийн тайлбар жагсаалт

ASI – Alumina Saturation Index – Хөнгөн цагааны ханалтын индекс

EDXRF - Energy Dispersive X-Ray Fluorescence - Энергийн шингээлтийн рентген флюоресценци

HFSE – High Field Strength Elements – Ионы цэнэг өндөртэй элементүүд

ICP-MS - Inductively Coupled Plasma emission spectrometry-Индукцын холбоост плазмын масс спектрометр

LA-ICP-MS - Laser Ablation - Inductively Coupled Plasma emission spectrometry-Лазерийн абляцийн индукцын холбоост плазмын масс спектрометр

LILE– Large Ion Lithophile Elements – Ионы радиус томтой литофиль элементүүд

SEM-EDS– Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive Spectrometry – Энергийн шингээлтийн рентгенспектрометр

SHRIMP- Sensitive High Resolution Ion Microprobe; Өндөр мэдрэмжийн ионы микропроб

XRF- X-Ray Fluorescence spectrometry; Рентген флюоресценци

ГУУС -Геологи Уул Уурхайн Сургууль

ГХЭ – Газрын ховор элемент

ТӨҮГ – Төрийн Өмчит Үйлдвэрийн Газар

ШУТИС -Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль

ОРШИЛ

“Нуурын бүсийн палеозойн магматизм, геодинамик хөгжил, ашигт малтмал” сэдэвт төслийг Уул уурхай, хүнд үйлдвэрийн яамны захиалгаар БСШУЯ, ШУТ сангаас санхүүжилттэйгээр ШУТИС-ийн Геологи, уул уурхайн сургууль дээр хэрэгжүүлэв. Төслийг 2019 оны 7 дугаар сараас 2021 оны 12 дугаар сард багтааж 75.960 мянган төгрөгний эрдэм шинжилгээний зардалтайгаар гүйцэтгэсэн.

Төсөл гүйцэтгэх дараах үндэслэл, шаардлагууд байсан. Төслийн багийн судлаачдын өмнө хэрэгжүүлсэн Субдукцын бүсийн геологи, магматизм, хүдэржилтийн судалгаа, хэтийн төлөв (2016.08-2018.12) төслийн хүрээнд судалсан 4 бүсийн нэг нь Нуурын бүс байсан ба неопротерозой-түрүү кембрийн цаг үеийн субдукцын жишээ болгон судалсны дүнд хэд хэдэн шинэлэг үр дүн, дүгнэлт гарсан. Энэхүү төслийн үр дүнгээр зарим магмын комплекс, тунамал-вулканоген формацын үнэмлэхүй нас, үүссэн геодинамик нөхцөл нь өөрчлөгдсөнөөр Нуурын бүсийн геологийн тогтоцыг шинээр тайлбарлах шаардлагатай болсон юм. Тус төслөөр неопротерозой-түрүү кембри хүртэлх насны геологийн тогтоц онцлогт анхаарч судалсан бол Нуурын бүсийн хөгжлийг бүрэн ойлгох тодорхойлоход палеозойн цаг үеийн геологийн хөгжил маш чухал болж ирсэн.

Нуурын бүсэд субдукц-аккрецитай холбоотой геологийн олон процессууд (тектоник, магматизм, метаморфизм, ашигт малтмалын орд үүсэх зэрэг) давхцан явагдсан байдаг учир тэдгээрийн холбоо, хамаарлыг нарийвчилсан геохимийн шинжилгээний үр дүнд тулгуурлан шинэлэг хандлагын үүднээс судлах шаардлагатай.

Энэ удаагийн төслийн ажлын зорилго нь:

- Нуурын бүсэд тархсан палеозойн насны магмын чулуулгийн нарийвчилсан геохими, геохронологийн судалгаа хийх;
- Палеозойн магмын чулуулгийн үнэмлэхүй нас, геохимийн шинж чанарт тулгуурлан магмын бүрдлүүдийн ангиллыг нарийвчлах;
- Нуурын бүсийн палеозойн магматизмын хөгжсөн геодинамикийн нөхцлийг тодорхойлох;
- Палеогеодинамик орчинд хүдэржилтийн онцлогийг судлан, хэтийн төлөвийг тодорхойлох;

Төслийн үндэслэл, шаардлага, зорилготой холбогдон тавигдсан үр дүнгийн даалгаврууд, үр дүнгийн үзүүлэлтүүдийг товч томъёолбол:

1. Нуурын бүсэд тархсан палеозойн насны магмын чулуулгийн геохими, геохронологийн судалгаа хийх: Рентген флуоресценцийн (XRF) шинжилгээг 50 дээжинд; U-Pb үнэмлэхүй насны шинжилгээг 4 ш дээжинд;
2. Нуурын бүсийн палеозойн магмын чулуулгийн үнэмлэхүй нас, геохимийн шинж чанарт тулгуурлан магмын бүрдлүүдийн ангиллыг нарийвчлах: Бүрдлүүдийн геохимийн шинж, үнэмлэхүй насны үр дүнд тулгуурласан голлох 3-4 бүрдэлд;
3. Нуурын бүсийн палеозойн магматизмын хөгжсөн палеогеодинамикийн нөхцлийг тодорхойлох: Геодинамикийн загвар зүсэлтийг 2 үндсэн зүсэлтээр;
4. Палеогеодинамикийн нөхцөлд тулгуурлан хүдэржилтийн хэтийн төлөвийг тодорхойлох: Магмын болон геодинамикийн шалгуурт тулгуурласан ашигт малтмалын тархалтын зүй тогтлын схем зургийг 2 үндсэн зүсэлтийн хэмжээнд;
5. Төслийн эцсийн тайлан бичиж захиалагч, санхүүжүүлэгчид хүлээлгэн өгөх: Төслийн үр дүнгийн тайлан бичих.

Төслийн үр дүнгийн эцсийн тайлан нь оршил, үндсэн 3 бүлэг, дүгнэлт, ашигласан материалын жагсаалтаас бүрдэнэ. Энэхүү төслийн ажлаар Нуурын бүсийн палеозойн магматизмын геохими, геохронологи, үүссэн геодинамик орчин, хүдэржилтийн хэтийн төлөвийг орчин үеийн судалгааны арга аргачлалд тулгуурлан хийсэн үр дүн нь цаашид явагдах геологийн судалгаа-үйлдвэрлэлд суурь мэдээлэл болох юм.

БҮЛЭГ I. БАРУУН МОНГОЛ, НУУРЫН БҮСИЙН ГЕОЛОГИЙН ТОГТОЦ

I.1. Нуурын бүсийн геологийн судалгааны тойм

Баруун Монголын Нуурын Атриат Мегабүс нь 2017 оны Монгол улсын нутаг дэвсгэрийн тектоник дүүрэгчлэлээр Умард Монголын Атриат Мужид хамаарагдана. Нуурын бүсийг анх Их Нууруудын хотгорт ялгасан (Dergunov, 1989) бөгөөд эдиакари-кембрийн супрасубдукцтай холбоотой офиолитууд тэдгээртэй холбоотой аккрецийн бүрдлүүдээс бүрдэнэ (Badarch et al., 2002). Аккрецийн бүрдэл нь стратиграфийн хувьд ул хэсэг нь хэт суурилаг чулуулаг, габбро, шийтэт дайкуудаас тогтсон меланократ бүрдэл, эдгээрийн дээр ногоон занарын фацад хувирсан дэрэн базальтууд хучсан байдаг. Стратиграфийн дээд хэсэг нь голдуу суурилаг лавууд, диабазын силлүүд, лавобрекч, хүчиллэг туф, туффит, нарийн ширхэгт чулуулгаас тогтоно. Ногоон занарын фацад хувирсан дэрэн базальтууд нь базальт, андезит, дацитын зузаалгаар хучигддаг (Kovalenko et al., 1996). Дээрх офиолит, түүнтэй холбоотой вулканоген-тунамал чулуулагт геохими, изотопын судалгаанууд хийгдэж эдгээр нь 570-545 сая жилийн тэртээ хөгжсөн арлан нумын бүрдэл гэж тогтоосон (Kovalenko et al., 1996; 2004; 2005; Yarmolyuk et al., 2003; Gibsher et al., 2001; Rudnev et al., 2009, 2012, 2016, 2021, 2022).

Руднев нарын судалгааны ажлаар Нуурын бүсийн арлан нумын системийн төвийн хэсэгт хамаарах Бумбат хайрхан талбайд тархсан түрүү палеозойн интрузив чулуулгийг арлан нумтай холбоотой (551-524 сая жил) болон аккреци-коллизийн нөхцөлд үүссэн (511-465 сая жил) гэсэн хоёр үе шатанд ялгаж үзсэн байна (Rudnev et al., 2012). Сүүлийн үед геохими, изотопын (Sr-Nd, Lu-Hf), судалгааны үр дүнгээр Нуурын бүсийн хожуу неопротерозой, кембри, ордовикийн интрузив чулуулгийг 3 бүлэгт хуваан үзсэн: хожуу неопротерозойн плагиогранитууд, хожуу неопротерозойн габброид ба кварцтай диорит, ордовикийн хоёр хээрийн жонштой гранит (Rudnev et al., 2022).

Шавхагдсан мантиас үүсэлтэй хожуу неопротерозойн арлан нумын царцдас нь мөн хожуу неопротерозойн (559-542 сая жил) субдукцын плагиогранитуудын (Зүүн Баянцагаан, Гурван нуруу, Баянцагаан уул, Тунгалаг, Шүүт массивууд) эх үүсвэр болох нь плагиогранитууд болон арлан нумын вулканитуудын төсөөтэй өндөр ϵNd

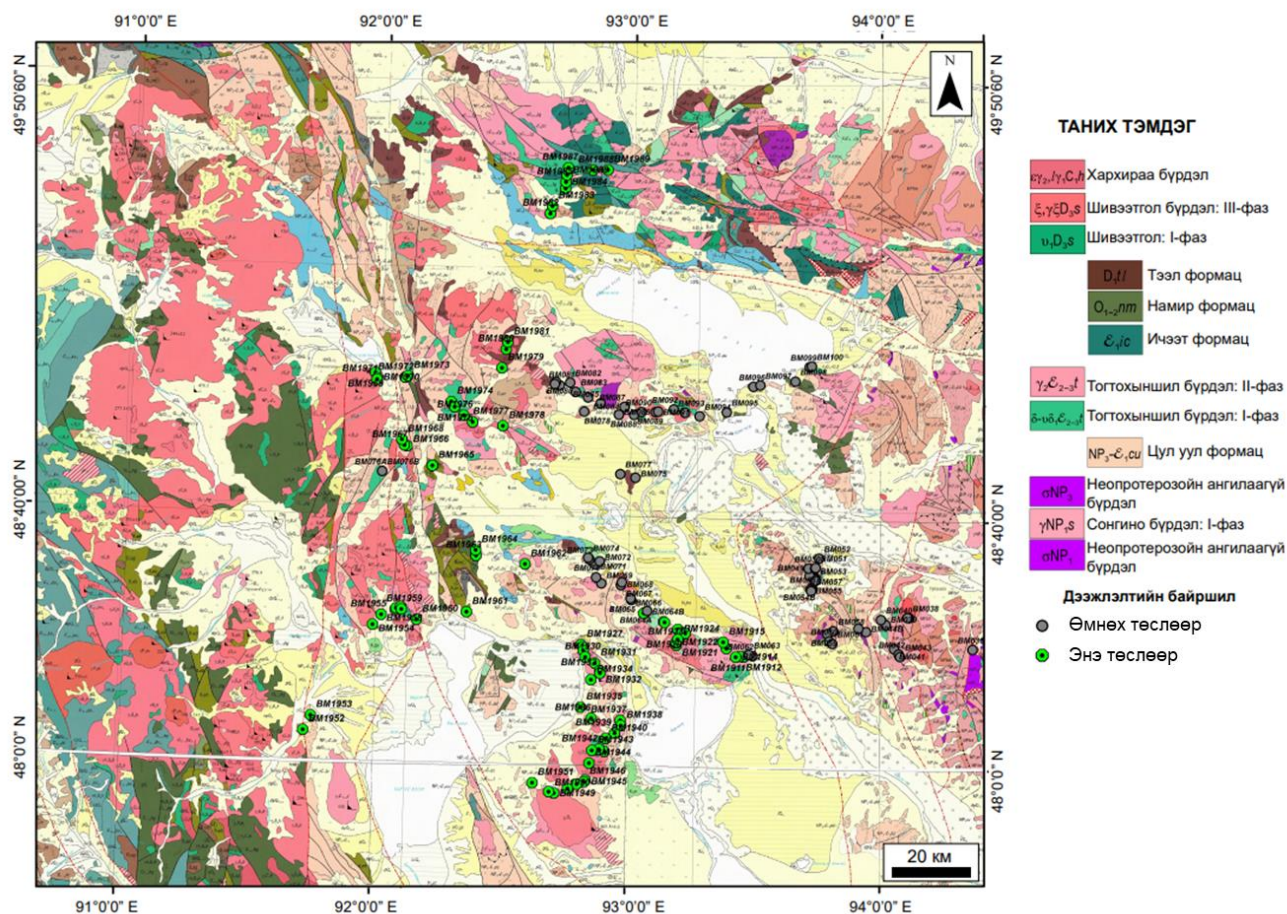
изотопын утга, магмын болон ксеноген цирконы ϵHf утга төсөөтэй, шавхагдсан мантийн утгатай ойролцоо байгаагаар батлагдаж байна гэжээ. Таван хайрхан болон Шүүт массивуудын габбро, кварцтай диоритын бага ϵNd , тэдгээрийн цирконы ϵHf бага утга, өндөр Sr анхдагч харьцаа, K_2O , Rb, Th утга нь эдгээр нь харьцангуй бага шавхагдсан, тухайлбал мантийн шаантгийн перидотитоос үүссэн байх боломжтой гэж үзсэн.

Харин ордовикийн аккрец-коллизийн Их замын Na-K гранитын магмын болон ксеноген цирконы Hf изотопын утга бага байгаа нь Th, Nb, хөнгөн ГХЭ-ээр баяжсан, бага ϵNd утга бүхий илүү ялгарсан царцдасын эх үсвэрийн оролцоотой хожуу неопротерозой-кембрийн арлан нумын царцдасын хайлалтаар үүссэн гэж тайлбарласан байна. Гранитоид болон габброид чулуулгийн ксеноген цирконуудын нас <716 сая жил, магмын цирконуудын Hf изотопын утга ойролцоо Нуурын бүсийн хожуу неопротерозойн арлан нум нь Завханы микроконтинентын Байдрагтай төстэй эртний эх газрын эх үүсвэрээс хол, далай дундын нөхцөлд үүссэн гэдгийг харуулж байна. Ордовикийн гранитын хайлшийн эх үүсвэр нь хожуу неопротерозой-кембрийн арлан нумын комплекс Завханы микроконтинентын зах руу аккрецлагдсаны үр дүнд өөрчлөгдсөн гэж үздэг ([Rudnev et al., 2022](#)).

I.2. Нуурын бүсийн геологийн тогтоц

Нуурын Атриат мегабүсэд, Хуурай, Баатархайрхан, Улааншанд, Хяргас-Дөргөн, Ханхөхий, Хан Тайшир, Даагандэлийн гэсэн 8 атриат бүс ялгасан байдаг ([Төмөртоогоо, 2017](#)). Энэ төслийн ажлаар Алтанхөхий, Хяргас-Дөргөн, Ханхөхий, Баатархайрханы бүсүүдэд тархсан палеозойн магмын чулуулгийн геохими, геохронологийн судалгаа хийгдсэн болно.

Судалгааны талбайн геологийн тогтцыг хамарсан талбайн хэмжээг харгалзан хамгийн сүүлд 2018 нэгтгэгдсэн Монгол орны 1:500000-ны геологийн зургийн хэмжээнд бичиглэн оруулав ([I.1-р зураг](#)).



1.1-р зураг. Төслийн судалгааны талбайн геологийн зураг (Эрдэнэчимэг нар, 2018).

Ханхөхийн бүс

Ханхөхийн бүс нь судалгааны талбайн хойд хэсгийг хамрах ба урд талаараа Хяргас-Дөргөний бүстэй хиллэнэ. Уг бүсийн хэмжээнд неопротерозой тунамал-вулканоген-хувирмал чулуулгууд, түрүү-дунд палеозойн интрузив чулуулгууд, мезо-кайнозойн хучаас хурдас зураглагдсан байдаг (1.1-р зураг).

Судалгааны талбайн Ханхөхийн бүсэд тогтоогдсон хамгийн эртний настай чулуулаг нь эдиакари-терреновын Ханхөхий формац (NP₃-E₁hh)-ын гантигжсан шохойн чулуу, цахиурлаг чулуулаг, дундлаг, хүчиллэг эффузивийн үе агуулсан занаржсан конгломерат, элсэн чулуу, алевролит, аргиллит, ногоон занар, базальт, андезибазальт, андезит, диабаз, хүчиллэг туф бага талбайд тархсан байна. Ханхөхийн бүсийн хэмжээнд тархсан уг формацын тунамал-вулканоген чулуулаг нь дундлаг найрлагатай лава, тэдгээрийн туф, туф-элсэн чулуу, элсэн чулуу, алевролит, конгломерат, шохойн чулуу, ховроор дацит порфирос тогтох

терреновын Ичээт формацын (E_{1ic}) чулуулгийг хучих ба хагарлаар ихэвчлэн хиллэсэн байдаг бол судалгааны талбайн хэмжээнд ихэвчлэн нь дунд-хожуу кембрийн интрузив чулуулгаар зүсэгдэх ба хагарлаар хиллэсэн, эсвэл мезокайнозойн хурдсаар хучигдсан байна. Ичээт бүрдлийн чулуулгуудтай дунд-хожуу кембрийн Тагна бүрдлийн (E_{2-3tg}) интрузив чулуулгууд нь орон зайн хувьд ойролцоо тархах боловч ихэвчлэн хагарлаар хиллэсэн хил заагтай байна. Тагна бүрдлийн I фаз суурилаг, II фаз нь хүчиллэг найрлагатай интрузив чулуулгуудаас тогтоно. Тэлмэн бүрдэлтэй нэг түвшинд ангилагддаг уг бүрдлийн чулуулгийг анх [В.А.Амантов \(1967\)](#) дунд-хожуу кембрид, 1959 онд [В.В.Беззубцов](#), [Б.Лувсанданзан \(1968\)](#) нар түрүү кембрид, 1973 онд Тогтохыншил бүрдэлд ([Геология МНР, 1973](#)) хамааруулсан байдаг. Тогтохыншил бүрдлийг [Ө.Жамъяндорж нар \(1977\)](#), [Д.Тогтох нар \(1977\)](#), [Д.Чулуунбат нарын \(1978\)](#), геологийн зураглалын ажлаар гурван фазтайг тогтоосон. УГЗ-200 зурагт [Д.Товуудорж](#) нар кембрийн сери-3 (E_{3t})-д, харин 2018 оны Монгол улсын 1:500000-ны зурагт ([Эрдэнэчимэг нар, 2018](#)) хоёр фаз бүхий дунд-хожуу кембрийн Тагна бүрдэл (E_{2-3tg})-д хамааруулсан байна.

Ичээт формацын чулуулгийг зүсэж, дунд-хожуу кембрийн интрузивтэй хагарлаар хиллэх маш жижиг гарш үүсгэсэн кембрийн сери 2-ын Байцат формац (E_{2bc}) нь аргиллит, алевролит, занар, дацит, туф элсэн чулуу, туф гравелит, туф конгломератын нарийн үенүүд агуулсан цайвар, цагаан цайвар, саарал шаргалдуу саарал өнгөтэй, пелитжсэн шохойн чулуу, ул суурийн конгломератаас тогтоно.

Лландовер-венлокийн Хуцынбулаг формац (S_{1-2hb})-ыг 1991 онд [Х.Розман](#), [Ч.Минжин](#) нар силурын насны амьтны үлдвэр бүхий биостратиграфийн үе ялган ангилсан. Энэ нь Нуурын бүсийн Чаргат формацтай нэг түвшнийх бөгөөд шохойн чулууны үенүүдийг агуулсан саарал алевролит, улаан элсэн чулууны үелэлээс тогтоно. Өмнөх насны чулуулгуудыг хучиж байрладаг.

Хожуу девоны Шивээнгол бүрдэл (D_{3s})-ийн IV фазын интрузив чулуулаг талбайн хэмжээнд бага тархалттайгаар кембрийн настай чулуулгуудыг зүсэж байрлах ба сиенит, граносиенит, монцодиорит, кварцат монцодиорит, сиенит диорит, габбро, шүлтлэг габбро, монцодиоритоос тогтоно.

Алтанхөхийн бүс

Судалгааны талбайн хамгийн баруун талд хойноос урагш сунаж тогтсон Алтанхөхийн бүс нь БХ талаараа Монгол Алтайн атираат Мегабүсийн Цагааншувуутын бүс, баруун, БУ талаараа Ховдын бүстэй, ЗХ талаараа Нуурын атираат Мегабүсийн Ханхөхийн, баруун талаараа Хяргас-Дөргөний, Баатархайрханы, ЗУ талаараа Улааншанд ба Хуурайн бүстэй хиллэнэ.

Академич [О.Төмөртоогоо \(2012\)](#) Алтанхөхий ба Улааншандын бүсүүдийг өмнө нь Ханхөхий-Улааншандын террейнд ялгаж байсан. Энэ террейн меланжсан офиолитоор суурилагдсан эдиакари-доод кембрийн вулканоген бүрдэл болон терриген цахиурлаг-туффитийн, карбонат-цахиурлаг тефроген, ба олистостромын зузаалгуудтайгаараа онцлог, вулканоген бүрдлүүд нь энсиматик арлан нумын геохимийн шинжтэй, оливинт базальтын ба шохойлог-шүлтлэг серид хамаарагддаг ([Дергунов и др., 1980](#); [Маркова, 1976](#); [Tomurtogoo, 1989](#)).

Алтанхөхийн бүсийн хэмжээнд В.А.Амантовын анх ялгасан Цулуул, Бургастай формацууд, Польшийн геологичдын тогтоосон кембрийн трилобитын олдвор бүхий хурдас тус тус тогтоогдсон байдаг ([Маринов и др., 1973](#)).

Эдгээрээс судалгааны талбайн хэмжээнд хамгийн эртний настай чулуулаг нь эдиакари-терреновын Бургастай формац (NP₃-E_{1br})-ын занаржсан гравелит, вулканоген элсэн чулуу, гантигжсан шохойн чулууны горизонт, кварцитын мэшил, ховроор доломит агуулсан андезит-диабазтай порфирит, дацит, дацит-риолиттой порфирит бүхий чулуулаг тогтоогдсон байдаг. Бургастай формацын хувиралд орсон тунамал-вулканоген чулуулгууд нь Тагна бүрдэл (E_{2-3tg}) (хуучнаар Тогтохын шил гэж зураглагдсан), түрүү-дунд девоны Халзан (D_{1-2h}), дунд-хожуу девоны Мақдор бүрдэл (D_{2-3m}), миссисипийн Хархираа бүрдэл (C_{1h})-ийн интрузивээр зүсэгдэх буюу хагарлаар хиллэн, мезо-кайнозойн тунамал хурдсаар хучигддаг ([I.1-p зураг](#)).

Уг бүсэд дунд-хожуу кембрийн Тагна бүрдлийн (E_{2-3tg}) I фазын суурилаг, II фазын гранитоид чулуулгууд илрэх боловч уг бүсэд тогтоогдсон интрузив чулуулгуудаас харьцангуй бага тархан, Хархираа ба Мақдор бүрдлийн интрузив чулуулгуудаар зүсэгддэг.

Судалгааны талбайн Алтанхөхийн бүсийн баруун хэсгээр харьцангуй том гарш үүсгэн тархах түрүү-дунд девоны Халзан бүрдэл (D_{1-2h}) шүлтлэг хээрийн жоншит гранит, сиенит, кварцат сиенитээс бүрдэнэ. Уг бүрдэл нь Бургастай формацын чулуулгийг зүсэх ба хагарлаар хиллэж, Хархираа бүрдэл (C_{1h})-ийн интрузив чулуулгаар зүсэгддэг. Харьцангуй бага тархалттай дунд-хожуу девоны Макдор бүрдэл (D_{2-3m}) нь гранит порфир, шүлтлэгдүү гранит, плагиогранит, габбро, габбродиорит, диорит, кварцат диорит, гранодиоритоос бүрддэг. Уг бүрдэл нь миссисипийн Хархираа бүрдэл (C_{1h})-ийн субшүлтлэг аляскит, гранит, микроклин-альбитат гранит, микрогранит, граносиенит, биотитот гранит, граносиенитээр зүсэгдсэн харьцаатай байна. Мезозойн хурдсаас түрүү-дунд юрын Жаран формац (J_{1-2jг}) ба түрүү цэрд (K_{1ge})-ийн, кайнозойн хурдсаас делюви, пролюви, нуур, аллювийн гаралтай дөрөвдөгчийн хурдас нэлээд талбайг хамран тархсан.

Хяргас-Дөргөний бүс

Хяргас, Дөргөн нууруудын ай савыг хамрах Хяргас-Дөргөний бүс нь хойд талаараа Ханхөхий, баруун, баруун урд талаараа Алтанхөхий, Баатархайрхан, зүүн талаараа Даагандэлийн бүстэй хиллэн судалгааны талбайн ихэнх хэсгийг эзэлнэ.

Хяргас-Дөргөний бүс геологийн тогтцын хувьд томоохон нуурууд байрладагтай холбоотойгоор үндсэн гаршууд мезо-кайнозойн ихээхэн тархалттай тунамал хурдсаар хучигдах ба эдгээрээс дөрөвдөгчийн үеийн нуурын, делюв-пролювийн хурдас зонхилон тархдаг онцлогтой ([1.1-р зураг](#)). Уг бүсийн хэмжээнд серпентинит, габбро, гарцбургит, лерцолит, пироксенит, габбродиабаз, габбро-анортозит, габбро-пироксенитээс бүрдэх неопротерозойн эдиакарийн ангилаагүй хэт суурилаг чулуулгийн бүрдэл (NP₃), пироксенит, гарцбургит, серпентинит, ховроор габбро бүхий терреновын хэт суурилаг бүрдэл (E₁), габбро, габбронорит, оливинт габбро, троктолит, анортозит, плагиоперидотитын найрлагатай Терреновын Хиргиснуур бүрдэл (E_{1h})-үүд тогтоогдсон боловч харьцангуй жижиг гаршуудыг үүсгэсэн байдаг.

Цулуул формацыг анх [Амантов \(1963\)](#), [Лувсанданзан \(1976\)](#), [Дергунов \(Dergunov, 1989\)](#) нар ялгаж судалсан. Формац нь Тогтохыншил бүрдлээр зүсэгддэг ба доод кембрийн Бургастай формацын вулкан-тунамал зузаалгаар хучигдана. Өмнөх судалгаагаар Цулуул формацад литологийн зүсэлт хийсэн бөгөөд уг зүсэлтээр 800

м зузаан спилит, түүний туф, туффит, туф силицит, туфэлсэн чулууны үелэл, 100 м андезибазальт, 125 м спиллит, спилитийн лавабрекч, туффит, туфсилицитын үелэл, 200 м спилит, туффит, туффосилицит, ногоон занар, туф элсэн чулуу, 200 м зузаан туффит, 1500 м туффосилицит элсэн чулуу тугын дараалсан үелэл тогтоогджээ.

Дунд-хожуу кембрийн Тагна бүрдэл (E_{2-3tg})-ийн бараавтар саарал, ногоовтор саарал өнгийн дунд ба жижиг мөхлөгт габбро, габбродиорит, диорит, дунд-хожуу кембрийн Тогтохыншил бүрдэл (E_{2-3t})-ийн жижиг, жижиг-дунд мөхлөгт габбродиорит, диорит, кварцат диорит, адамеллит, граносиенит, монцодиорит шүлтлэг гранит, лейкократ гранит, гранит порфир нь бүсийн хэмжээнд тогтоогдсон хамгийн эртний настай Цулуул формацын вулканоген-тунамал чулуулгийг зүсэх ба хагарлаар хиллэдэг.

Хяргас-Дөргөний бүсэд ордовикийн настай интрузив ба субвулкан чулуулгууд тогтоогдсон боловч ихэвчлэн ангилагдаагүй байх ба өмнөх насны чулуулгийг зүссэн ба хагарлаар хиллэсэн байдаг. Ордовикийн үеийн магмын чулуулгуудыг риодацит, риолит порфир, трахириолит, риолитын дэл судал байдлаар илрэх түрүү-дунд ордовикийн субвулкан (O_{1-2}) биетүүд, плагиогранит, биотитот гранит, гранит, аплитаас бүрдэх дунд ордовикийн ангилаагүй бүрдэл (O_2), дунд мөхлөгт габбродиорит, гранодиорит, биотит-эвэрхуурмагт гранит, калийн хээрийн жоншит гранит, биотитот гранит, лейкогранит бүхий дунд-хожуу ордовикийн бүрдэл (O_{2-3}), лейкогранит, биотит-эвэр хуурмагт гранит, гранитаас тогтох хожуу ордовикийн ангилаагүй бүрдэл (O_3)-д ялгасан байна.

Намир формац (O_{1-2n})-ыг анх Ховд ба Нуурын бүсийг заагладаг Цагааншувуутын гүний хагарал дагаж илэрсэн жинхэнэ зузаан нь тодорхойгүй, бас организмын үлдэгдэл тодорхойлогдоогүй вулканоген-тунамал зузаалгийг Л.В.Чистоедов 1991 онд ялгасныг формацад хамааруулжээ (Минжин, 2006) нь Тогтохыншил бүрдлийг хучдаг бөгөөд ордовикийн настай Түргэнгол бүрдлийн гранитоидоор зүсэгдэж, доод-дунд силурын Чаргат формацаар өнцгийн үл нийцлэгээр хучигдана (Самозванцев нар, 1982). Намир формац нь голдуу андезит-дацитын найрлагатай бор ногоон лавабрекч, миндалин текстуртай улаан хүрэн өнгийн лава, туфконгломерат, том хэмхдэстэй туф элсэн чулуу, гравелит, конгломерат,

алевролит, андезит-дацитын найрлагатай бор ягаан хүрэн лава, лавабрекч, туфуудаас тогтоно.

Хожуу девоны Шивээнгол бүрдэл (D_{3s}) нь габбро, шүлтлэг габбро, монцодиорит, кварцат монцодиорит, сиенитдиорит, сиенит, граносиенит, трахириолит, риолитоос тогтох бөгөөд эдиакари-терреновын Цулуул, доод девоны Тээл формацуудын тунамал-вулканоген чулуулгуудыг зүсэх ба хагарлаар хиллэн, мезо-кайнозойн хурдсаар хучигддаг. Түүнтэй нэг түвшний трахириолит порфир, микросиенит, микрогранит, гранит порфир бүхий субвулкан бүрдэл (D_{3s}) орон зайн хувьд ойролцоо тархалттай байна.

Хяргас-Дөргөний бүсэд карбоны интрузив магмын үйл ажиллагаагаар үүссэн чулуулгуудыг насны хувьд миссисипи ба пенсильванид ангилсан байдаг. Миссисипийн Хархираа бүрдлийн (C_{1h}) субшүлтлэг аляскит, гранит, микроклин-альбитат гранит, микрогранит, граносиенит, биотитот лейкогранит, граносиенит нь ихэвчлэн Алтанхөхийн бүстэй хиллэсэн хэсэгт илэрсэн байна. Харин пенсильванийн ангилаагүй бүрдэл (C₂) нь габбронорит, шүлтлэгдүү пироксенит, пироксен-эвэр хуурмагт габбро, габбродиабаз, габбродиорит, диорит, сиенит, кварцат сиенит, шүлтлэгдүү кварцат сиенит, биотит-эвэр хуурмагт, биотитот граносиенит, нефелинт, шүлтлэг эгиринт сиенит, шүлтлэг гранитаас тогтох ба бүсийн баруун дээд хэсэгт Ханхөхий, Алтанхөхийн бүстэй хиллэсэн хэсэгт дунд девоны Уургат формацын чулуулгуудтай орон зайн холбоотой байрлана.

Баатархайрханы бүс

Монгол Алтайн зүүн урд хэсэгт орших Жаргалант хайрхан, Баатар хайрхан, Баянцагаан, Дулаанхарын нурууд болон Бага Даривын уулсыг хамрах үргэлжлэх Баатархайрханы бүсийн хойд багахан хэсэг судалгааны талбайн урд талд байрладаг. Энд эдиакари – терреновын Цагаанцахир формац (NP₃-E_{1cc})-ын занаржсан аргиллитын нарийн үе агуулсан голдуу үеллэгдүү, цул заримдаа хайрслал маягийн шохойн чулуу, доломитот шохойн чулуу, доломитын найрлагатай чулуулаг түүнийг зүссэн дунд-хожуу кембрийн Тогтохыншил бүрдлийн (E_{2-3t}) 2-р фазын гранитоид чулуулгууд тархах ба дөрөвдөгчийн пролюви, нуур, аллювийн гаралтай хурдсаар хучигдсан байна (I.1-р зураг).

БҮЛЭГ II. НУУРЫН БҮСИЙН ПАЛЕОЗОЙН МАГМАТИЗМ

II.1. Нуурын бүсийн магматизмын судалгааны ажлын тойм

Баруун Монголын Нуурын бүсэд хожуу неопротерозой-кембрийн, түрүү-дунд палеозойн үеийн магмын чулуулаг өргөн тархсан байдаг.

Хожуу неопротерозой-кембрийн үеийн магматизм нь янз бүрийн настай офиолитын биетүүдтэй бөгөөд үүнийг неопротерозой-түрүү кембрийн нум-микроконтинентын коллизийн бүс, кембрийн Говь-Алтайн офиолит-микроконтинентын коллизийн бүс ба кембрийн Транс-Алтайн арлан нумын өврийн бүрдэл ялгажээ (Jian et al., 2014). Хожуу неопротерозой-кембрийн магматизм нь Нуурын бүсэд (арлан нум) ихэвчлэн вулканик-тунамал чулуулаг ба бага хэмжээгээр гранитоидын тархалтаар илэрхийлэгддэг.

Нуурын бүсийн хэмжээнд дараах үе шатуудыг ялгадаг (Ковач и др., 2011; Руднев и др., 2009). Үүнд:

1. Хөнгөн цагаан ихтэй диорит-тоналит-трондьемит (551 ± 13 сая жил, ихэвчлэн 535 ± 6 , 524 ± 10 сая жил; $\epsilon Nd(T) = 9.0 - 7.4$)
2. Хөнгөн цагаан багатай диорит-тоналит-трондьемит (519 ± 8 - 494 ± 10 сая жил; $\epsilon Nd(T) = 7.9 - 6.5$)
3. Шүлтлэг гранит-монцодиорит (511 ± 2 сая жил, $\epsilon Nd(T) = 7.2 - 6.0$)
4. Диорит-гранодиорит-гранит-лейкогранит (465 ± 11 - 456 ± 4 сая жил; $\epsilon Nd(T) = 6.9 - 3.1$). Бүгд нэмэх өндөр $\epsilon Nd(T)$ үзүүлдэг учир гранитоидын эх үүсвэр нь шавхагдсан байна.

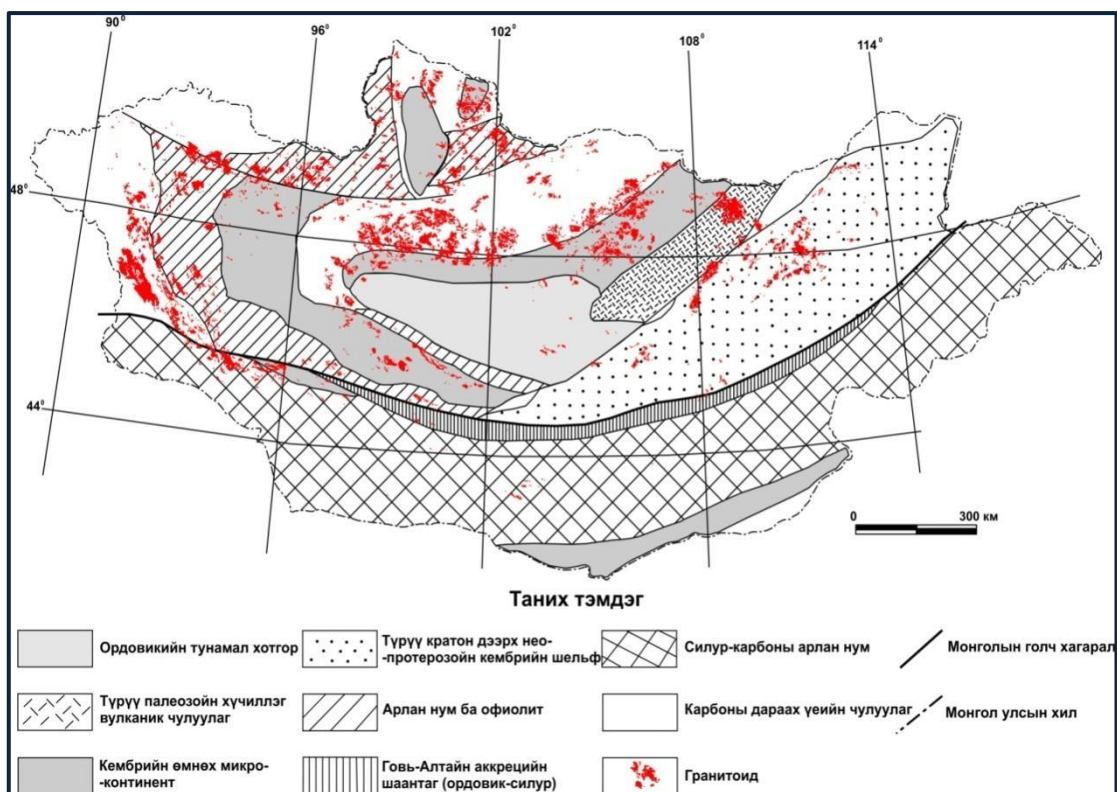
Палеозойн гранитоид магматизм нь арлан нум, арлан нумын арын/өврийн хотгорт субдукцийн нөхцөлд үүссэн. Кембрийн габброидын жижиг биетүүд арлан нумын (Нуурын бүс) ба аккрецын террейнүүдэд тархалттай (Төмөртоого нар, 2007). Дунд-хожуу кембрийн гранитоид нь габбродиорит-плагиогранит-гранитын найрлагатай олон фазтай томоохон батолитуудыг үүсгэх ба Нуурын бүс, Хангайн хойд хэсэг, Алтай ба Төв Монголын хэсгээр тархалттай (II.1, II.2-р зураг).

Руднев нар (Руднев и др., 2009, Руднев и др., 2016) Нуурын бүсэд түрүү палеозойд өргөн тархсан гранитоидыг арлан нумын ба аккрец-коллизын гэж ялгаж Хяргас нуурын массивын гранитоидыг хөнгөн цагаан ихтэй арлан нумын үе шатанд үүссэн гэж үздэг. Ийм төрлийн хөнгөн цагаан ихтэй, диорит-тоналит-

плагиогранитын ассоциаци нь дэлхийн бусад TTG (тоналит-трондьемит-гранодиорит) бүрдлүүдтэй ижил (Martin et al., 2005), нилээд өндөр даралтын (15 кбар орчим) нөхцөлд үүссэн гэж үздэг.

Нуурын бүсэд дунд-хожуу кембрийн гэж тодорхойлогддог Тогтохыншил бүрдлийн габброидын насыг 459 ± 2 ба түүнийг зүссэн шүлтлэг гранитоид чулуулгийн насыг 376 ± 2 сая жил гэж тогтоосон (U-Pb аргаар (LA-ICP-MS). Дунд ордовик буюу ~ 450 сая жил, хожуу девон буюу ~ 376 сая жил хэмээн хоёр үе шатыг ялгаж, дунд ордовикт суурилаг габбро-диоритын, хожуу девонд гранитын ассоциаци үүссэн гэж тогтоожээ (Soejono et al., 2016).

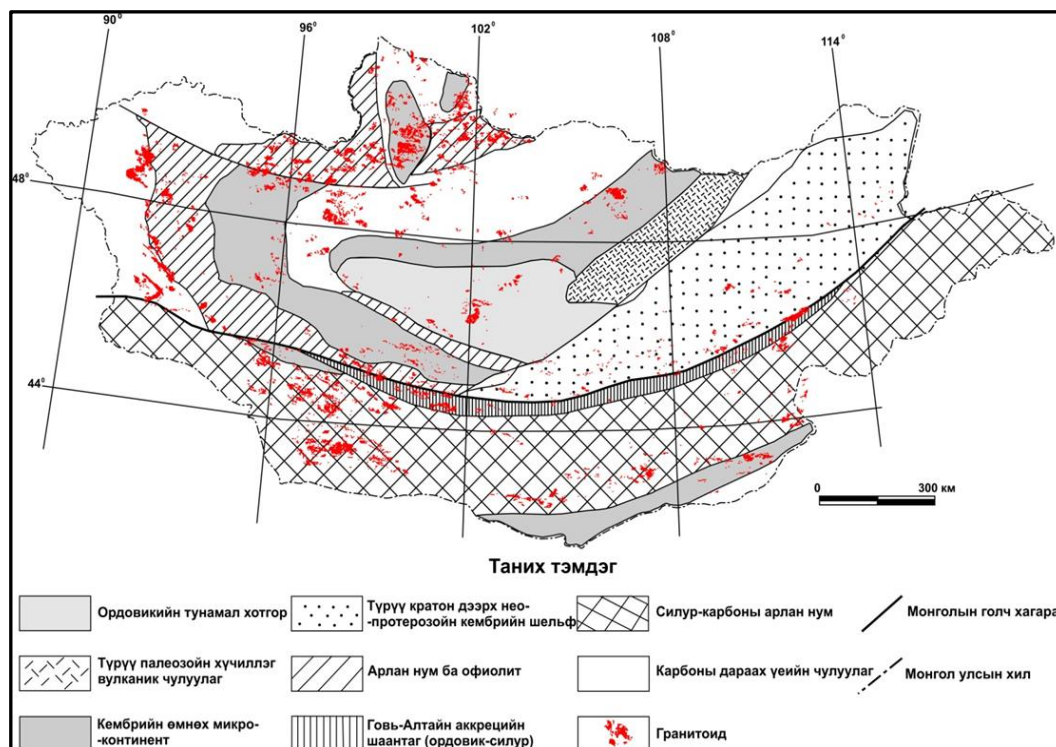
Манай төслийн багийн өмнөх судалгаагаар Тогтохыншил бүрдлийн Шартолгой массивын дээжинд цирконы U-Pb үнэмлэхүй нас тогтоосон нь 462 ± 2.5 сая жилийн буюу дунд ордовикийн насанд, Харнуур массивын дээжийн U-Pb нас 434 ± 6.4 сая жил, 430 ± 5.1 сая жил настай байгаа нь силурын ландовер-венлокийн үед хамаарч байна (Мөнхцэнгэл нар, 2018).



II.1-р зураг. Түрүү палеозойн үеийн (530-450 сая жил) магматизмын тархалт (Гэрэл, 2012).

Дунд палеозойн гранитоид нь ижил насны вулканик чулуулгийн хамт Алтай, Хойд Монгол, Өмнөд Монгол гэсэн томоохон мужуудад, ихэвчлэн шүлтлэг-шохойлог эгнээний чулуулаг болон шүлтлэг бүрдлүүдээр Баруун Монгол ба Хөвсгөлийн мужуудад тархсан байдаг (Геология МНР.,1973). Дээд силурын габбродиорит-гранодиорит-гранитын эгнээ Ховд бүрдэл, Алтай, Ховдын террейний хэмжээнд томоохон массив үүсгэдэг бөгөөд К-Аг нас нь 426+413 сая жил, девоны гранит-аляскитын массивууд нь Монгол Алтай, Говь Алтай, Өмнөд Монголд өргөн тархах ба девоны шүлтлэг магматизм нь Монголын хойд хэсэгт пантеллерит-комендитын вулканик чулуулагтай эвшилдэн рифтийн хотгоруудад хөгжсөн байдаг.

Баруун Монгол ба Монголын Алтайд Nb-Zr-ГХЭ-ийн хүдэржилт бүхий Халзан бүрэгтэй бүрдэлд 4 шүлтлэг массив ялгах ба Халзан бүрэгтэй бүрдэлд Коваленко нар магматизмын долоон үе ялгасан байдаг. Үүнд: нордмаркит ба долерит, шүлтлэг гранит ба долерит, экеритийн дайк, пантеллеритын дайк, ховор металлт гранит, сиенит ба сиенитийн дайк, миаролит ховор металлт гранит зэрэг болно. Массивууд нь ерөнхийдөө Алтан-Хөхий региональ хагарлаар хянагддаг. Хүдэржилт нь хожуу фазын шүлтлэг граниттай холбоотой (Kovalenko et al.,1995).



II.2-р зураг. Дунд палеозойн үеийн (450-360 сая жил) магматизмын тархалт (Гэрэл, 2012)

Палеозойн гранитоид нь ихэвчлэн дунд ба өндөр калитай шүлтлэг-шохойлог эгнээний, I-төрлийн олон фазт, түрүү фаз нь амфибол-биотитот ба биотитот гранит, габбро, габбро-диоритын найрлага бүхий субдукцтэй холбоотой арлан нум ба эх газрын нумын нөхцөлд үүссэн чулуулаг юм. Үүнээс гадна субдукцийн дараах плит доторх шинжтэй А-төрөлд хамаарагдах чулуулаг тохиолддог. Жишээ нь: Нуурын бүсийн Тогтохыншил бүрдлийн дунд ордовикийн габбро-диоритын ба хожуу девоны гранитын эвслүүдийг өөр нөхцөлд үүссэн гэж үздэг (Soejono et al., 2016).

Дунд ордовикийн габбро-диорит нь геохимийн онцлогоор мантийн эх үүсвэртэй, багаас дунд калитай, шүлтлэг-шохойлог, литофиль элементүүд (LILE) ба хөнгөн ГХЭ-ээр баяжсан ба өндөр цэнэгтэй (HSFE) элементээр шавхагдсан шинжээр нь арлан нумын нөхцөлд үүссэн гэж тайлбарладаг (Soejono et al., 2016).

Анатексисээр үүссэн гранитын ассоциаци нь олон тооны суурилаг оромууд агуулсан тул мантийн нөлөөлөл байсныг гэрчилнэ. Кемпе нар (Kempe et al., 2014) гол фаз болох сиенит, кварцат монцонит, шүлтлэг долеритыг гол интрузивд оруулж, шүлтлэг гранит ба сиенитийн хувирсан дайкуудыг метасоматозын бүтээгдэхүүн гэж үзжээ. Ховор металлт гранитыг хүдрийн метасоматит гэж тодорхойлж, олон фазууд болон Zr-Nb-ГХЭ-ийн хүдэржилтийн үүсэлд метасоматоз чухал ач холбогдолтойг онцолсон байдаг. Шүлтлэг магматизмын Rb-Sr ба Ar/Ar аргаар тодорхойлсон нас нь 420 ба 395 сая жил (Kempe et al., 2014, Kovalenko et al., 1995, 2006). Гидротермаль хувирлын нас 325 сая жил гэж үздэг (Kempe et al., 2014). Энэ массивууд нь анороген тэлэлтийн нөхцөлд үүссэн бөгөөд шүлтлэг магматизмын процесст метасоматозын нөлөө чухал байсныг тэмдэглэжээ (Kempe et al., 2014).

Нуурын бүсийн хойд хэсэгт орших Тогтохыншил бүрдлийн гранитоид чулуулаг нь 3 үе шаттай (540-520, 510-485, 475-450 сая жил), хэд хэдэн бие даасан магмын эвслүүд үүсгэсэн байдаг. Хар нуур, Шар толгойн массивууд нь цаг хугацааны хувьд 540-450 сая жилийн хооронд бүрэлдэн бий болжээ. Магмын эвслүүд нь бодисын найрлага, эх үүсвэр, үүссэн геодинамик нөхцлөөрөө бие биенээсээ эрс ялгардаг гэж үздэг (Руднев и др. , 2009).

Эхний үе (540-520 сая жил) арлан нумын орчин: Хар нуур массив хөнгөнцагаан ихтэй плагиогранитоидын тоналит-плагиогранитын (531 ± 10 сая жил, I-төрлийн) ба

диорит-тоналитын эвслүүд, Шар толгой массив нь хөнгөнцагаан багатай плагиогранитоидын тоналит-плагиогранитын (529 ± 6 сая жил, I-төрлийн), мөн Хяргас нуурын перидотит-габброноритын (Хар чулуу, Завханы массивууд) бүрдлүүд тус тус үүсчээ. Хар нуурын массивын диорит, плагиогранитын эвшлийн чулуулгууд нь $\epsilon Nd(T) = +7.9 \dots +7.4$, $TNd(DM) = 0.65$ тэрбум жил заах ба стронцийн изотопоор $(^{87}Sr/^{86}Sr)_0 = 0.7037 - 0.7039$ байдаг бол Шар толгой массивын плагиогранит нь (тоналит-плагиогранитын эвшил) $\epsilon Nd(T) = +6.5 \dots +6.6$, $TNd(DM) = 0.73 - 0.70$ тэрбум жил, стронцийн изотопын анхдагч харьцаа нь $(^{87}Sr/^{86}Sr)_0 = 0.7038 - 0.7039$ байдаг байна. Эдгээр массив нь субдукцийн эх үүсвэртэй, бага зэрэг эртний царцдасын материал агуулсан ювенил хайлмаг байсан байж болох юм.

Хоёрдугаар үе (510-485 сая жил) аккрецын орчин: Шар толгой массивыг бүрдүүлэгч, хөнгөн цагаан багатай плагиогранитоидын диорит-тоналит-плагиогранитын эвшил (494 ± 10 сая жил, M-төрлийн), Sr-Nd изотопоор ($\epsilon Nd(T) = +6.6$, $(^{87}Sr/^{86}Sr)_0 = 0.7039$) зааж байгаа нь түрүү үеийн плагиогранитоидоос ялгагдахгүй байгаа юм. Энэ нь найрлагаараа ойролцоо субстратуудын хайлмаг байж болох юм гэсэн таамаглалыг төрүүлж байна (Руднев и др., 2009).

Гуравдугаар үе (475-450 сая жил) постколлизын орчин: Хар нуур массивын диорит-гранодиорит-гранитын эвшил нь (459 ± 10 сая жил, I-төрлийн), Sr-Nd изотопоор $\epsilon Nd(T) = +5.1$, $TNd(DM) = 0.74$ тэрбум жил ба стронцийн изотопоор $(^{87}Sr/^{86}Sr)_0 = 0.7096$ зааж байна. Дээрх судалгаануудад үндэслэн, эдгээр массивыг үүсгэгч хайлмаг нь эртний царцдасын материал агуулсан “каледоны” ювенил царцдасын хэсэгчилсэн хайлалтын үр дүнд үүссэн байж болох юм (Руднев и др., 2009).

Руднев нар (Руднев и др., 2016) Нуурын бүсийн Бумбатхайрханы дүүрэгт арлан нумын (551-524 сая жил) ба аккрец-коллизын (511-468 сая жил) үе шатанд үүссэн бага ба өндөр хөнгөн цагаантай плагиогранитыг ялгасан. Арлан нумын үе шатанд өндөр хөнгөнцагаантай төрлүүд зонхилж гранат агуулсан реститтэй (үлдэгдэлтэй) тэнцвэртэй метабазитын хэсэгчилсэн хайлалтаар субдукцийн бүс рүү шургахад үүсч геохимийн шинжээр өндөр цахиуртай адакиттай төстэй байдаг. Харин бага хөнгөнцагаантай плагиогранит арлан нумын системийн сууринд амфибол агуулсан

реститтэй тэнцвэртэй метабазитын хэсэгчилсэн хайлалтаар арай бага $P \leq 8$ кбар даралтанд үүсдэг гэж үзсэн.

Акрец-коллизын үе шатны плагиогранит дотор мөн хоёр төрөл ялгаж өндөр хөнгөн цагаантай плагиогранитууд гранат агуулсан реститтэй тэнцвэртэй метбазитын хэсэгчилсэн хайлалтаар зузаарсан царцдасын коллизийн бүсийн сууринд $P \geq 15$ кбар даралтын нөхцөлд ба бага хөнгөнцагаантай плагиогранитууд плагиоклазтай реститтэй тэнцвэртэй метабазитын хэсэгчилсэн хайлалтаар коллизийн бүсийн дээд хэсэгт $P \leq 8$ кбар даралтын нөхцөлд үүссэн гэж тогтоосон байна.

Мөн Руднев нар ([Руднев и др., 2021](#)) Нуурын бүсийн вулканоген чулуулгийн дунд илэрдэг хэд хэдэн габбро ба плагиогранитын массивудын геохронологийн судалгааны үр дүнд бие даасан вендын арлан нумын интрузив магматизмын үе шатыг ялгасан (560-542 сая жил). Эхний үед (560–555 сая жил) габброид ба плагиогранит ба эцсийн үед (547-542 сая жил) кварцат диорит, тоналит ба плагиогранит үүссэн гэж үзсэн. Чулуулаг толеит ба шүлтлэг-шохойлог серид хамаардаг. Судалсан массивуудад олдсон ксеноген цирконы нас 718-559 сая жил гэж тогтоон эх үүсвэрийн хувьд ялгаатай, харин кембрийн өмнөх материал интрузив бүрдлүүдийн магмын найрлаганд нөлөө үзүүлээгүй гэж үзсэн. Эх үүсвэрт Палеоазийн далайн царцдас (800–600 сая жил) болон вендын арлан нумын (583-559 сая жил) болон офиолитын (573-560 сая жил) материал оролцож байсан.

Яноушек нар ([Janousek et al., 2018](#)) Нуурын бүсийн өмнөд хэсэгт орших кембрийн настай (538-485 сая жил) Хантайширын магмын бүрдлийн гүний амфиболт габбро ба горнблендит ба арай бага гүний амфибол-биотитод тоналитыг судалсан. Кембрийн настай чулуулаг геохимийн хувьд хөгжөөгүй ($Mg\# \sim 50$), Na баялаг ба хөнгөнцагаанаар дунд зэрэг ханасан байхад шүлтлэг-шохойлог чулуулаг эх газрын нумын нөхцөлд үүссэн шинж тэмдэгтэй (LILE баяжсан) байдаг. Суурилаг магма субдукцээр өөрчлөгдсөн шавхагдсан мантийн их үүсвэртэй (ϵNd бүгд $> +3$ их, ихэнх дээжинд $> +8$) бөгөөд чулуулгийн үүсэлд доод царцдасын метабазитын хэсэгчилсэн хайлалт ба улмаар хэсэгчилсэн талсжилт, магмын холилдолт гол механизм байсан гэж үзсэн. Бүх чулуулаг субдукцийн шинж үзүүлдэг бөгөөд Байдрагийн микротивийн захаар оршиж байсан ба Их Монгол нум гэж нэрлэсэн кембри-ордовикийн томоохон субдукцийн систем нь кембрийн өмнөх

микротивүүдийг (Тува-Монгол, Байдраг ба Завхан) хүрээлж неопротерозойн захын бассейнуудтай (Нуурын бүс) аккрецлаж Монголын ороклины гадаад хэсэг байсан бололтой.

Судлаачдын үзэж байгаагаар, Монголын газар нутгийн хэмжээнд плит доторх магматизм нь өргөн тархалттай бөгөөд мантийн плюктэй холбоотой юм. Р.М.Яшина нарын судалгаагаар палеозойн шүлтлэг магматизм нь интрузив болон эффузив хэлбэрээр илэрхийлэгдэх бөгөөд ерөнхийдөө силурын төгсгөлөөс доод девон-хожуу карбон хүртэл хоёр үе шаттай явагдсаныг тогтоосон байдаг (Яшина, 1982). Харин дунд-хожуу девоны гранитоид чулуулгийн өргөн цар хүрээтэй тархсан тархалтаар нь дээрх үе шатуудыг заагладаг гэж үздэг. Дунд палеозойн силур-девоны вулканизм нь ихэвчлэн томоохон уулс хоорондын хотгоруудад тектоник ан цав, хагарлуудын дагуух хөндийнүүдэд тархалттай. Эффузив чулуулгаас трахиандезит, фонолит, трахитын оролцоотой шүлтлэгдүү болон шүлтлэг базальтууд байх ба үүнтэй нягт холбоотой лейкотералит, тешенит, ийолит-порфир, сиенит-порфирын субвулкан биетүүд хөгжсөн байдаг. Эртний өргөгдлийн захыг эмжээрлэн тогтсон уулс хоорондын хөндийн зах хэсгээр, шүлтлэг габброидын интрузив магматизм хөгжсөн байна. Энэ төрлийн магматизм нь урьд кембрийн Тува-Монголын массивын транс-структуруудын хагарлын бүсүүд, “сэргээгдсэн” хил заагуудын заадас хэсгийг хамран маш өргөн хэмжээнд тархжээ. Үүний үр дүнд шүлтлэг габброид, шүлтлэг чулуулгийн интрузивууд нь “гинжин” хэлхээгээр цуварч сунаж тогтсон эсвэл гүний хагарлуудын (Кузнецк-Алатау, Өмнөд Минусин, Дорнод Саяан, Төв Сангелын, Хойд Монголын Ужиг-Бэлтэсийн гол, Удин-Витимын зэрэг) заадсын дагуу олон тооны ассоциаци үүсгэн тогтжээ. Эдгээр массивууд нь тектоникийн салбар хагарлуудаар хянагдана (Оюунбат, 2021). Нуурын бүсэд шүлтлэг магматизм хойноос урагшаа чиглэлтэй грабенд илэрдэг бөгөөд Халзанбүрэгтэй шүлтлэг массивт тодорхойлсон нас ойролцоо ба 395 сая жил заадаг (Rb-Sr, Sm-Nd, Ar-Ar). Субвулканик ба вулканик чулуулаг ихэвчлэн суурилаг найрлагатай боловч мөн сиенит, нефелинт сиенит ба шүлтлэг гранит тохиолддог (Kovalenko and Yarmolyuk, 1995; Vorontsov and Yarmolyuk, 1993).

Палеосоронзон орны мэдээллийн үндсэн дээр мантийн плюмын шилжилт ба шүлтлэг бүрдлүүд венд-кембри, хожуу палеозой, мезозой ба кайнозойд янз бүрийн

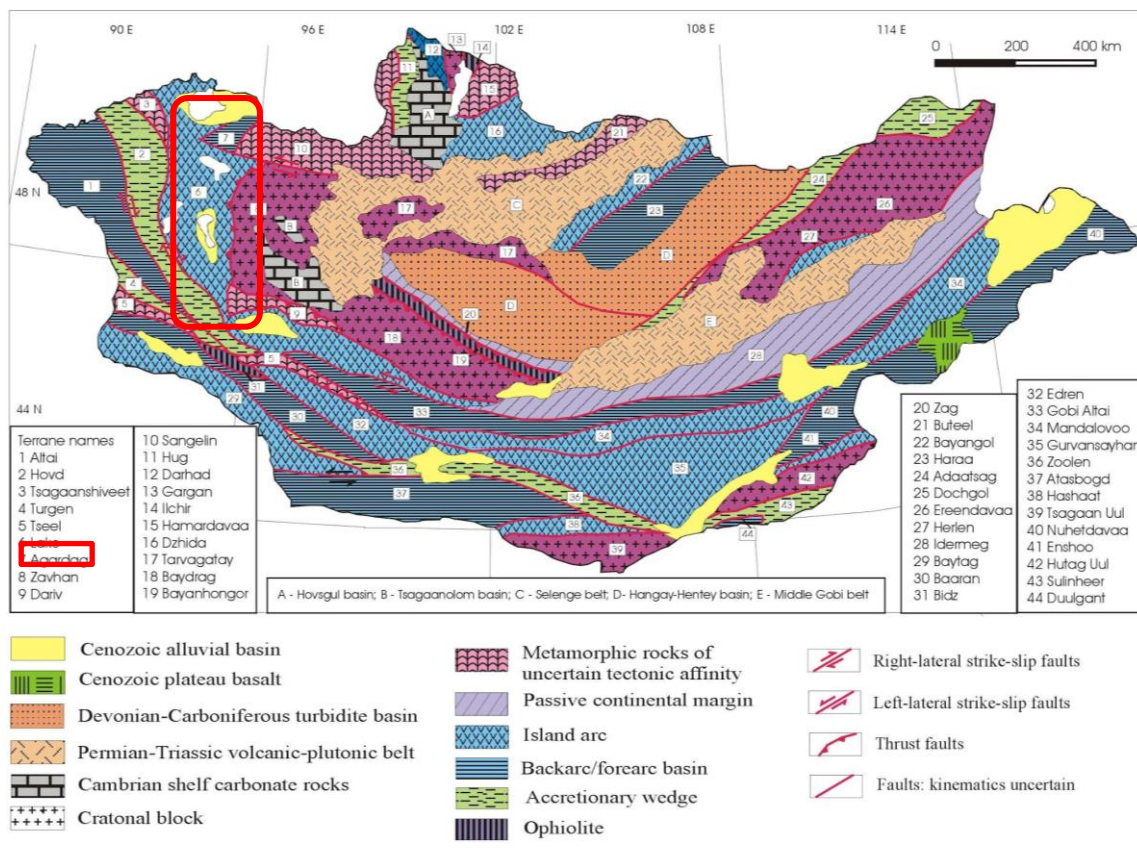
мантийн эх үүсвэртэй байсныг тогтоосон байдаг. Тухайлбал, Халзан бүрдлийн шүлтлэг чулуулгийн эх үүсвэр нь мантийн ба манти-царцдасын OIB, E-MORB, IAB болон туслах чанарын N-MORB, мөн дээд эх газрын царцдасын оролцоотой. Арлан нум ба эх газрын нумын супрасубдукцийн нөхцөлд шүлтлэг магм, шүлтээр баялаг дунд ба суурилаг чулуулгийн хайлалтаар үүсэх боломжтой гэж үздэг. Магма нь изотопын хувьд шавхагдсан мантийн эх үүсвэртэй (Коваленко и др, 2006).

Ерөнхийдөө Нуурын бүсийн арлан нумын систем нь эдиакари-кембрийн (570-490 сая жил) цаг үед далайн плато ба далайн дундын арлан нумын нөхцөлд хөгжиж, арлан нумын ба аккрецын үе шатанд натрийн серийн өндөр ба бага хөнгөнцагаантай гранитоид магматизм кембрийн цаг үед илэрсэн гэж үздэг байна. Геохимийн ба изотопын үзүүлэлтээр арлан нумын базальт, андезит ба дацитын эх үүсвэр ихэвчлэн шавхагдсан манти байсан, харин арлан нумын системийн хөгжлийн эхний үе шатанд далайн платогийн үүсэлд баяжигдсан плюмын эх үүсвэр оролцсон гэж үздэг байна (Yarmolyuk et al., 2011; Kovach et al., 2011; Rudnev, 2013). Девоны үед магмын идэвхжил тэлэлтийн горимд шилжиж грабен-маягийн структурт шүлтлэг магматизмаар илэрсэн байна.

II.2. Судалгааны аргачлал, дээж материал

II.2.1. Бэлтгэл ажил

“Нуурын бүсийн палеозойн магматизм, геодинамик хөгжил, ашигт малтмал” төслийн судалгааны бэлтгэл ажил нь 2019 оны 6 сард төслийн сонгон шалгаруулалтын дүн гарч гэрээ хийснээр эхэлсэн (II.3-р зураг). Бэлтгэл ажилд өмнөх судалгааны ажлын хэвлэгдсэн мэдээлэл цуглуулах, Геологийн мэдээллийн сангаас төслийн талбайн 1:500 000, 1:200 000 масштабтай геологийн зураг, бичвэрийг цуглуулах хээрийн судалгааны ажилд зориулсан геологийн суурь мэдээлэл бэлтгэх, геологийн зураг хэвлэх зэрэг ажлууд орох бөгөөд эдгээр ажлуудыг 2019 оны 6-8 сард хийж гүйцэтгэв.



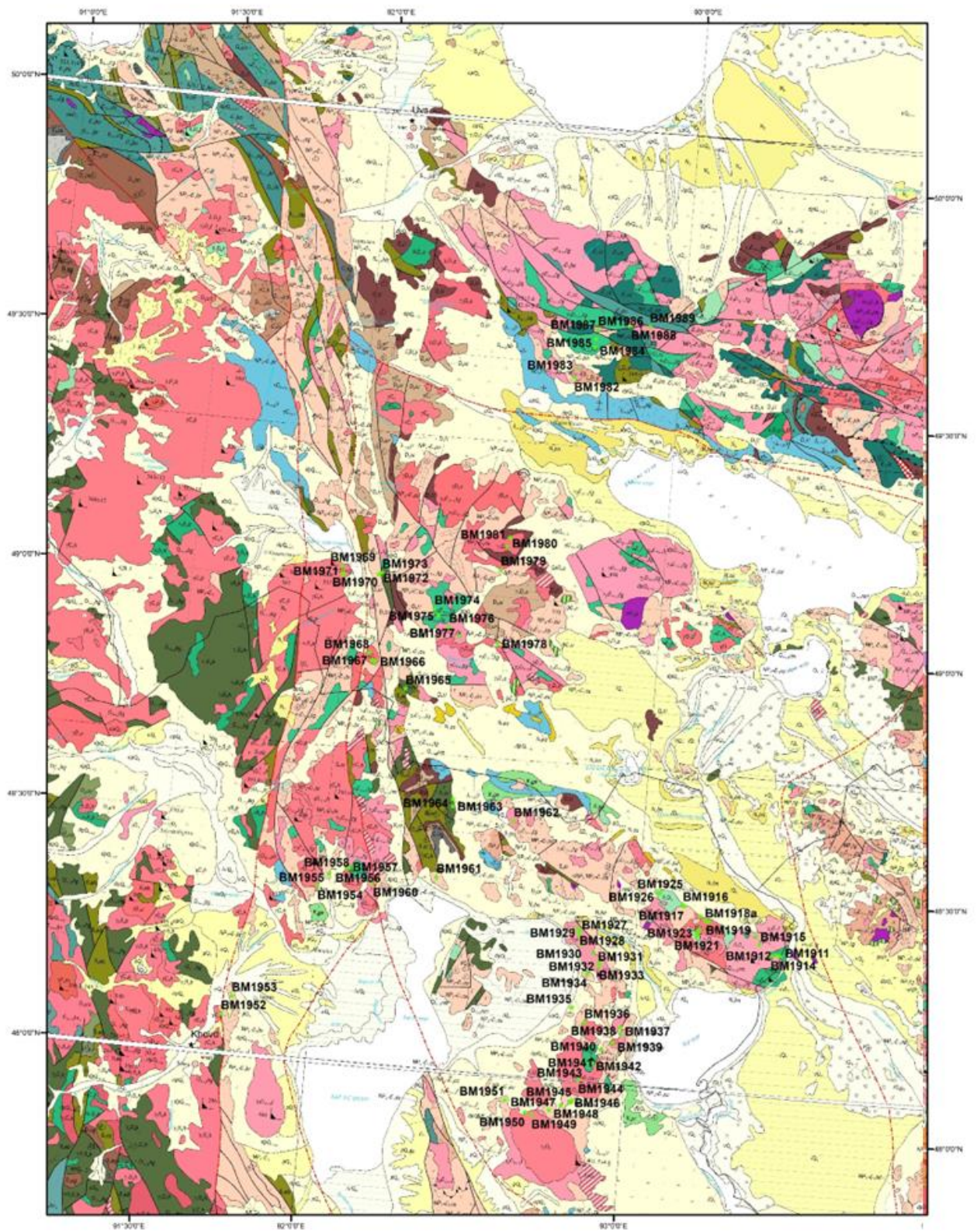
II.3-р зураг. Монгол орны тектоник бүсчлэлийн схем зураг (Badarch et al., 2002). Тод улаан хүрээнд буй талбай нь Баруун Монголын Нуурын бүсийг заана.

II.2.2. Хээрийн судалгаа

- Баруун Монголын Нуурын бүсд хийсэн хээрийн судалгааны ажил

Төслийн ажлын хүрээнд хээрийн судалгааны ажлыг 2019 оны төслийн календарчилсан төлөвлөгөөний дагуу 8 сард хийж гүйцэтгэсэн. Энэ удаагийн хээрийн судалгаагаар Улаанбаатар-Архангай-Завхан-Увс-Ховд чиглэлд 5000 орчим км зам туулж хээрийн маршрут хийсэн байна.

Хээрийн ажлаар Баруун Монголын Нуурын бүсэд тархсан Тогтохыншил бүрдэл, Ховд бүрдэл, Хархираа бүрдэл, Сээр бүрдэл, Цулуул формац, Баатар формац, Алтанхөхий, Намир зэрэг формацуудаас нийт 100 гаруй чулуулгийн дээжлэлт хийсэн байна. Хээрийн маршрутын үед авсан дээжлэлтийн цэгүүдийг зурагт үзүүлэв (II.4-р зураг). Хээрийн судалгааны явц, дээж бэлтгэл, дээжийн жагсаалтыг II.5-II.7-р зурагт үзүүлэв.



II.4-р зураг. Баруун Монгол, Нуурын бүсэд хийсэн хээрийн судалгааны ажлын дээжлэлтийн цэгүүд.



II.5-р зураг. Хээрийн судалгааны ажил, маршрут



II.6-р зураг. Дээж бэлтгэл, чулуун дээжийн жишээ

№	Дээжийн дугаар	Уртраг	Өргөрөг	Өндөржилт	Бүрдэл, формацийн нэрс	№	Дээжийн дугаар	Уртраг	Өргөрөг	Өндөржилт	Бүрдэл, формацийн нэрс
1	BM1910					57	BM1949	92.7189388	47.922449	1491.36	
2	BM1911	93.45966667	48.293694		E3 Тогтохыншил 1	58	BM1950	92.6986593	47.925882	1465.885	O2 Сээр бүрдэл 2
3	BM1912	93.44563889	48.295111			59	BM1951	92.6329329	47.948866	1406.284	Цул уул формац
4	BM1913	93.3917774	48.315789	1224.836		60	BM1951a				
5	BM1914	93.4292923	48.293062	1201.524	E3 Тогтохыншил 2	61	BM1952	91.7246981	48.076348	1411.331	NP3-Eah формац
6	BM1915	93.3784998	48.332402	1215.944		62	BM1953	91.7527221	48.115877	1338.511	
7	BM1916	93.1419723	48.385809	1282.395		63	BM1954	91.9885901	48.363095	1466.125	D3 Халзан бүрдэл
8	BM1916a				Цул уул формац	64	BM1954a				
9	BM1917	93.1457770	48.383945	1293.089		65	BM1955	92.0213710	48.390118	1518.276	
10	BM1917a					66	BM1956	92.0769562	48.404491	1574.273	
11	BM1918a	93.1994166	48.365764	1234.689		67	BM1956b				NP3-Eah формац
12	BM1919	93.2168558	48.357359	1235.651	O3 Тогтохыншил 2	68	BM1957	92.0802137	48.408183	1566.289	
13	BM1920	93.2278543	48.355249	1238.535		69	BM1957a				
14	BM1921	93.1926024	48.323298	1330.34	O3 Тогтохыншил 1	70	BM1958	92.0982122	48.411884	1508.904	S4 Ховд бүрдэл 1
15	BM1922	93.1921386	48.329352	1313.998		71	BM1959	92.1008956	48.405743	1511.788	
16	BM1923	93.1928036	48.330744	1309.912	O3 Тогтохыншил 3	72	BM1959a				
17	BM1924	93.1988213	48.338567	1287.321	O3 Тогтохыншил 2	73	BM1960	92.1615454	48.379083	1338.031	S4 Ховд бүрдэл 2
18	BM1925	93.0675179	48.408811	1276.507		74	BM1961	92.3593200	48.402489	1234.689	Цул уул формац
19	BM192a					75	BM1962	92.5877171	48.533722	1493.282	Цул уул формац
20	BM1925b				O3 Тогтохыншил 1	76	BM1963	92.3921691	48.553868	1561.295	
21	BM1926	93.0622254	48.407433	1282.995		77	BM1963a				O1-2 Намир формац
22	BM1926a					78	BM1964	92.3903568	48.568592	1527.409	
23	BM1926b					79	BM1965				
24	BM1927	92.8155494	48.321032	1180.375		80	BM1966				
25	BM1927a					81	BM1967				
26	BM1927a				E3 Тогтохыншил 1	82	BM1968				
27	BM1928	92.8232261	48.314739	1200.082		83	BM1969	91.9731408	49.036240	1635.076	
28	BM1929	92.8258538	48.304835	1200.323		84	BM1970	91.9818241	49.022317	1649.015	C1 Хархираа бүрдэл
29	BM1929a					85	BM1971	91.9797470	49.018586	1631.711	
30	BM1929b					86	BM1972	92.0924492	49.025710	1798.018	
31	BM1929c					87	BM1972a				Цул уул формац
32	BM1929d					88	BM1973	92.1032438	49.029748	1764.612	
33	BM1930	92.8332350	48.287654	1189.748	E3 Тогтохыншил 3	89	BM1974	92.2791371	48.963913	1670.908	O3 Тогтохыншил 1
34	BM1931	92.8719128	48.272172	1243.342	Цул уул формац	90	BM1975	92.2936072	48.950270	1592.778	
35	BM1931a					91	BM1976	92.3302498	48.928116	1507.221	
36	BM1931b					92	BM1976a				O3 Тогтохыншил 3
37	BM1932	92.8920589	48.252629	1247.187	E3 Тогтохыншил 3	93	BM1977	92.3667022	48.910741	1414.214	
38	BM1933	92.8926782	48.245571	1276.987		94	BM1977a				
39	BM1934	92.8575577	48.227445	1269.297		95	BM1977b				
40	BM1934a				Цул уул формац	96	BM1978	92.4881541	48.902104	1328.658	
41	BM1935	92.8183958	48.153560	1196.478		97	BM1978a				D3s 3-phase
42	BM1936	92.8613105	48.124388	1236.612	O3 Тогтохыншил 3	98	BM1979	92.4790874	49.057213	1280.833	
43	BM1936b					99	BM1980	92.4944444	49.107278	1238.054	
44	BM1937	92.9756049	48.120054	1155.862	E3 Тогтохыншил 1	100	BM1981	92.5010375	49.126345	1239.737	
45	BM1937a					101	BM1982	92.6612240	49.472735	1481.266	E3 Тогтохыншил 3
46	BM1938	92.9783570	48.106023	1141.683	Цул уул формац	102	BM1983	92.6690680	49.492881	1550.48	
47	BM1939	92.9548815	48.085451	1238.054	E3 Тогтохыншил 1	103	BM1984	92.7203160	49.540316	1725.439	E3 Тогтохыншил 1
48	BM1940	92.9190538	48.070456	1227.72	Цул уул формац	104	BM1985	92.7216889	49.557452	1790.808	
49	BM1941	92.9146967	48.035979	1296.934		105	BM1986	92.7247355	49.576768	1895.351	E3 Тогтохыншил 3
50	BM1942	92.8935388	48.041943	1313.517		106	BM1987	92.7304996	49.596192	1977.543	E3 Тогтохыншил 1
51	BM1943	92.965671	48.038454	1332.743	O3 Тогтохыншил 3	107	BM1988	92.8299732	49.590887	1973.217	
52	BM1944	92.8557952	48.004200	1424.308		108	BM1988a				
53	BM1945	92.8414204	47.958514	1454.109		109	BM1989	92.8909010	49.592230	1928.035	E3 Тогтохыншил 2
54	BM1946	92.8364736	47.954178	1456.993							
55	BM1947	92.8080363	47.947328	1490.398	E1 Баатар формац						
56	BM1948	92.7725762	47.934920	1514.191							

II.7-р зураг. Хээрийн судалгааны явцад дээжилсэн чулуулгийн дээжийн жагсаалт

II.2.3. Лабораторийн судалгаа

Петрографи, минераграфийн судалгаа

Чулуулгийн шиф, аншлифийн дээж бэлтгэлийг ШУТИС-ийн ГУУС-ийн дээж бэлтгэлийн лабораторид хийсэн. Петрографи болон минераграфийн судалгааг төслийн багийн судлаачид ШУТИС-ийн Геологийн шинжлэх ухааны төвийн Nikon Eclipse E600 POL микроскоп ашиглан хийж гүйцэтгэсэн (II.8-р зураг).

Хүдрийн эрдсийн шинжилгээг ШУТИС-Нагояа их сургуулийн хээрийн судалгааны лабораторийн Сканинг электрон микроскоп-гэрлийн спектрометр (SEM-EDS) багаж ашиглан хийсэн. Энэ судалгаанд хүдэржилт бүхий төлөөлөх дээжийг хамруулахыг зорьсон ба нэг дээжинд дунджаар 5-10 хэмжилт хийсэн.



II.8-р зураг. Бэлтгэгдсэн шлиф, петрографийн судалгааны микроскоп

Чулуулгийн геохимийн шинжилгээ

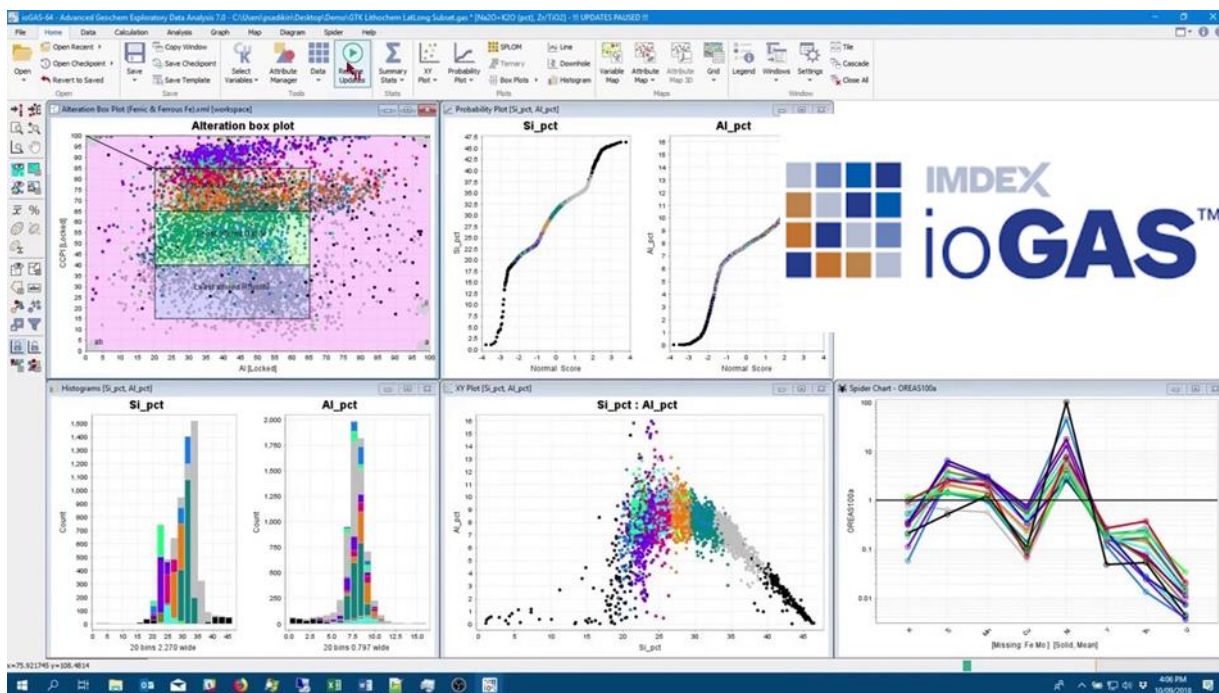
Төслийн судалгаанд хамрагдсан чулуулгийн геохимийн шинжилгээний дээжийг цэвэрлэн, зүсэж бэлтгэх ажлыг ШУТИС-ийн ГУУС-ийн дээж бэлтгэлийн лабораторид хийж гүйцэтгэв. Чулуулгийн геохимийн шинжилгээг SGS лаборатори, гадаад хяналт байдлаар Хятадын Геологийн ШУА-ийн Геологи, геофизикийн хүрээлэнгийн лабораторид хийсэн.

SGS лабораторид чулуулгийн гол ислийн болон зарим сарнимал элементийн (Al_2O_3 , As_2O_3 , BaO , CaO , Cr_2O_3 , CuO , K_2O , MgO , Mn_3O_4 , Na_2O , P_2O_5 , Fe_2O_3 , SiO_2 , SO_3 , TiO_2 , PbO , ZnO , V_2O_5 , MoO_3 , Nb_2O_5 , SnO_2 , Ta_2O_5 , WO_3 , *LOI) шинжилгээг XRF багажаар, литийн бораттай хайлуулалтаар гарсан хайлшин дискт үндсэн ислүүдийг тодорхойлох аргаар, 0.01-100% хязгаарт гүйцэтгэсэн. Мөн 54 элементийг натрийн хэт исэлтэй хайлуулалтын аргаар сарнимал болон газрын ховор элементийн (Al, Ba, Be, Ca, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Ni, P, Sc, Sr, Ti, V, Zn, Co, Ga, Ge, As, Rb, Y, Zr, Nb, Mo, Cd, In, Sn, Sb, Cs, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Tl, Pb, Bi, Th, U) шинжилгээг хийлгэсэн. XRF болон ICP-MS шинжилгээнүүдийн арга аргачлалыг тус лабораторийн заавар, стандартуудыг хэрэглэсэн болно.

Геохимийн шинжилгээний гадаад хяналт хийх зорилгоор 10 ш дээжийг Хятадын Геологийн ШУА-ийн Ашигт малтмалын хүрээлэнгийн лабораторид шинжилсэн.

Геохимийн шинжилгээний үр дүнгийн боловсруулалтыг Австралийн IMDEX компанийн iGAS програм, Чехийн Геологийн албаны GCDKit програмуудыг

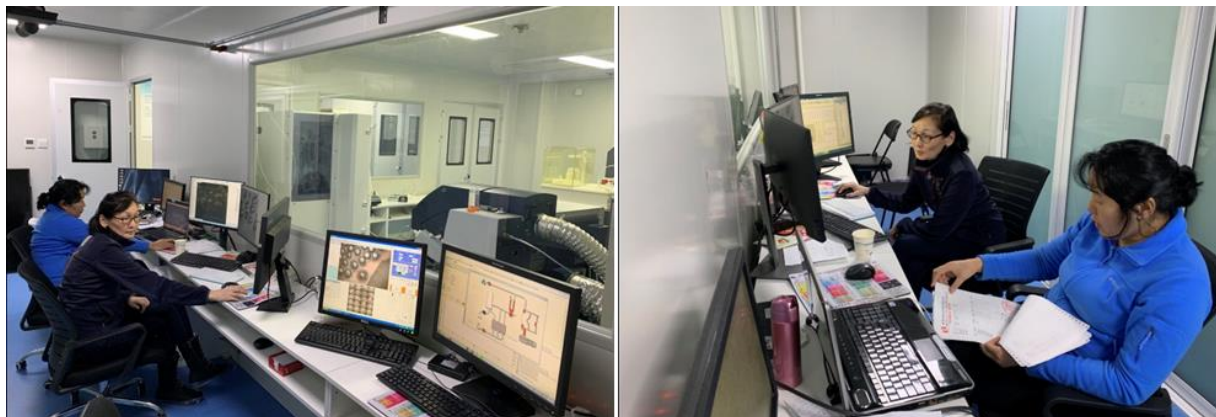
ашиглан боловсруулсан (II.9-р зураг). Тус програмыг төслийн үндсэн гүйцэтгэгч ШУТИС-ийн багш нар боловсролын байгууллагад ажилладаг гэсэн ангиллаар албан ёсны лицензитэй хувилбарыг үнэ төлбөргүй авч хэрэглэсэн нь давуу талтай байлаа.



II.9-р зураг. ioGAS програмын боловсруулалтын жишээ

U-Pb үнэмлэхүй насны шинжилгээ

Геохронологийн судалгааг Хятадын Геологийн ШУА-ийн Ашигт малтмалын хүрээлэнгийн лабораторт цирконы U-Pb LA-ICPMS аргаар хийж гүйцэтгэсэн болно (II.10-р зураг). Нуурын бүсийн палеозойн магмын чулуулгийн нийт 10 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээ хийгдсэн.



II.10-р зураг. Хятадын Геологийн ШУА-ийн Ашигт малтмалын хүрээлэнгийн лабораторт

Цирконы мөхлөгүүдийг Геологийн төв лабораторид уламжлалт аргаар дээжүүдийг нунтаглан хүнд шингэнээр угааж, соронзон фракц ялган бинокулярный тусламжтайгаар ялгуулсан болно. Цирконы дотоод структур, бичил ан цавыг нэвтэрсэн ба ойсон гэрлийн оптикийн микроскопт судлан катод-люминесценцийн (CL) зураг авсан. Шинжилгээний буудах цэг 32 μm диаметртэй ба U, Th болон Pb-ны агуулгыг ^{29}Si дотоод стандартаар тооцоолсон. Хэмжилтийн туршид изотопын фракцжилтыг нормчлоход циркон 91500 (Wiedenbeck et al., 1995) нь гадаад стандарт байдлаар хэрэглэгдсэн. Шинжилгээний аргачлал тус лабораторид хэрэглэгддэг зааврын дагуу хийгдсэн (Yuan et al., 2004). Анхдагч мэдээллүүдийг GLITTER программаар боловсруулсан. Хэмжилт бүрийн алдаа нь 1σ хязгаарт байх ба мөн жигнэсэн дундаж нас нь 1σ түвшинд тооцоологдсон. Өгөгдлийн боловсруулалт ISOPLOT (Version 3.0) програмаар (Ludwig, 2003) хийгдсэн болно.

Цирконы Lu-Hf изотопын шинжилгээ

Цирконы Lu-Hf изотопын шинжилгээг Бээжингийн Createch Testing Technology Co., Ltd. Компанийн Thermo Fisher Scientific Neptune Plus MC-ICPMS төхөөрөмжинд холбосон RESOLUTION SE 193 лазер абляцийн төхөөрөмжөөр хийсэн. Шинжилгээний арга аргачлал, үр дүнгийн нарийвчлалыг Хоу нарынхаар авсан болно (Hou et al., 2007). Хэмжилтийн цэгийн диаметр $\sim 55 \mu\text{m}$ байсан.

$^{176}\text{Lu}/^{175}\text{Lu}=0.02658$ болон $^{176}\text{Yb}/^{173}\text{Yb}=0.796218$ харьцаануудыг ^{176}Hf дахь ^{176}Lu болон ^{176}Yb –ийн ижил даралтанд дахь интерференцийг засварлах зорилгоор хэмжсэн. Багажийн массын хэвийсэн залруулгын хувьд Yb изотопын харьцааг экспоненциал хуулийг ашиглан $^{172}\text{Yb}/^{173}\text{Yb}=1.35274$, Hf изотопын харьцааг $^{179}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}=0.7325$ болгон тохируулсан. Лутецийн (Lu) массын хэвийсэн утгыг иттербийн (Yb) адилаар үзсэн бөгөөд массын хэвийлтийн засварыг Хоу нарынхаар авсан (Hou et al., 2007). Цирконы олон улсын GJ-1 стандартыг ашигласан.

II.3. Нуурын бүсийн палеозойн магмын чулуулгийн геохими, геохронологи

II.3.1. Түрүү кембрийн магматизм

Түрүү кембрийн вулканоген-тунамал чулуулаг

Төслийн судалгаагаар Цулуул формац (NP₃-Є₁cu?), Бургастай формац (NP₃-Є₁br?), доод кембрийн Баатар формац (Є₁bt) нь нумын өврийн хотгорын хурдсыг төлөөлнө гэж үзэж байгаа ба нийтэд нь түрүү кембрийн магматизмын төлөөлөл болгон авч үзлээ.

Цулуул формац (NP₃-Є₁cu?)-ыг анх [Амантов \(1963\)](#), [Лувсанданзан \(1976\)](#), [Dergunov \(1989\)](#) нар ялгаж судалсан. Формацын доод хил зааг нь тогтоогдоогүй бөгөөд Тогтохыншил бүрдлээр зүсэгддэг ба доод кембрийн Бургастай формацын вулканоген-тунамал зузаалгаар хучигдана. Судлаачид Цулуул формацын чулуулагт литологийн зүсэлт хийж 800 м зузаан спиллит, түүний туф, туффит, туфсиллицит, туф элсэн чулууны үелэл, 100 м андезибазальт, 125 м спиллит, спиллитийн лавабрекч, туффит, туфсиллицитын үелэл, 200 м спиллит, туффит, туфсиллицит, ногоон занар, туфэлсэн чулуу, 200 м зузаан туффит, 1500 м туфсилицит элсэн чулуу тufын дараалсан үелэл тогтоосон байдаг. Цулуул формац нь базальт, ногоон чулууны хувиралд өртсөн базальт, андезит-базальт, тэдгээрийн туф зэрэг чулуулгаас зонхилон тогтох ба бага хэмжээгээр хас, цахиурлаг алевролит, туф элсэн чулуу, туффит, шохойн чулуу, трахит оролцоно. Формацын доод хэсэг нь лава, дээд хэсэг нь янз бүрийн найрлагатай пирокласт чулуулгаас бүрэлдэнэ. Чулуулаг нь хар ногоон, ногоон хар саарал өнгөтэй, цул нягт, сулавтар занарлаг текстуртэй. Цулуул формацын хурдас нь фацын шилжилт ихтэй бөгөөд лава, тufын тархалт ихтэй, трахитын хучаас, карбонат, хас, тунамал-вулканоген хурдасны мэшил, давхрага хэсэгчилсэн байдлаар илэрнэ. Зүсэлтийн дээд хэсгээс олдсон археоциат нь В.Д.Фонинагийн тодорхойлсоноор атдабаны ярусын нас (түрүү кембри) заадаг. Атдабаны ярусын археоциат нь Бургастай формацын доод хэсгээс мөн олддог байна.

Төслийн энэ удаагийн ажлаар судалгаанд хамрагдсан талбайд тархсан Цулуул формацаас 11 (BM1916a, BM1916b, BM1917a, BM1917b, BM1931, BM1934, BM1935, BM1938, BM1940, BM1951a, BM1961, BM1972, BM1973) дээж авч петрографи, геохимийн шинжилгээ хийсэн.

Бургастай формац (NP₃-Є_{1br}?)-ын вулканоген-терриген хурдас нь Цулуул формацын хурдсыг структурын нийцлэг байрлалаар хучих ба зарим хэсэгт хэсэгчилсэн байдлаар, ул суурийн конгломератаар үл нийцлэгээр хучдаг. Бургастай формацын хурдас нь суурилаг, дундлаг найрлагатай лава, туфын хучаас, рифийн шохойн чулуу, заримдаа гравелитын үе агуулсан ногоон саарал, цайвар ногоон, хар саарал өнгийн цахиурлаг алевролит, туф-алевролит, туф-элсэн чулуунаас тогтоно. Формац нь фацын өөрчлөлтгүй, дунд кембрийн хурдсаар үл нийцлэгээр хучигддаг. Хяргас нуурын орчимд Бургастай формацын хурдас нь шохойн чулуу, конгломератын багц үеэр эхлэх ба шохойн чулууны нимгэн үе, хүчиллэг найрлагатай туфын нимгэн хучаастай элсэн чулуу, алевролитын салаавчилсан багц үеүүдээс тогтоно. Элсэн чулуу, алевролитын үндсэн хэсэгт цахиурлаг чулуу, шохойн чулуу, базальтын хэмхдэстэй. Хэмхдэсүүд нь хагас болон муу мөлгөржсөн, 1-2 см, 5 см хүртэл хэмжээтэй. Томоохон глыб нь давхрага дунд будин маягтай ажиглагдана. 1980 онд Дроздова, Коробов нар Цагаан үнэгт уулын шохойн чулууны биет дээр палеонтологийн судалгаа хийж археоциат *Joculacyathus minutus*, *Ajacicyathus sp.*, *Coscincyathus sp.*, *Dicthysyathus sp.*, (Бересь, 1964), замаг *Epithyton spissum Korde*, *E Scoparium Korde*, *Renalcis granosis Vol.*, *Nocholso* (Дроздова, 1980) ургамлын болон трилобит *Neopagetina sp.*, *Shivelicus pavus Pokr.*, *Koofenia sp.*, *Redlichia sp.*, *Peliellina st.*, *Bonnia sp.*, (Коробов, 1980), брахиопод *Cambridium sp.*, *Jingulella sp.*, *Nisusia sp* (Пельман, 1976) жижиг археоциат, замгийн (*Nicholsonia sp*) үлдвэрүүдийг олж тогтоосон байдаг. Бургастай формацын нас нь олон тооны амьтан, ургамлын үлдвэрээр тогтоогдсон. Янз бүрийн түвшингээс цуглуулсан трилобит, археоциат, брахиопод, ургамлууд нь түрүү кембрийн атдабан-ботомын нас заадаг.

Төслийн ажлаар Бургастай формацын 5 (BM1952, BM1953, BM1955, BM1956b, BM1957) дээжинд петрографи, геохимийн шинжилгээ хийсэн үр дүнгийн боловсруулалтыг энэ тайланд оруулав.

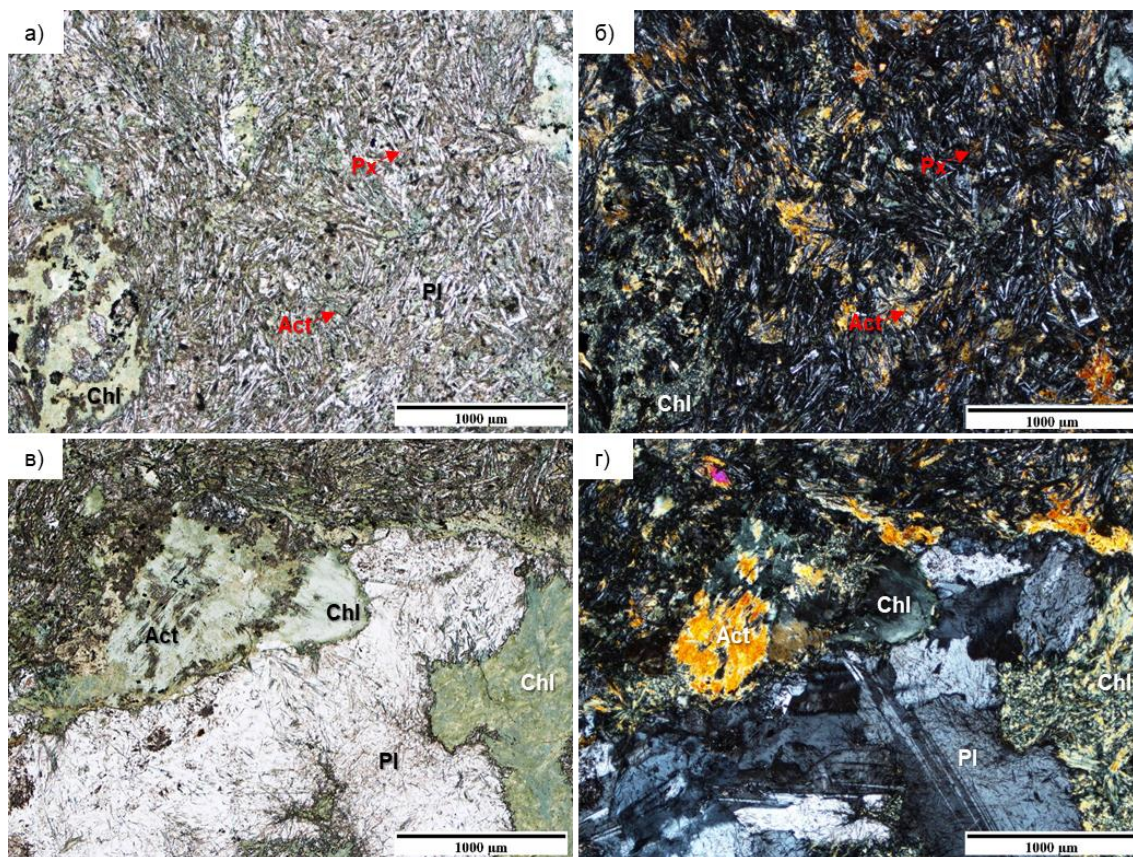
Баатар формац (Є_{1bt}) -ын хурдсыг Анх Д.Тогтох нар 1:200000-ны масштабын геологийн бүлэгчилсэн зураглалын ажлын үеэр ялгасан (Тогтох нар, 1992). Умард Монголын Атриат муж, Нуурын атриат мегабүс, Хуурайн бүс, Алтанхөхийн бүсэд, Баатарын нурууны орчимд тархалттай. Конгломерат, цахиурлаг аргиллит, алевролит, шохойн чулууны үетэй пироксенит базальт, андезит-базальт, андезит, тэдгээрийн туф, туфбрекч, брекч, аггломерат, туф конгломератаас бүрдэнэ. Доод

хил нь Шувуунбааст уулын зүүн хойд хэсгээр Хоёрхудаг формац, Хатуугийн хар уулын өмнөд хэсгээр Наран формац, доод силурын Чаргат формацаар хучигддаг. Дунд хожуу-кембрийн гэж үздэг Тогтохыншил бүрдлийн габбро, габбродиоритын жижиг биетүүдээр зүсэгдэнэ. 1500-2200 м зузаантай, 2 мэмбэрт хуваагдана.

Төслийн ажлын хүрээнд Баатар формацын чулуулгаас 10 гаруй чулуулгийн дээжлэлт хийснээс төлөөлөх дээжийн петрографи, 4 (BM1945, BM1946, BM1947, BM1948) дээжийн геохимийн шинжилгээний үр дүнг тайланд тусгав.

Петрографи

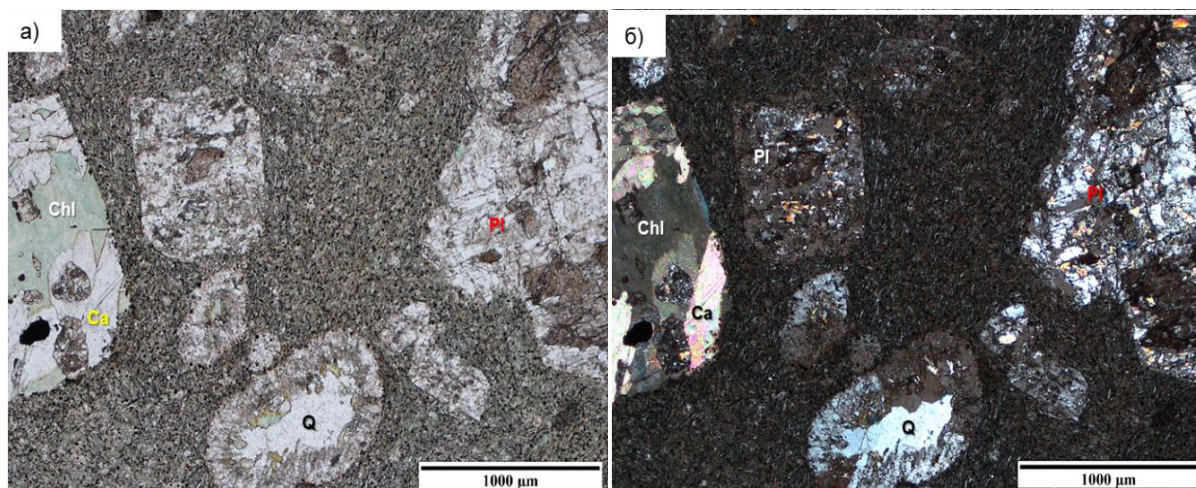
Судалгааны талбайгаас авсан Цулуул формацын вулканоген чулуулгийг төлөөлөх базальтын (BM1931) дээжийн петрографийн бичиглэлийг энд оруулав. Базальт нь офит структуртай, эрдсийн мөхлөгүүдийн хэмжээ 0.5-1.0 мм хооронд хэлбэлзэнэ. Гол бүрдүүлэгч эрдэс нь плагиоклаз 55-60%, актинолит 25-30%, пироксен 5-10% байна. Хоёрдогч эрдсээр хлорит тохиолдохоос гадна хүдрийн эрдэс акцессороор ажиглагдана (II.11-р зураг).



II.11-р зураг. Цулуул формацын базальт (BM1931). а, б) базальтын микрофото зурагт плагиоклазын микролитууд, пироксен, актинолитын нарийн зүүлэг талстуудын ургалт бүхий офит структур ажиглагдана. в, г) базальтын нүх сүвийг дүүргэсэн плагиоклаз, хлорит, актинолитын талстуудын ургалтуудыг үзүүлэв.

Плагиоклазууд нь нарийн зүүлэг хэлбэртэй микролитууд жижиг ширхэгтэй пироксений талстуудтай ургаж офит структурыг үүсгэнэ. Гэвч чулуулагт тохиолдох пироксений талстууд актинолит, хлорит руу бүрэн хувирсан. Зүүлэг, ялтаслаг хэлбэртэй талстуудын бөөгнөрөл агрегатууд чулуулагт тохиолдоно. Изометрлэг, куб хэлбэртэй хүдрийн эрдсүүд жигд тархсан байна. Мөн чулуулаг нь бага зэрэг деформацд өртсөний улмаас хагарал ан цав үүссэн. Уг ан цавыг хлорит, эпидотын нарийн ширхэгтэй талстууд дүүргэж тогтжээ. Чулуулгийн нүх сүвийг сүүлд түрсэн уусмалын нөлөөгөөр плагиоклаз, хлоритын талстууд дүүргэсэн байна.

Бургастай формацын порфир структуртай, миндалан текстуртай андезит (BM1955), эрдсийн мөхлөгийн хэмжээ 0.5-3 мм. Голлон плагиоклаз 35-45%, миндал 20-25%, галт уулын шилээс бүрдэнэ. Мусковит, серицит, хлорит, карбонат, эпидот, кварц, шаварлаг эрдсүүд хоёрдогч эрдсээр, хүдрийн эрдэс акцессороор тохиолдоно (II.12-р зураг).

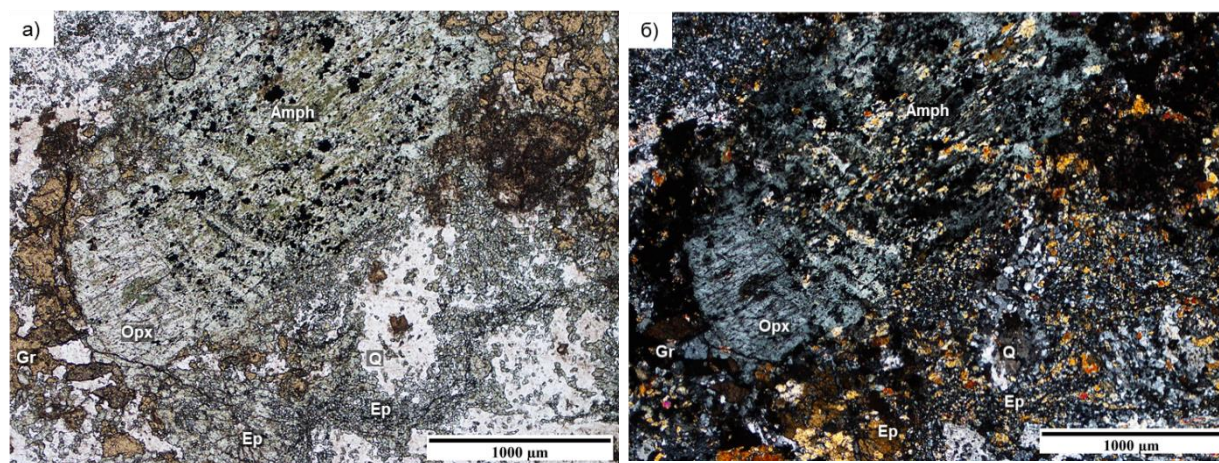


II.12-р зураг. Бургастай формацын андезит (BM1955). а, б) Андезитын микрофото зурагт нэг болон хос никольтэй үед миндалин структуртай ба зах хэсгээрээ калийн хээрийн жонш, кварцын ургалт үүссэн ба төв хэсгээрээ кварцын талсжилт үүссэн байх ба фенокристээр орших плагиоклаз нь хувиралд хүчтэй автсан ба хлорит, кальцитаар бүрэн түрэгдсэн эрдсийн псевдоморф ажиглагдана. Мөн үндсэн хэсэг нь плагиоклазын микролит, галт уулын шил, хүдрийн эрдсээс бүрдэх боловч хлоритын хувиралд автсан байна.

Үндсэн хэсэг нь 1-3 мм хэмжээтэй плагиоклаз, калийн хээрийн жоншны фенокристүүдээс, плагиоклазын микролитүүдээс тогтсон, бүрэн бус талсжсан шинжтэй байна. Плагиоклаз, калийн хээрийн жоншны фенокристалууд идиоморф хэлбэртэй, серицит болон шаврын эрдсийн хувиралд хүчтэй автсан байна. Гэвч эдгээр шаврын хувирлын эрдсүүдээр харилцан адилгүй хэсэгчлэн хүчтэй хувирсан.

Зарим хээрийн жоншны талстууд нь серицит хувирлын эрдэс нь мусковитын нарийн зүүлэг ялтас маягийн хэлбэртэй агрегат руу хүртэл шилжсэн байна. Мөн цөөн тооны соссюритын талтсууд ажиглагдаж байгаа нь магадгүй анортитын компонент харьцангуй өндөр плагиоклаз байсныг илтгэнэ. Миндалууд нь харилцан адилгүй найрлагатай эрдсүүдээр дүүргэгдсэн байх боловч ихэвчлэн кварцын хавтгай ксеноморф хэлбэртэй талстууд үүссэн байна. Хөвөө ирмэг хэсгээр хээрийн жоншны ксеноморф талстууд үүсч төв хэсгээр кварц, багаар хүдрийн эрдэс, тод рельефтэй, өнгөгүйгээс сул ногоон плеохроизмтой, идиоморф хэлбэртэй эпидот, ксеноморф хэлбэртэй сул ногооноос тод ногоон өнгийн плеохроизмтой, хөх саарал төмрөөр баялаг төрлийн хлоритын талтсууд үүссэн байна. Ганц нэг карбонатын эрдэс рүү бүрэн хувирсан псевдоморфууд тааралдана. Галт уулын шил нь эмх замбаараагүй байрласан нарийн зүүлэг хэлбэртэй плагиоклазын микролит, куб, изометрлэг хэлбэртэй хүдрийн эрдсүүдтэй хамт ассоциаци үүсгэсэн байна. Хүдрийн эрдсүүд үндсэн хэсэгт жигд ойролцоогоор 5%-аас илүү агуулгаар, цөөн тооны 1 мм хүртэл хэмжээтэй, куб, изометрлэг талстууд тохиолдоно.

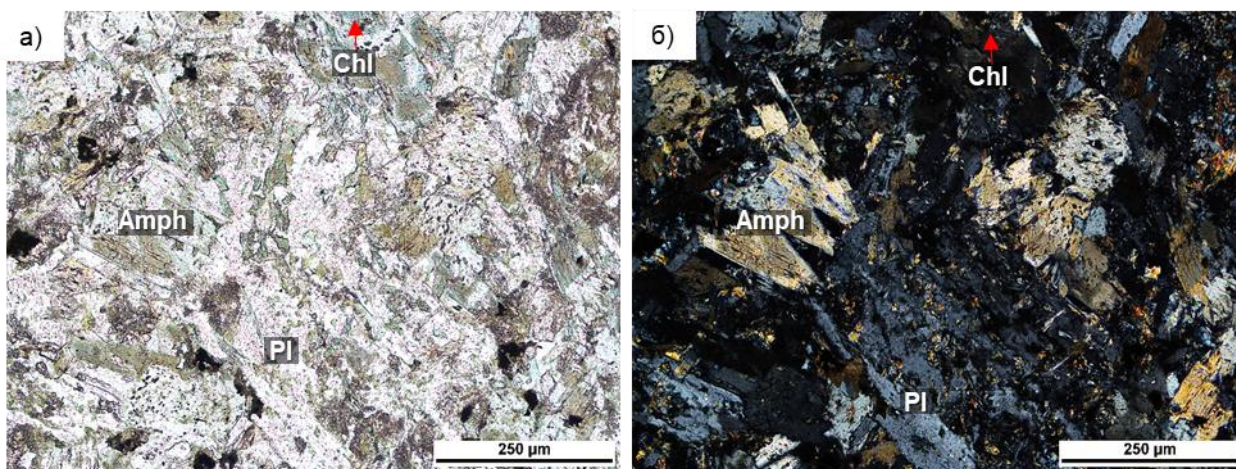
Бургастай формацын (BM1956в) дээж болох суурилаг гнейсд эвэрхуурмаг 20-25%, гранат 20-25%, плагиоклаз 5-15%, кварц 10-20%, ортопироксены ганц нэг мөхлөг тааралдана. Хоёрдогч эрдсээр хлорит, эпидот, шаварлаг эрдсүүд тохиолдоно. Циркон, сфен, хүдрийн эрдэс акцессороор тохиолдоно (II.13-р зураг).



II.13-р зураг. Бургастай формацын суурилаг гнейс (BM1956в). а, б) Суурилаг гнейсийн микрофото зурагт нэг болон хос никольтэй үед порфиробластаар амфиболоор түрэгдсэн пироксений талст болон нарийн жижиг ширхэгтэй кварц болон эпидотын талстууд ажиглагдах ба нэг никольд бор шаргал өнгөтэй тод рельефтэй хос никольд изотроп шинжтэй гранатууд зургийн баруун дээд булан, зүүн хэсгээр харагдана.

Эвэрхуурмаг нь бүдэг ногооноос тод ногоон өнгийн плеохроизмтой, призмн дагуу нэг чиглэлийн дунд зэргийн хуваагдалтай, призмлэг хавтгай идиоморф хэлбэртэй, энгийн ихэрлэлтэй, 1-3 мм хэмжээтэй, хлоритод хэсэгчлэн идэгдсэн ажиглагдана. Мөн бага зэргийн агуулгаар хүдрийн эрдсийн бөөгнөрөл тархсан байна. Бор шаргал өнгөтэй гранат нь тод рельефтэй, изотроп буюу анализатортой үед өнгө үзүүлэхгүй хар харагдана. Ксеноморф хэлбэртэйгээр эвэрхуурмагийн завсар хоорондын зайгаар ургаж тогтсон. Эпидотын 0.3-0.5 мм хэмжээтэй талстууд гранат дотор агуулагдана. Кварцын жижиг хэмжээний талстууд эпидотын талстуудтай хамт порфиробластуудын хоорондох зайг дүүргэж талсжсан бөгөөд багаар полисинтет ихэрлэлттэй плагиоклазын ~0.5-1 мм хэмжээтэй талстууд тохиолдоно. Эвэрхуурмагийн жижиг хэмхдэсүүд нь гранатын мөхлөгт пойкилобластаар байгаа нь гранат эвэрхуурмагийн дараа үүссэнийг харуулна.

Баатар формацын андезит (BM1945) нь офит структуртай, эрдсийн мөхлөгүүд 0.5-1мм. Гол бүрдүүлэгч эрдсээр эвэрхуурмаг 30-35%, плагиоклаз 45-55% байна. Хоёрдогч эрдсээр цоизит 10-15%, биотит, мусковит, хлорит ажиглана. Циркон, сфен, хүдрийн эрдсүүд акцессороор тохиолдоно (II.14-р зураг).



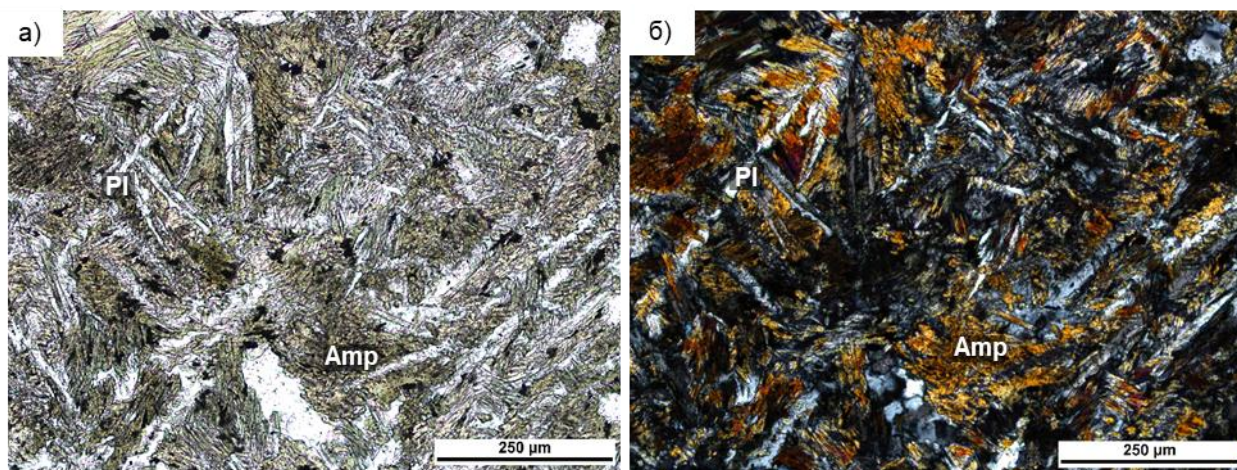
II.14-р зураг. Баатар формацын андезит (BM1945). а, б) Андезитын микрофото зурагт нэг болон хос никольтэй үед амфибол болон плагиоклазын ойролцоогоор 0.13-0.25 мм хэмжээтэй микро талстуудын офит структур ажиглагдана. Амфибол нь хлоритод түрэгдсэн байна.

Афанит текстуртай андезит нь голчлон эвэрхуурмаг болон плагиоклазаас тогтоно. Эвэр хуурмаг нь сул ногооноос тод ногоон өнгийн плеохроизмтой, хөндлөн зүсэлтэндээ хоёр чиглэлийн ромбо хэлбэрийн сайн хуваагдлаар тод ялгагдаж байна. Плагиоклазын талстууд призмлэг гипидиоморф хэлбэртэй, полисинтет ихэрлэлттэй, цоизитод хэсэгчлэн бага зэрэг, жигд бус хувирсан байна. Зарим

мөхлөгүүд серицит, мусковитоор түрэгдсэн байна. Цоизит нь өнгөгүй, ксеноморф хэлбэртэй, тод рельефтэй, саарлаас хөх интерференцийн өнгөтэй, плагиоклазыг түрж үүссэн.

Баатар формацын базальт (ВМ1946), офит структуртай, эрдсийн талстын мөхлөгүүд нь 0.5-1 мм. Гол бүрдүүлэгч эрдсээр эгирин-авгит 50-55%, плагиоклаз 35-45%, хоёрдогч эрдсүүд нь цоизит 10-15%, биотит, мусковит, хлорит, акцессороор циркон, сфен, хүдрийн эрдэс тохиолдоно (II.15-р зураг).

Цайвар ногоон шараас тод ногоон өнгийн плеохроизмтой, тод рельефтэй урт сунасан нарийн зүүлэг хэлбэртэй эгирин-авгитын агрегатууд нарийн урт сунасан плагиоклазын талстуудтай хам ургалт үүсгэсэн байна. Хүдрийн эрдсүүд нь куб, изометрлэг хэлбэртэй.



II.15-р зураг. Баатар формацын базальт (ВМ1946). а, б) Андезитын микрофото зурагт нэг болон хос никольтэй үед амфибол болон плагиоклазын микро талстуудын ойролцоогоор 0.13-0.25 мм хэмжээтэй талстуудын офит структур ажиглагдана. Амфибол нь хлоритод түрэгдсэн байна.

Петрохими

Төслийн судалгааны талбайд тархсан Цулуул формац, Бургастай формац, Баатар формацын вулканоген чулуулгийн дээжинд хийсэн геохимийн шинжилгээний үр дүн (II.1-II.2-р хүснэгт), боловсруулалт, тайлалтыг энд оруулав.

Энэ төслийн ажлын хүрээнд Цулуул формацын вулканоген чулуулгийн 11 дээжинд гол элемент, сонгосон 2 дээжинд сарнимал болон газрын ховор элементийн шинжилгээ хийсэн.

II.1-р хүснэгт. Цулуул формацын вулканоген чулуулгийн геохимийн шинжилгээний үр дүнгийн хүснэгт

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Дээжийн дугаар	BM1961	BM1931	BM1916a	BM1951	BM1938	BM1973	BM1972	BM1935	BM1934	BM1940	BM1916b
2		Цулуул формац										
3	Хээрийн тодорхойлолт	Суурилаг чулуулаг	Базальт	Андезит	Порфирлог базальт	Лавабрекч/андезит-базальт	мета андезит	Вулканоген чулуулаг	Андезит базальт	Базальт	Туф/брекч/ц ахиурлаг туф	Риолит
4	SiO ₂	46.73	49.98	51.53	51.89	52.43	52.52	56.08	59.96	65.93	67.38	73.67
5	TiO ₂	0.8	1.05	1.87	0.75	0.82	0.68	1.28	0.66	0.45	0.7	0.17
6	Al ₂ O ₃	13.22	16.29	14.48	22.23	16.49	17.23	14.56	15.41	15.95	15.64	14.1
7	Fe ₂ O ₃	8.78	9.13	13.8	7.28	8.53	7.84	11.76	6.05	4.59	4.81	1.55
8	Mn ₃ O ₄	0.25	0.13	0.23	0.12	0.15	0.09	0.25	0.11	0.09	0.09	0.06
9	MgO	8.54	7.82	5.42	2.42	5.94	4.44	2.93	4.09	1.76	0.42	0.22
10	CaO	14.05	12.25	6.92	10.14	10.99	5.93	5.83	4.38	3.87	1.69	0.32
11	Na ₂ O	2.41	2.82	5.01	3.63	3.84	3.56	4.2	4.03	4.63	4.59	5.02
12	K ₂ O	0.63	0.11	0.18	0.83	0.12	0.87	0.11	2.35	1.29	3.32	4.27
13	P ₂ O ₅	0.27	0.19	0.18	0.22	0.02	0.14	0.47	0.15	0.1	0.2	0.04
14	LOI	4.74	0.64	0.69	0.68	1.02	7.14	2.38	3.17	1.7	1.16	0.48
15	Нийлбэр	100.42	100.41	100.31	100.19	100.35	100.44	99.85	100.36	100.36	100.00	99.90
16	Ni		141									82
17	Cr		333									10
18	Cu		15									20
19	Mn		1038									479
20	Ba		44									1071
21	Li		10									10
22	Be		5									5
23	Sc		35									5
24	Sr		354									95
25	V		258									5
26	Zn		57									28
27	Co		42.6									0.5
28	Ga		17									17
29	Ge		1									1
30	As		5									5
31	Rb		2									89.1
32	Y		18.6									15.8
33	Zr		83									120
34	Nb		3									7
35	Mo		2									13
36	Cd		0.2									0.2
37	In		0.2									0.2
38	Sn		1									1
39	Sb		0.8									0.1
40	Cs		0.3									1.1
41	Hf		2									3
42	Ta		0.5									0.5
43	W		1									1
44	Tl		0.5									0.5
45	Pb		9									23
46	Bi		0.3									1.2
47	Th		2.3									5.5
48	U		0.48									1.43
49	La		6.5									13.9
50	Ce		16.7									48.8
51	Pr		2.57									4.25
52	Nd		12.1									15.3
53	Sm		3.4									3.6
54	Eu		1.12									0.89
55	Gd		3.86									3.04
56	Tb		0.58									0.46
57	Dy		3.94									3.29
58	Ho		0.83									0.68
59	Er		2.32									2.05
60	Tm		0.34									0.32
61	Yb		2.1									2
62	Lu		0.3									0.29

II.2-р хүснэгт. Бургастай, Баатар формацуудын вулканоген чулуулгийн геохимийн шинжилгээний үр

ДҮНГИЙН ХҮСНЭГТ

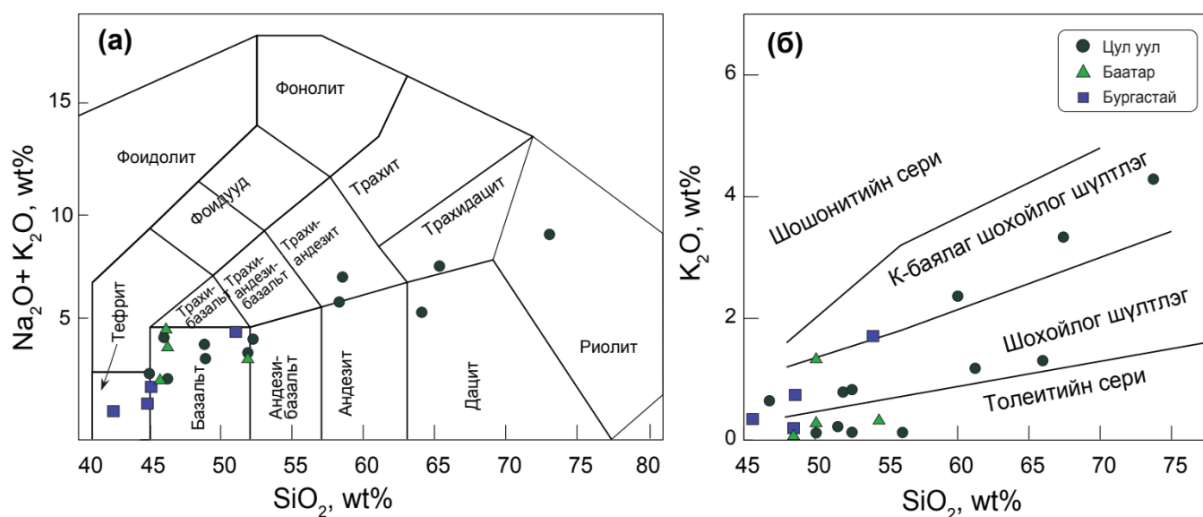
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Дээжийн дугаар	BM1956b	BM1957	BM1953	BM1955	BM1952	BM1947	BM1945	BM1946	BM1948
2		Алтанхөхий 1:200000/Бургастай формац 1:500000					Баатар формац			
3	Хээрийн тодорхойлолт	андезит	базальт	андезит	порфирлог андезит	цахиурлаг андезит	мета-андезит	андези-базальт	андези-базальт	туф брекч/туф
4	SiO ₂	45.62	48.47	48.55	53.96	83.35	48.47	50.03	50.06	54.54
5	TiO ₂	0.84	0.77	1.37	0.62	0.18	0.83	0.90	1.32	0.84
6	Al ₂ O ₃	14.70	15.27	16.14	18.56	6.44	15.05	16.10	15.44	16.93
7	Fe ₂ O ₃	9.58	9.58	12.75	8.88	2.15	10.12	10.75	9.65	7.92
8	Mn ₃ O ₄	0.31	0.17	0.18	0.14	0.05	0.14	0.20	0.19	0.10
9	MgO	4.57	8.71	5.51	3.18	0.88	8.87	7.11	8.70	5.53
10	CaO	21.60	12.92	10.12	7.06	1.96	10.46	8.63	8.79	7.98
11	Na ₂ O	1.10	1.88	1.55	3.37	1.24	2.68	3.05	4.99	3.66
12	K ₂ O	0.33	0.76	0.21	1.71	2.14	0.06	1.35	0.25	0.31
13	P ₂ O ₅	0.16	0.14	0.18	0.15	0.05	0.07	0.18	0.17	0.15
14	LOI	0.77	1.44	3.79	2.72	1.95	3.65	1.70	0.89	2.43
15	Нийлбэр	99.58	100.11	100.35	100.35	100.39	100.40	100.00	100.45	100.39
16	Ni	71		101	16			327	222	
17	Cr	215		63	10			149	407	
18	Cu	10		97	30			147	44	
19	Mn	2145		1280	1060			1369	1381	
20	Ba	48		103	255			555	91	
21	Li	10		15	17			25	13	
22	Be	5		5	5			5	5	
23	Sc	37		41	13			34	35	
24	Sr	531		803	465			1118	171	
25	V	291		325	116			262	253	
26	Zn	100		97	77			135	69	
27	Co	30.5		41	20.8			43.2	47.7	
28	Ga	17		21	21			19	17	
29	Ge	2		2	1			2	2	
30	As	5		5	7			5	5	
31	Rb	12.5		3.1	22.2			40.4	3.9	
32	Y	17.1		25.2	19.6			17	22.5	
33	Zr	52.6		84.6	73.7			73.6	97.4	
34	Nb	2		1	2			2	2	
35	Mo	2		2	2			2	2	
36	Cd	0.3		0.2	0.2			0.2	0.2	
37	In	0.2		0.2	0.2			0.2	0.2	
38	Sn	1		1	1			1	1	
39	Sb	0.4		0.7	0.6			3.9	0.1	
40	Cs	0.5		0.1	1			3.7	0.3	
41	Hf	1		2	2			2	2	
42	Ta	0.5		0.5	0.5			0.5	0.5	
43	W	112		1	12			1	1	
44	Tl	0.5		0.5	0.5			0.5	0.5	
45	Pb	17		7	8			23	10	
46	Bi	0.2		0.1	0.1			0.2	0.1	
47	Th	1.1		2.8	1.5			3.4	1.1	
48	U	0.81		0.44	0.42			1.01	0.09	
49	La	5.20		4.80	5.70			9.60	3.70	
50	Ce	13.50		13.80	14.70			23.10	10.90	
51	Pr	2.12		2.39	2.31			3.41	2.09	
52	Nd	10.20		11.70	10.40			15.20	10.20	
53	Sm	2.90		3.70	2.90			4.30	3.30	
54	Eu	1.03		1.33	1.06			1.39	1.21	
55	Gd	3.26		4.78	3.38			3.97	4.16	
56	Tb	0.52		0.77	0.56			0.57	0.70	
57	Dy	3.67		5.17	3.77			3.66	4.57	
58	Ho	0.76		1.11	0.81			0.79	1.01	
59	Er	2.16		3.15	2.42			2.15	2.90	
60	Tm	0.32		0.46	0.38			0.30	0.41	
61	Yb	1.90		2.60	2.40			1.80	2.30	
62	Lu	0.26		0.38	0.35			0.24	0.35	

Цулуул формацын чулуулгийн цахиурын ислийн агуулга $\text{SiO}_2=41.66-73.67\%$ хооронд хэлбэлзэх бөгөөд $\text{Na}_2\text{O}=2.41-5.02\%$ агуулга өндөр, $\text{K}_2\text{O}=0.11-4.27\%$ бага агуулгатай байна. SiO_2 агуулга нэмэгдэхийн хэрээр Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , TiO_2 болон P_2O_5 агуулга буурч, K_2O , Na_2O агуулга өсөх хандлага ажиглагдаж байна.

Нийлбэр шүлт-цахиурын ислийн диаграм дээр ихэнх дээж нь базальт, цөөн дээж андезит, трахиандезит, дацит, трахидацит, риолитын талбайд хамаарна (II.16a-р зураг). Эдгээр дээжүүд нь SiO_2 vs K_2O диаграм дээр толеитийн сериэс шүлтлэг шохойлог, калигаар баялаг шүлтлэг-шохойлог талбайд тархан бууж байна (II.16б-р зураг).

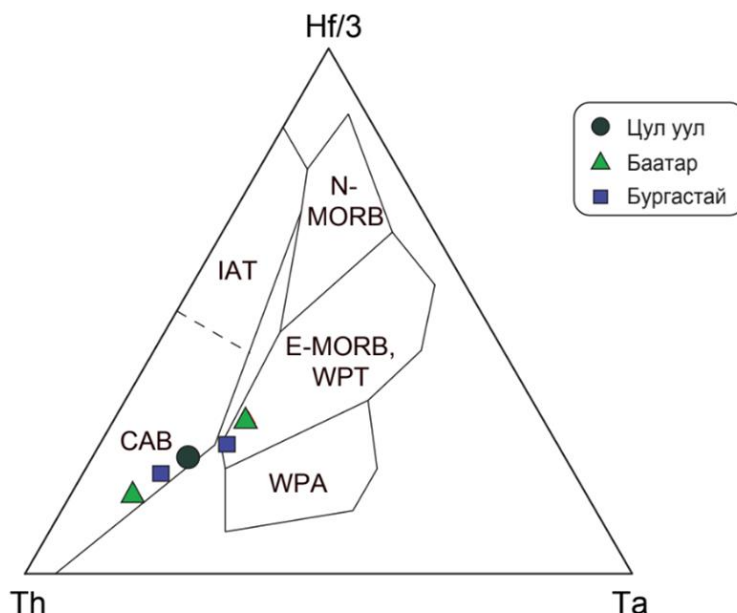
Бургастай формацын вулканоген чулуулгийн дээжүүдийн цахиурын ислийн агуулга $\text{SiO}_2=45.62-53.96\%$ (хувирсан дээжинд 83.35%) хооронд хэлбэлзэх бөгөөд нийлбэр шүлт-цахиурын ислийн диаграм дээр ихэнх дээж нь базальтын талбайд бууж байна (II.16a-р зураг). Эдгээр дээжүүд нь SiO_2 vs K_2O диаграм дээр толеитийн сериэс багдунд К-тай шүлтлэг шохойлог сериийн талбайд хамаарч байна (II.16б-р зураг).

Баатар формацын вулканоген чулуулгийн дээжүүд нь цахиурын ислийн агуулга $\text{SiO}_2=48.47-54.54\%$ хооронд хэлбэлзэх бөгөөд нийлбэр шүлт-цахиурын ислийн диаграм дээр ихэнх дээж нь базальтын талбайд хамаарна (II.16a-р зураг). SiO_2 vs K_2O диаграм дээр ихэнх нь толеитийн талбайд бууна (II.16б-р зураг).



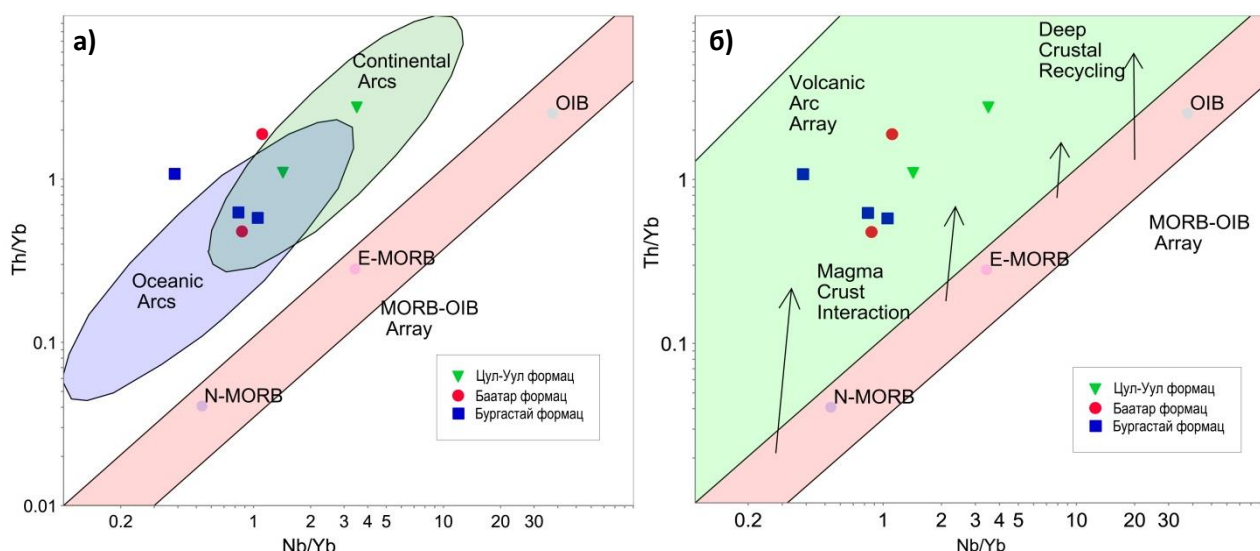
II.16-р зураг. Төслийн талбайд тархсан Цулуул, Баатар, Бургастай формацуудын вулканоген чулуулгийн (а) нийлбэр шүлт-цахиурын ислийн TAS диаграм (Irvine and Baragar, 1971); (б) SiO_2 vs K_2O диаграм (Le Maitre, 1989)

Ховор элементүүдийн шинжилгээний үр дүнгээр байгуулсан вулканоген чулуулгийн тектоникийн ангиллын диаграмд Цулуул, Бургастай, Баатар формацуудын чулуулаг нь галт уулын нумын орчинд үүссэн, шүлтлэг-шохойлог базальтын үүсвэртэй байж болох үр дүн үзүүлж байна (II.17-р зураг).



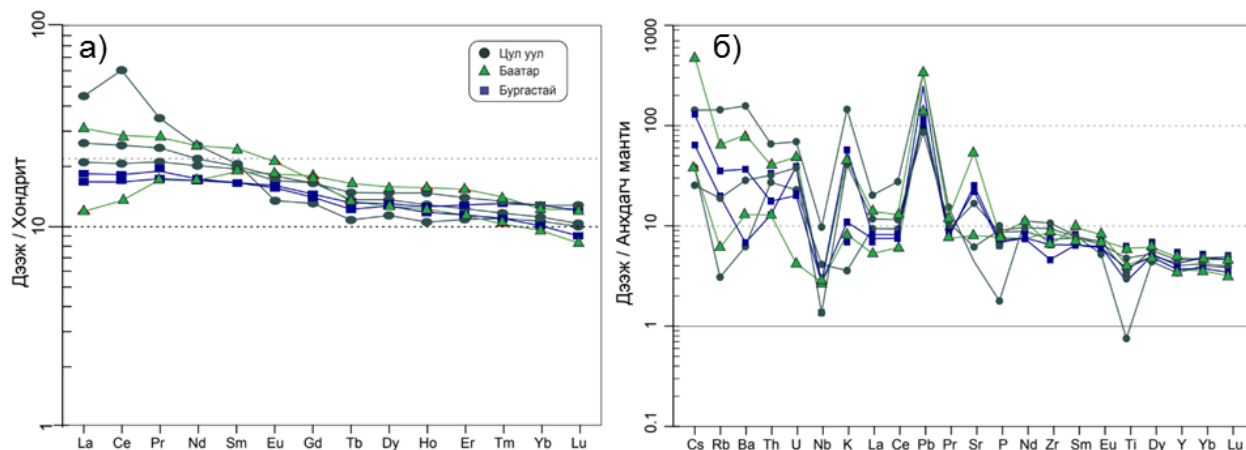
II.17-р зураг. Вулканоген чулуулгийн тектоникийн ангиллын Th - Hf/3 - Та диаграм (Wood, 1980).

Вулканидуудын эх үүсвэрийг тодорхойлох Пирсийн диаграмуудад MORB эх үүсвэртэй галт уулын нумын чулуулгийн талбайд хамаарч, далай болон эх газрын нумын завсрын шинжтэй чулуулаг болохыг зааж байна (II.18-р зураг).



II.18-р зураг. Цулуул, Бургастай, Баатар формацуудын хурдсын эх үүсвэр, орчныг тодорхойлох диаграм (Pearce, 2008 and Pearce, 2014)

Анхдагч мантийтай харьцуулсан спайдер диаграмд Цулуул, Бургастай, Баатар формацуудын дээжүүдийн хооронд агуулгын эрс ялгаа ажиглагдахгүй бөгөөд, эдгээр нь сарнимал элементийн агуулга жигд өндөр бөгөөд Pb баяжсан, Nb ядуурсан шинж үзүүлж байна (II.19б-р зураг). Харин ГХЭ-ийн нийлбэр агуулга 56.7-98.9 ppm, хөнгөн ба хүнд ГХЭ-ийн агуулгын ялгарал бага $(La/Yb)_N=3.1-5.0$, $(La/Sm)_N=1.9-2.5$, $(Gd/Yb)_N=1.3-1.8$, хондритод харьцуулсан ГХЭ-ийн диаграмд Eu аномал үзүүлээгүй, ерөнхийдөө бага налуутай хавтгай дүрс үзүүлж байна (II.19а-р зураг).



II.19-р зураг. Цулуул, Баатар, Бургастай формацуудын вулканоген чулуулгийн а). Анхдагч мантид (Wood et al., 1979a) харьцуулсан сарнимал элементийн спайдер диаграм; б). Хондритод харьцуулсан ГХЭ-ийн диаграм (Byonton, 1984).

Кембрийн интрузив чулуулаг

Өмнөх судлаачид Тогтохыншил бүрдэлд хамааруулж байсан Хар нуурын массивын зүүн хагас, Хар чулуутын массив бүхэлдээ кембрийн магмын нумын төлөөлөл гэж үзэж байна. Вулканоген аналог нь Ханхөхийн нуруунд тархсан кембрийн Ичээт формац байж болох юм. Энэ судалгаанд Баруун Монголын Нуурын бүсийн хэмжээнд тархалттай кембрийн настай интрузив чулуулгийн төлөөлөл болгон Руднев нарын кембрийн настай гэж тодорхойлсон дээжүүдийн үр дүн (Rudnev et al., 2009), бидний өмнөх төслийн үр дүн (Мөнхцэнгэл нар, 2018) болон энэ судалгааны дээжүүдийн үр дүнг нэгтгэн авч үзлээ.

Петрохими

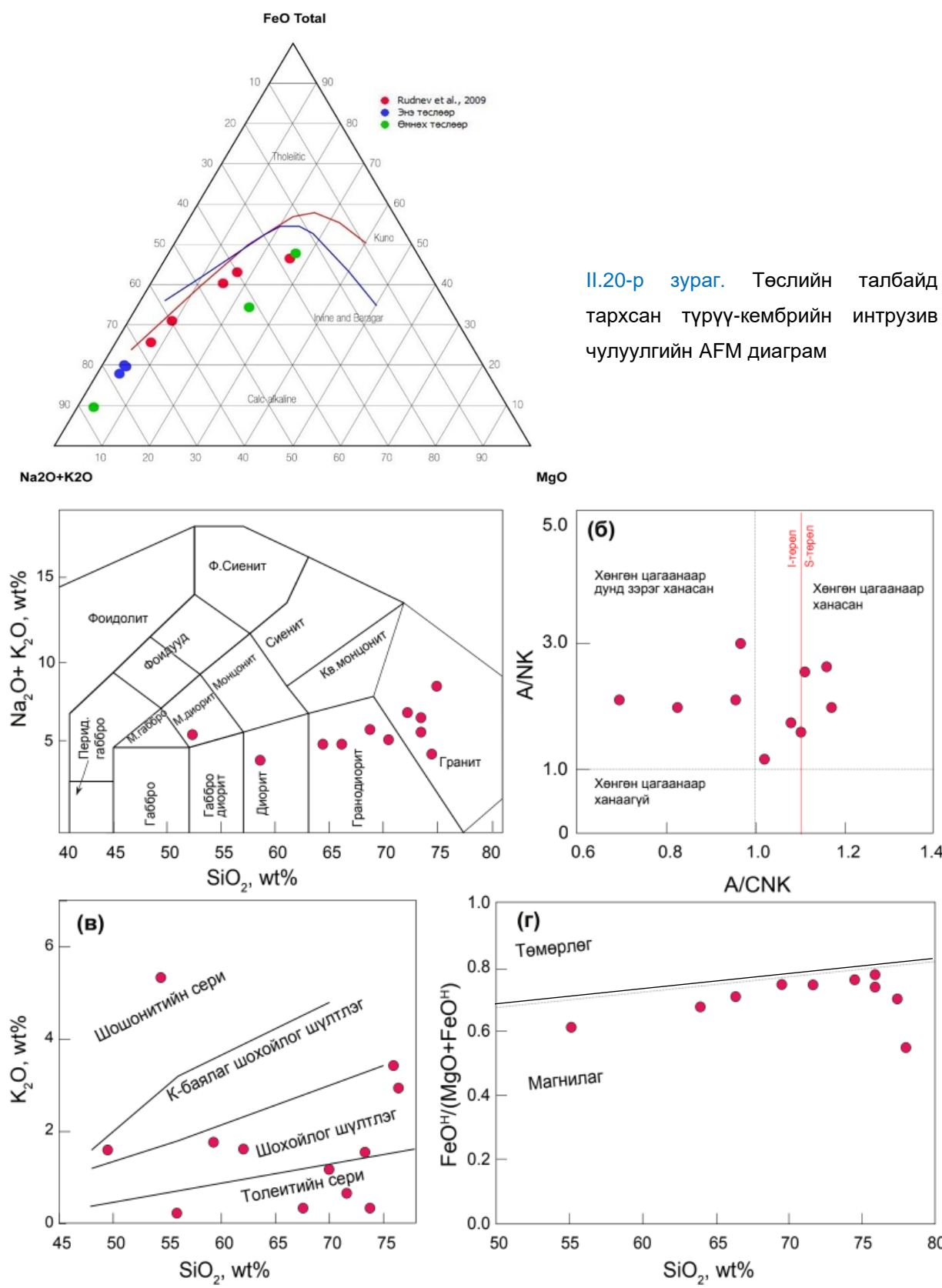
Нуурын бүсийн кембрийн интрузив чулуулгийн геохимийн шинжилгээний үр дүнг II.3-р хүснэгтэнд нэгтгэн оруулав.

II.3-р хүснэгт. Нуурын бүсийн кембрийн интрузив чулуулгийн геохимийн шинжилгээний үр дүн

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12
1	Дээжийн дугаар	RM-72-06	RM-46-05	RM-21-05	RM-12-05	RM-7-05	BM1912	BM1913	BM1919	BM1915	BM98A	BM98B	BM99
2	Эх сурвалж	Rudnev et al., 2009					энэ төслөөр				Мөнхцэнгэл нар, 2019		
3	Хээрийн тодорхойлолт	Диорит 529±6	Плагио-гранит 531±10	Тоналит 519±8	Плагио-гранит 519±8	Тоналит 494±10	гранит	гранит	гранодиорит 507.1±4.3	гранит	гранит	гранит	габбро-диорит
4	SiO ₂	58.18	68.64	65.7	70.14	63.55	74.04	72.74	55.71	74.03	75.54	76.04	49.17
5	TiO ₂	0.56	0.22	0.47	0.24	0.73	0.08	0.09	0.68	0.06	0.13	0.55	1.14
6	Al ₂ O ₃	18.64	17.05	16.71	16.08	16.35	14.64	15.77	17.46	14.89	13.03	10.07	15.06
7	Fe ₂ O _{3t}	7.23	2.51	4.96	3.21	5.86	1.86	1.75	8.82	1.73	0.98	4.21	11.22
8	MnO	0.09	0.08	0.13	0.10	0.11	0.05	0.04	0.15	0.03	0.08	0.10	0.19
9	MgO	3.63	0.63	1.66	0.83	2.03	0.42	0.39	4.14	0.34	0.29	2.58	5.61
10	CaO	7	4.76	4.45	3	4.55	2.01	2.17	7.75	2.59	0.87	3.29	7.56
11	Na ₂ O	3.71	5.59	3.41	4.33	3.3	5.46	6.1	3.45	5.47	4.51	1.69	3.8
12	K ₂ O	0.11	0.28	1.5	1.23	1.6	0.91	0.68	0.9	0.36	3.4	2.92	1.58
13	P ₂ O ₅	0.12	0.09	0.16	0.05	0.14	0.05	0.06	0.12	0.05	0.03	0.05	0.36
14	LOI	0.84	0.59	0.86	0.34	1.62	0.54	0.57	1.07	0.38			
15	Нийлбэр	99.78	100.44	100.01	99.55	99.84	100.16	100.46	100.31	100.05	98.86	101.51	95.68
16	Ba	76	178	625	764	487		677	337		933	520	355
17	Sr	516	647	465	462	318		607	491		179.1	217.5	454
18	Rb	4.4	2	26	17	35		10.9	16.2		80	98.6	33
19	Y	10.85	3.73	13.64	9.9	23.83		1.4	17.6		13	10.2	29.2
20	Zr	48	54	110	86	198		43.2	70		91.2	55	105
21	Nb	0.14	0.82	3.19	2.61	3.83		<1	1		7.4	4.4	5.9
22	Hf	1.29	1.37	3.23	2.65	6.27		<1	2			2.4	
23	Ta	0.1	0.07	0.13	0.15	0.35		<0.5	<0.5				
24	Th	0.03	0.16	2.19	1.27	3.38		0.2	2		7.5	7.4	
25	U	0.06	0.07	1	0.37	1.15		0.08	0.77				3.3
26	La	4.08	2.58	10.02	9.59	9.4		1.1	6.3				18.3
27	Ce	10.03	5.83	20.72	17.76	21.68		2.1	15.5				36.8
28	Pr	1.44	0.79	2.9	2.37	3.13		0.29	2.4				3.8
29	Nd	7.4	3.41	11.72	8.86	15.08		1.1	11				13.8
30	Sm	2.08	0.67	2.23	1.76	3.63		0.3	3.1				2.4
31	Eu	0.72	0.39	0.63	0.46	0.76		0.3	0.91				0.7
32	Gd	2.07	0.65	2.08	1.28	3.32		0.22	3.23				2.8
33	Tb	0.33	0.09	0.3	0.18	0.55		<0.05	0.51				0.1
34	Dy	1.76	0.51	1.92	1.22	3.63		0.26	3.47				1.5
35	Ho	0.38	0.11	0.42	0.28	0.88		0.07	0.76				0.2
36	Er	1.11	0.33	1.26	0.87	2.44		0.19	2.22				0.9
37	Tm	0.17	0.06	0.22	0.14	0.38		<0.05	0.34				
38	Yb	0.98	0.41	1.41	0.91	2.16		0.2	2				1.1
39	Lu	0.15	0.07	0.21	0.15	0.34		<0.05	0.26				

Төслийн судалгаанд кембрийн интрузив чулуулгийн төлөөлөл болгон авсан чулуулаг нь цахиурын ислийн агуулга SiO₂=49.17-76.04% хооронд хэлбэлзэх бөгөөд AFM диаграмд бүгд шүлтлэг-шохойлог чулуулгийн талбайд бууна (II.20-р зураг).

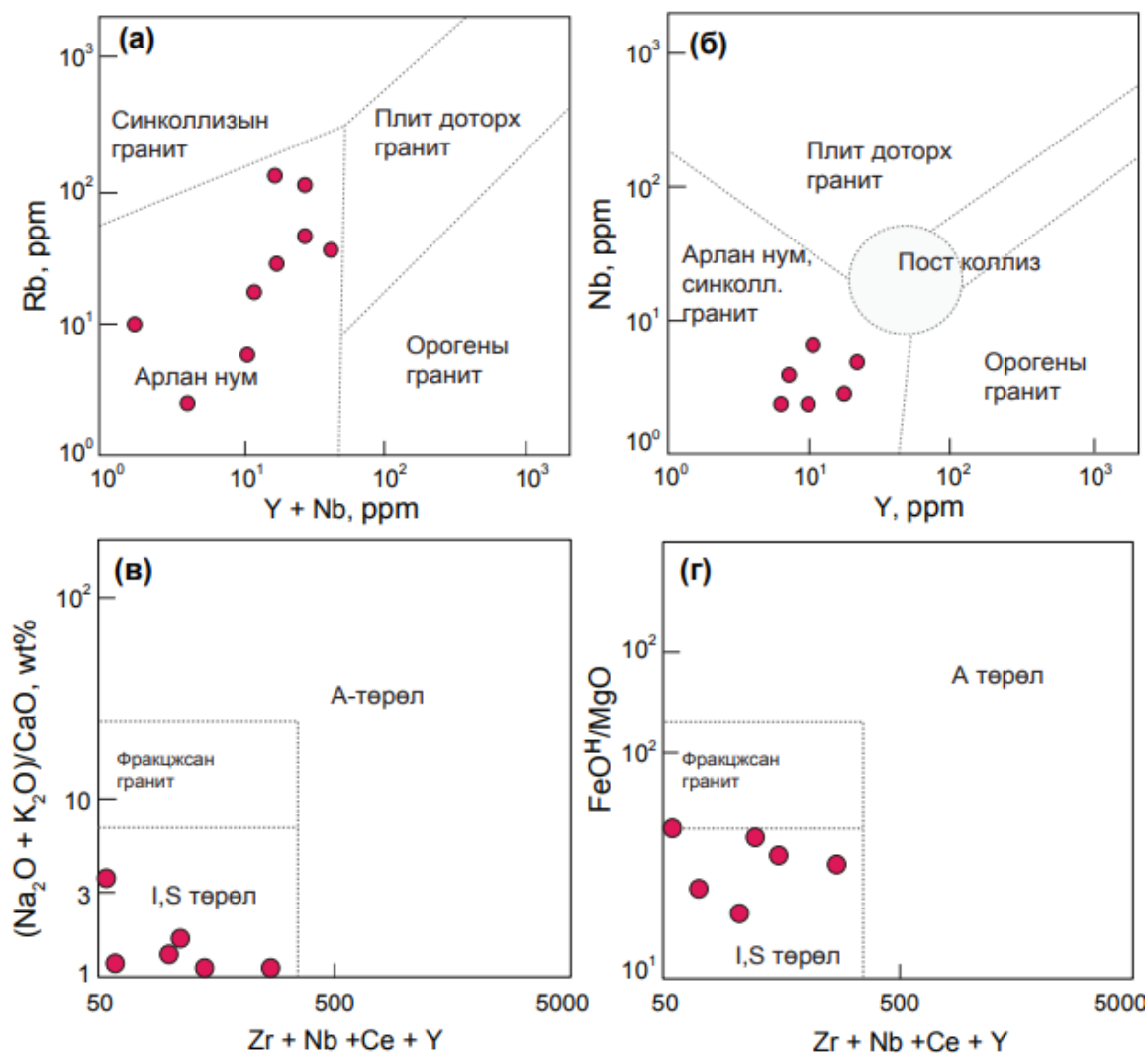
Нийлбэр шүлт-цахиурын ислийн диаграм дээр габбродиорит-диорит-гранодиорит-гранитын эгнээний тасралтгүй хөгжсөн чулуулгийн шинжийг үзүүлж байна (II.21а-р зураг). Эдгээр дээжүүд нь SiO₂ vs K₂O диаграм дээр толеитийн сериэс шүлтлэг шохойлог серийн талбайд хамаарах (II.21б-р зураг) ба хөнгөн цагаанаар дунд зэрэг ханаснаас-ханасан, магнилаг чулуулгийн шинжийг үзүүлнэ (II.21в-р зураг). Кембрийн гранитоид нь FeOⁿ/(FeOⁿ+MgO) vs SiO₂ диаграмд SiO₂<70, #Fe <0.6, магнилаг (magnesian) төрөлд хамаарч байгаа нь шүлтлэг-шохойлог, галт уулын нумын орчинд үүссэн, I-төрлийн чулуулаг болохыг харуулж байна (II.21г-р зураг).



II.20-р зураг. Төслийн талбайд тархсан түрүү-кембрийн интрузив чулуулгийн AFM диаграм

II.21-р зураг. Кембрийн гранитоид чулуулгийн гол элементүүдийн агуулгаар байгуулсан диаграмууд. а). Нийлбэр шүлт-цахиурын ислийн ангиллын TAS диаграм (Irvine and Barager, 1971); б). A/CNK vs A/NK харьцааны диаграм (Middlemost, 1985); в). SiO₂ vs K₂O диаграм (Le Maitre et al., 1989); г). FeO^H/(FeO^H+MgO) vs SiO₂ диаграм (Frost et al., 2001).

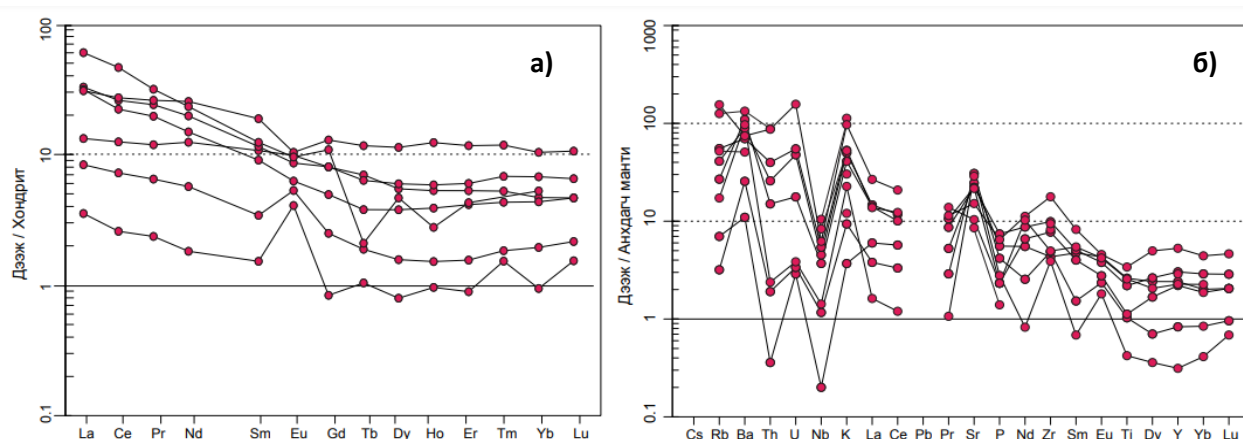
Сарнимал элементийн үр дүнгээр боловсруулсан тектоник ангиллын диаграмд арлан нумын талбайд (II.22а,б-р зураг), I-төрлийн гранитоидын талбайд бууж байна (II.22в,г-р зураг).



II.22-р зураг. Түрүү кембрийн гранитоид чулуулгийн сарнимал элементүүдийн агуулгаар байгуулсан диаграмууд. Тектоник ангиллын диаграм а). Y+Nb vs Rb; б). Y vs Nb, гранитын төрөл ялгах в). Zr+Nb+Ce+Y vs (Na₂O₃+K₂O)/CaO; г). 10⁴⁺Ga/Al vs FeO/MgO диаграм.

Ховор, сарнимал элементүүдийн үр дүнг анхдагч мантитай харьцуулсан спайдер диаграмд түрүү кембрийн интрузивийн дээжүүдийн хооронд эрс ялгаа ажиглагдахгүй бөгөөд, эдгээр нь ионы радиус бага литофиль (LIL) элементүүдээр баяжсан, цэнэг өндөртэй (HFS) элементүүдээр ядуурсан шинж үзүүлж байна (II.236-р зураг). Хондридтой харьцуулсан ГХЭ-ийн диаграмд хөнгөн ГХЭ-ээр баяжсан, хүнд ГХЭ-ийн агуулга жигд буурсан дүрс үзүүлж байна (II.23а-р зураг). ГХЭ-ийн нийлбэр

агуулга 6.28-82.4 ppm, хөнгөн ба хүнд ГХЭ-ийн агуулгын ялгарал бага $(La/Yb)_N=2.12-11.22$, $(La/Sm)_N=1.23-4.8$, $(Gd/Yb)_N=0.89-2.05$ байна.

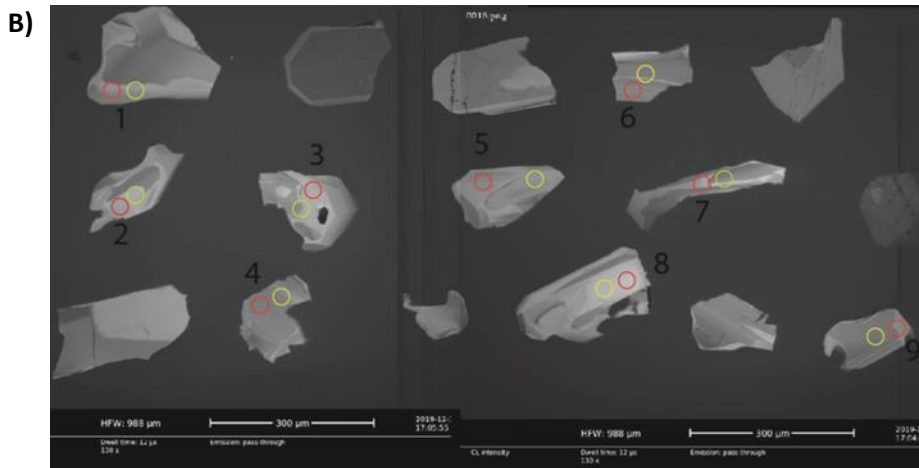
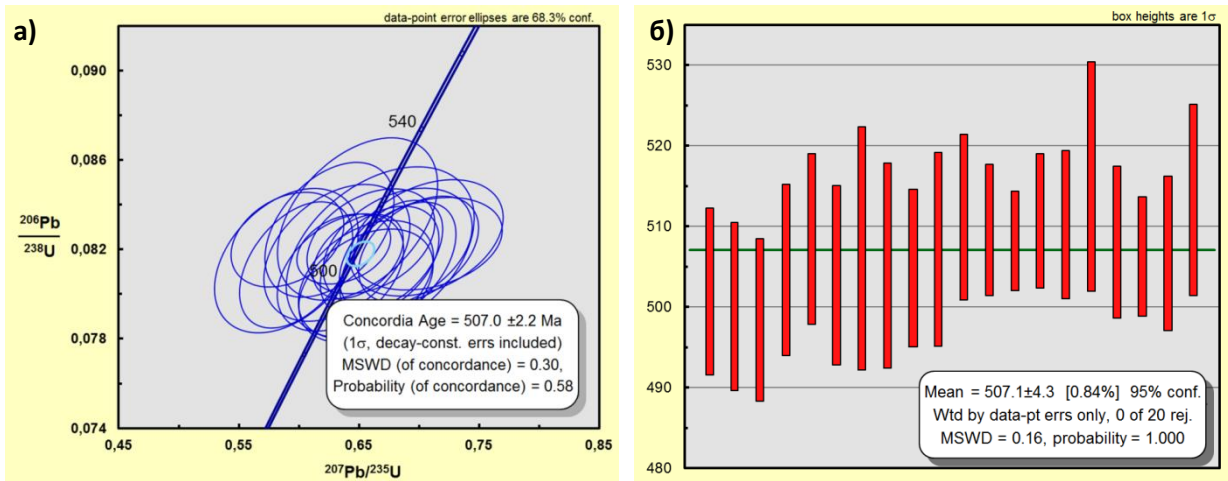


II.23-р зураг. а). Хондритод нормчилсон (Boynnton, 1984) ГХЭ-ийн диаграм. б). Сарнимал элементийн утгуудыг анхдагч мантид (McDonough and Sun, 1995) нормчилсон спайдер диаграм.

Геохронологи

Хар нуур орчимд тархсан хожуу ордовикийн гранит гэж зураглагдсан чулуулгаас авсан BM1919 (93°13'0.68", 48°21'26") дээжид LA-ICPMS U-Pb аргаар үнэмлэхүй нас тодорхойлоход цирконы 20 мөхлөгийг сонгож авсан бөгөөд 20 хэмжилтийн үр дүнгээр 507.1 ± 4.3 сая жил, кембрийн нас тодорхойлогдсон (II.24а, б-р зураг, II.4-р хүснэгт).

Цирконы мөхлөгүүдийн катод-люминесценцийн зургаас харахад морфологийн хувьд ихэнх нь призмлэг, сунасан призмлэг хэлбэртэй, 150-300 μm хэмжээтэй, хэлбэр дүрс муутай, бүслүүрлэг тогтоц бараг ажиглагдахгүй. Th/U харьцаа нь 0.47-0.55, дунджаар 0.46 байгаа нь магмын гаралтай байх боломжтой (II.24в-р зураг, II.4-р хүснэгт).



11.24-р зураг. BM1919 дээжийн цирконы LA-ICPMS U-Pb үнэмлэхүй насны шинжилгээний үр дүн. а). Конкорд диаграм, б). цирконы мөхлөгүүдийн CL зураг. в). $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ жигнэсэн дундаж насны диаграм.

11.4-р хүснэгт. BM1919 дээжийн цирконы мөхлөгүүдэд хийсэн LA-ICPMS хэмжилтийн үр дүн

д/д	Хэмжилтийн дугаар	Элементийн агуулга, ppm				Изотопын харьцаа						Нас, сая жил						Concord	
		Pb	Th	^{231}U	^{238}U	Th/U	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ	Rho	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$
1	BM19-1	8	38	80	0,48	0,057	0,003	0,635	0,035	0,081	0,002	0,391	487	123	499	22	502	10	99%
2	BM19-2	5	20	46	0,43	0,060	0,004	0,656	0,037	0,081	0,002	0,382	611	130	512	23	500	10	97%
3	BM19-3	6	22	55	0,40	0,059	0,003	0,656	0,037	0,080	0,002	0,370	583	124	512	23	498	10	97%
4	BM19-4	8	44	79	0,56	0,061	0,003	0,683	0,032	0,081	0,002	0,467	656	97	528	19	505	11	95%
5	BM19-5	6	30	56	0,54	0,061	0,004	0,682	0,041	0,082	0,002	0,359	656	142	528	25	508	11	96%
6	BM19-6	6	33	59	0,55	0,054	0,003	0,598	0,031	0,081	0,002	0,441	376	111	476	20	504	11	94%
7	BM19-7	6	21	63	0,34	0,058	0,004	0,668	0,052	0,082	0,003	0,399	546	146	519	31	507	15	97%
8	BM19-8	5	21	47	0,44	0,053	0,004	0,590	0,040	0,081	0,002	0,390	346	158	471	25	505	13	92%
9	BM19-9	8	39	73	0,53	0,060	0,003	0,667	0,033	0,081	0,002	0,411	613	109	519	20	505	10	97%
10	BM19-10	7	26	68	0,39	0,056	0,004	0,632	0,040	0,082	0,002	0,388	478	143	497	25	507	12	98%
11	BM19-18	5	20	53	0,38	0,063	0,004	0,706	0,042	0,083	0,002	0,349	709	130	543	25	511	10	94%
12	BM19-19	6	27	56	0,49	0,063	0,004	0,707	0,041	0,082	0,001	0,288	717	124	543	24	510	8	93%
13	BM19-20	11	59	104	0,56	0,057	0,002	0,637	0,026	0,082	0,001	0,312	476	87	501	16	508	6	98%
14	BM19-21	13	67	126	0,53	0,052	0,003	0,591	0,031	0,082	0,001	0,323	302	114	471	20	511	8	91%
15	BM19-22	8	32	85	0,38	0,058	0,003	0,660	0,035	0,082	0,002	0,353	600	106	515	21	510	9	99%
16	BM19-23	6	27	59	0,46	0,058	0,004	0,649	0,044	0,083	0,002	0,424	528	181	508	27	516	14	98%
17	BM19-24	7	34	70	0,49	0,062	0,003	0,700	0,033	0,082	0,002	0,407	683	103	539	20	508	9	94%
18	BM19-25	12	53	129	0,41	0,058	0,002	0,649	0,025	0,082	0,001	0,398	600	82	508	15	506	7	99%
19	BM19-26	9	40	93	0,42	0,061	0,003	0,677	0,028	0,082	0,002	0,467	639	96	525	17	507	10	96%
20	BM19-27	10	55	100	0,55	0,055	0,003	0,625	0,035	0,083	0,002	0,423	420	117	493	22	513	12	96%

II.3.2. Ордовикийн вулкан-плутон бүрдэл

Төслийн судалгаагаар Нуурын бүсэд тархалттай ордовикийн настай чулуулгийг төлөөлүүлэн Тогтохыншил бүрдэл гэж ялгасан ордовикийн настай интрузив, ордовикийн настай Намир формацын чулуулгийг авч үзлээ.

Ордовикийн вулканоген-тунамал чулуулаг

Намир формац (O_{1-2nt})-ын хурдсыг ордовикийн вулканоген төлөөлөл болгон авч үзэж байна.

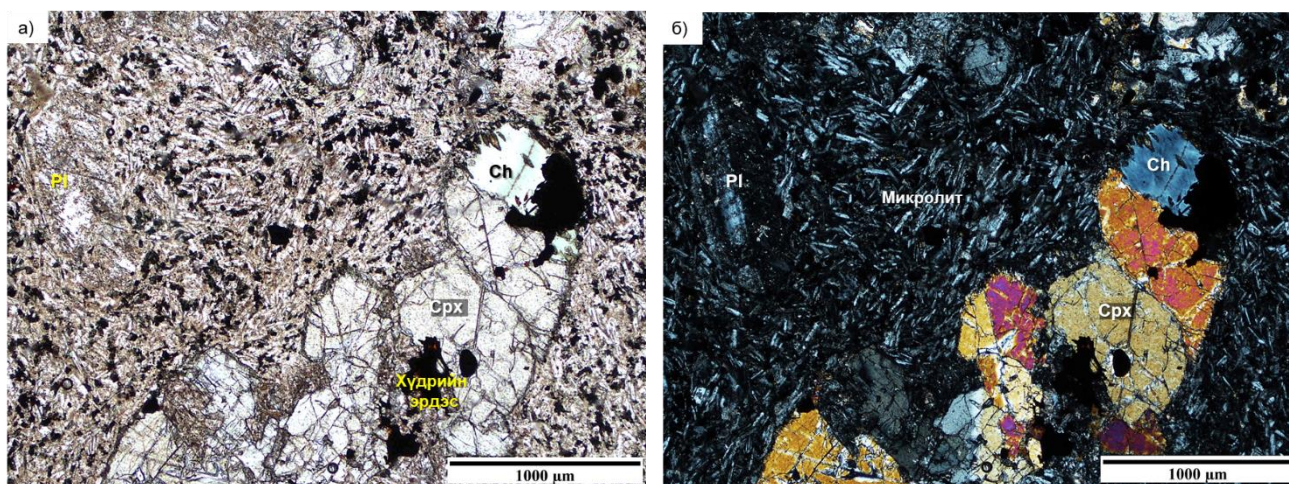
Доод-дунд ордовикийн Намир формац (O_{1-2nt})-ыг анх Ховд ба Нуурын бүсийг заагладаг Цагааншувуутын гүний хагарал дагаж илэрсэн жинхэнэ зузаан нь тодорхойгүй, бас организмын үлдэгдэл тодорхойлогдоогүй вулканоген-тунамал зузаалгийг Л.В.Чистоедов 1991 онд ялгасныг формацад хамааруулжээ (Минжин, 2006). Намир формацын чулуулаг нь Тогтохыншил бүрдлийг хучдаг бөгөөд ордовикийн настай Түргэнгол бүрдлийн гранитоидоор зүсэгдэнэ. Доод-дунд силурын Чаргат формацаар өнцгийн үл нийцлэгээр хучигдана (Самозванцев нар, 1982). Намир формац нь голдуу андезит-дацитын найрлагатай бор ногоон лавабрекч, миндалин текстуртай улаан хүрэн өнгийн лава, туфконгломерат, том хэмхдэстэй туф элсэн чулуу, гравелит, конгломерат, алевролит, андезит-дацитын найрлагатай бор ягаан хүрэн лава, лавабрекч, туфуудаас тогтоно.

Төслийн энэ удаагийн ажлаар судалгаанд хамрагдсан талбайд тархсан Намир формацаас 4 (BM1962, BM1963, BM1963a, BM1965) дээж авч петрографи, геохимийн шинжилгээ хийн 2 дээжинд U-Pb аргаар үнэмлэхүй нас тодорхойлсон.

Петрографи

Намир формацын андези-базальт (BM1963), порфир структуртай, үндсэн хэсэг нь таксит. Эрдсийн мөхлөгийн хэмжээ 1-5 мм. Гол бүрдүүлэгч эрдсүүд нь плагиоклаз 55-65%, авгит 5-10%, галт уулын шил 15-25%. Хлорит, эпидот, серицит хоёдогч эрдсээр, хүдрийн эрдэс 10-15% (II.25-р зураг). Чулуулгийн 10-20%-ыг фенокрист бүрдүүлэхээс плагиоклазын давамгайлах ба багаар авгитын талстууд үүсгэнэ. Үндсэн хэсгийг галт уулын шил, плагиоклазын микролит, хүдрийн эрдсүүд бүрдүүлнэ. Уг базальт нь деформацад бага өртөж хувиралд харьцангуй их өртсөн байна. Фенокристал үүсгэх плагиоклазын талстууд урт сунасан призмлэг идиоморф

хэлбэртэй, суналын дагуу 1-5 мм хэмжээтэй, полисинтет болон энгийн ихэрлэлттэй, серицит, шаврын эрдсийн хувиралд өртөж барзгар гадаргуутай болсон ба ховроор соссюрит үүссэн байна. Үндсэн хэсгээр харьцангуй бага түрэгдэн шулуун хил заагтай болсон боловч цөөн тооны талстуудад хагарлын ан цав үүссэн байна. Авгит нь сул ногооноос тод ногоон плеохроизмтой, тод рельефтэй, тод интерференцийн өнгөтэй, изометрлэг, идиоморф хэлбэртэй 1-2 мм хэмжээтэй, заримдаа бөөгнөрсөн байдлаар тогтооно. Хлоритод бүрэн хувирсан биотитын талстууд тааралдана.



II.25-р зураг. Намир формацын андези-базальтын (BM1963) микрофото. а, б) призмлэг хэлбэртэй плагиоклазын жижиг зүүлэг талстууд болон хүдрийн эрдсээр баялаг үндсэн хэсэг болон фенокристаллээр плагиоклаз, клинопироксен үүссэнийг харуулна.

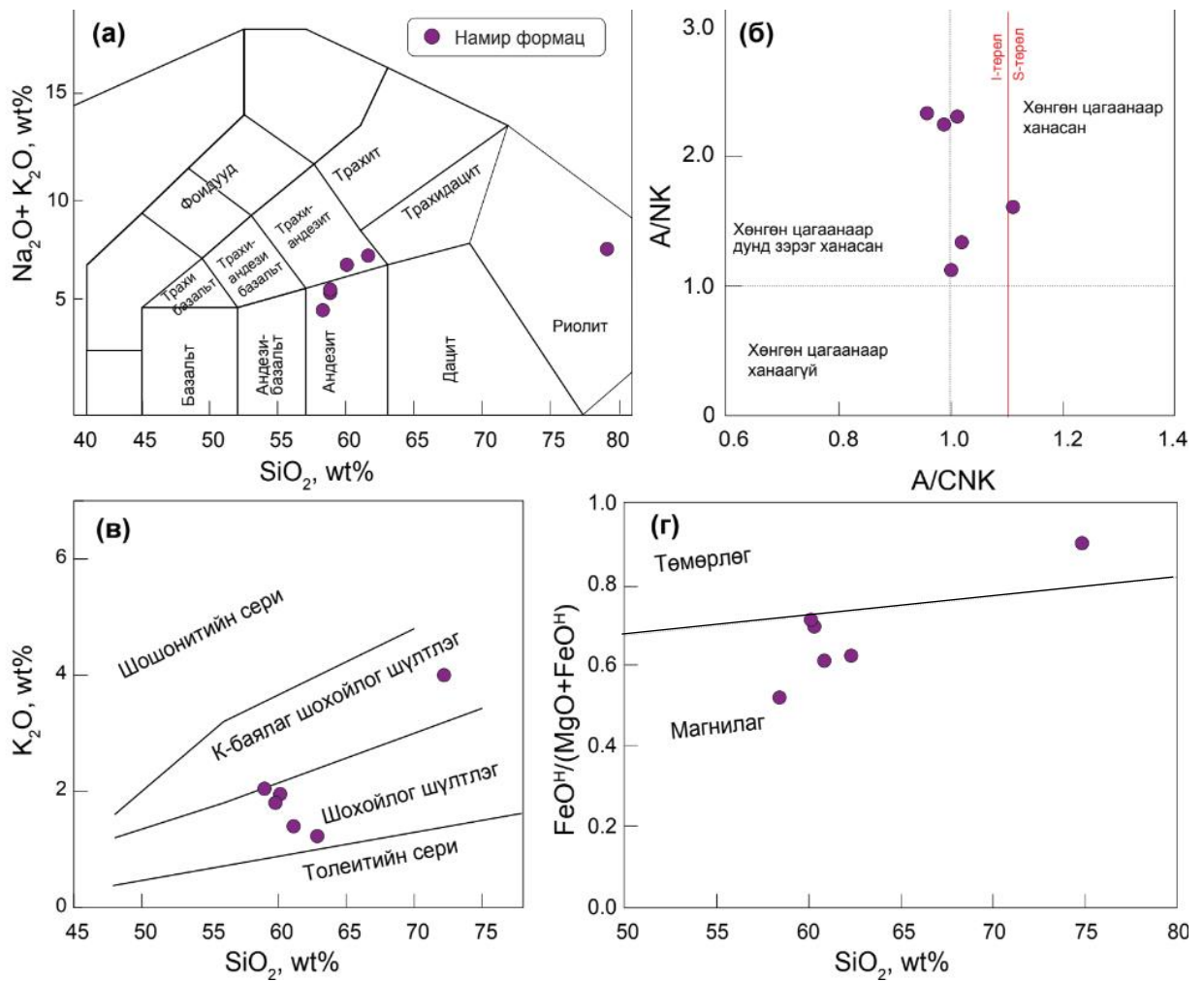
Петрохими

Төслийн судалгааны талбайд тархсан доод-дунд ордовикийн Намир формацын чулуулгийн геохимийн шинжилгээний үр дүнг дараах хүснэгтэнд нэгтгэн оруулав (**II.5-р хүснэгт**).

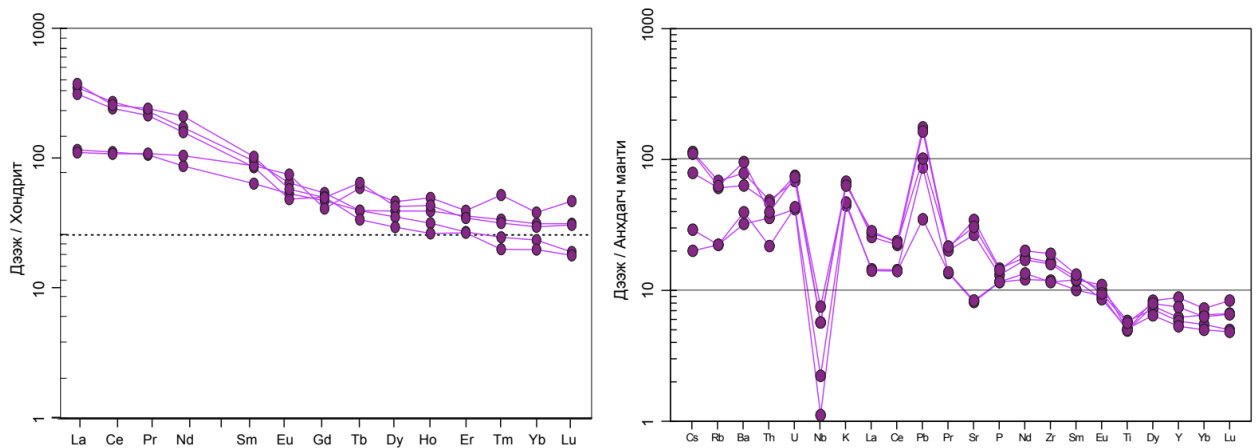
Шинжилгээнд хамрагдсан Намир формацын дээжүүд нь андезитаас риолитийн талбайд буух бөгөөд $SiO_2=57.07-71.46\%$; $Na_2O+K_2O=4.89-8.77\%$ байна (**II.26а-р зураг**). A/NK vs A/CNK диаграмд ихэнх дээжүүд хөнгөн цагаанаар дунд зэрэг ханасан талбайд, гранитын төрлийн ангиллаар I-төрлийн гранитын талбайд бууж байна (**II.26б-р зураг**). Уг формацын чулуулаг нь SiO_2 vs K_2O диаграм дээр шүлтлэг-шохойлог эгнээнд ихэнх нь хамаарах (**II.26в-р зураг**) бөгөөд $FeO^{II}/(FeO^{II}+MgO)$ vs SiO_2 диаграмд $SiO_2 < 70$, $\#Fe > 0.6$, магнилаг чулуулгийн төрөлд хамаарч байна (**II.26г-р зураг**).

II.5-р хүснэгт. Намир формацын вулканоген чулуулгийн геохимийн шинжилгээний үр дүн

	1	2	3	4	5	6	7
1	Дээжийн	BM1962	BM1965	BM1963	BM1963a	BM62	BM63
2		Намир формац (O ₁₋₂ nm)					
3	Хээрийн тодорхойлолт	порфирлог андезит /мета- андезит	андезит	порфирлог андези- базальт	дацитын туф	порфирлог андезит /мета- андезит	порфирлог андези- базальт
4	SiO ₂	61.17	57.07	58.08	71.46	59.80	57.92
5	TiO ₂	0.78	0.81	0.94	0.26	0.79	0.91
6	Al ₂ O ₃	16.4	15.81	18.16	13.89	16.61	18.11
7	Fe ₂ O ₃	6.67	7.36	6.9	3.21	6.95	6.61
8	Mn ₂ O ₄	0.14	0.11	0.1	0.03	0.15	0.09
9	MgO	3.06	4.8	2.17	0.29	3.35	1.99
10	CaO	2.55	6.19	6.13	1.02	2.11	5.86
11	Na ₂ O	6.28	2.96	3.96	4.58	5.92	3.78
12	K ₂ O	1.22	1.93	1.84	4.19	1.29	1.79
13	P ₂ O ₅	0.2	0.23	0.26	0.04	0.20	0.25
14	LOI	1.96	2.49	1.51	1.33		
15	Нийлбэр		99.8	100.1	100.34	97.18	97.31
16	Ni	20	57	183			
17	Cr	10	88	33			
18	Cu	10	20	19			
19	Mn	1046	788	763			
20	Ba	198	416	528		248	655
21	Li	10	18	10		7	8
22	Be	5	5	5			
23	Sc	20	21	15			
24	Sr	132	484	645		136	566
25	V	160	178	183		217	247
26	Zn	65	81	88			
27	Co	12.8	25	21.2			
28	Ga	17	19	21		17	19
29	Ge	1	1	1			
30	As	5	5	5			
31	Rb	12	36.1	41.3		12	37.4
32	Y	21.1	17.8	19.6		31	25.8
33	Zr	106	146	151		103	178
34	Nb	1	3	3		1	4
35	Mo	2	2	2			
36	Cd	0.2	0.2	0.2			
37	In	0.2	0.2	0.2			
38	Sn	1	1	1			
39	Sb	0.1	0.1	0.1			
40	Cs	0.2	0.6	0.9		0.1	0.9
41	Hf	3	3	4		2.4	3.3
42	Ta	0.5	0.5	0.5		0.1	0.3
43	W	28	22	26			
44	Tl	0.5	0.5	0.5			
45	Pb	6	12	13		2	7
46	Bi	0.1	0.1	0.1		0.04	0.05
47	Th	2.7	3.6	3.8		1.57	3.02
48	U	0.79	1.51	1.36		0.82	1.47
49	La	8.10	15.10	16.20		7.87	16.90
50	Ce	20.60	33.50	36.00		20.20	34.80
51	Pr	3.02	4.68	4.90		3.06	5.05
52	Nd	13.10	19.10	20.10		14.70	22.80
53	Sm	3.50	4.20	4.50		4.27	4.72
54	Eu	1.18	1.11	1.33		1.46	1.24
55	Gd	3.84	4.00	4.19		3.52	3.98
56	Tb	0.63	0.57	0.63		0.81	0.86
57	Dy	4.26	3.56	3.99		4.73	4.48
58	Ho	0.95	0.74	0.83		1.10	1.01
59	Er	2.63	2.18	2.20		2.79	2.57
60	Tm	0.39	0.28	0.32		0.51	0.38
61	Yb	2.40	1.80	2.00		2.72	2.32
62	Lu	0.37	0.26	0.27		0.48	0.37



II.26-р зураг. Намир формацын чулуулгийн ангиллын диаграмууд а). Нийлбэр шүлт-цахуурын ислийн (TAS) диаграм; б). Хөнгөн цагааны ханалтын индексийн A/NK vs A/CNK диаграм; в). SiO_2 vs K_2O диаграм; г). SiO_2 vs $\text{Fe}^{\text{H}}/(\text{MgO} + \text{FeO}^{\text{H}})$ диаграм

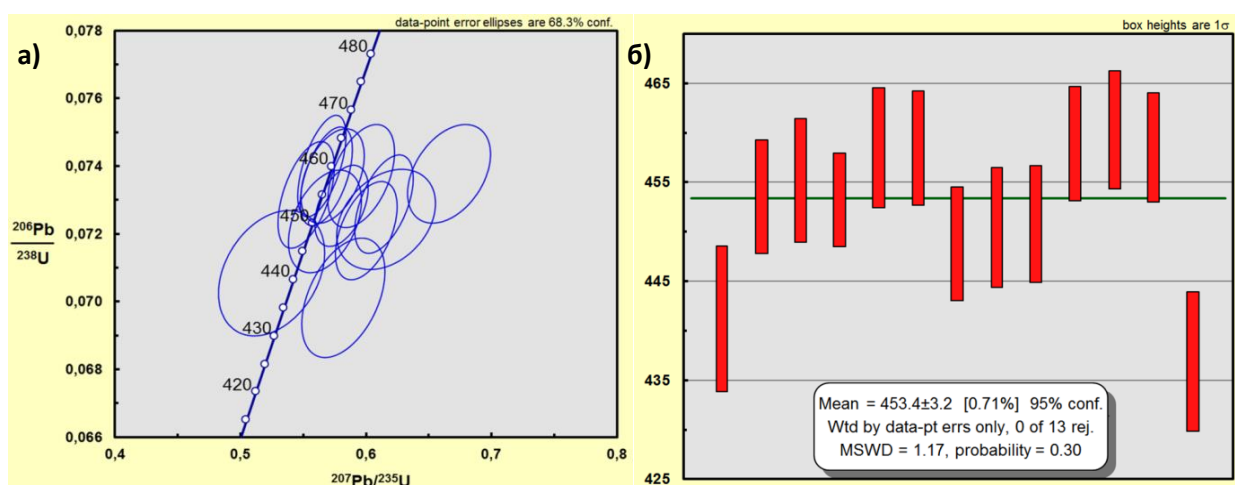


II.27-р зураг. а). Сарнимал элементийн утгуудыг анхдагч мантид (McDonough and Sun, 1995) нормчилсон спайдер диаграм. б). Хондритод нормчилсон (Boynnton, 1984) ГХЭ-ийн диаграм.

Намир формацын чулуулгийн ГХЭ-ийн нийлбэр агуулга 64.97-101.47 ppm, хөнгөн ба хүнд ГХЭ-ийн агуулгын ялгарал бага $(La/Yb)_N=1.95-5.66$, $(La/Sm)_N=1.16-2.26$, $(Gd/Yb)_N=1.04-1.79$ байна. Хондритод нормчилсон ГХЭ-ийн диаграмаас харахад ГХЭ-ийн агуулга харьцангуй жигд өндөр, хөнгөн ГХЭ-ээр баяжсан, хүнд ГХЭ-ээр ядуурсан, Eu сулхан сөрөг аномаль үзүүлж байна (II.27а-р зураг). Анхдагч мантитай харьцуулсан спайдер диаграмд LIL элементүүдийн агуулга өндөр, онцлон Nb ядуурсан, K, Pb баяжсан, HFS элементүүдийн агуулга ядуурсан шинж үзүүлж байна. (II.27б-р зураг).

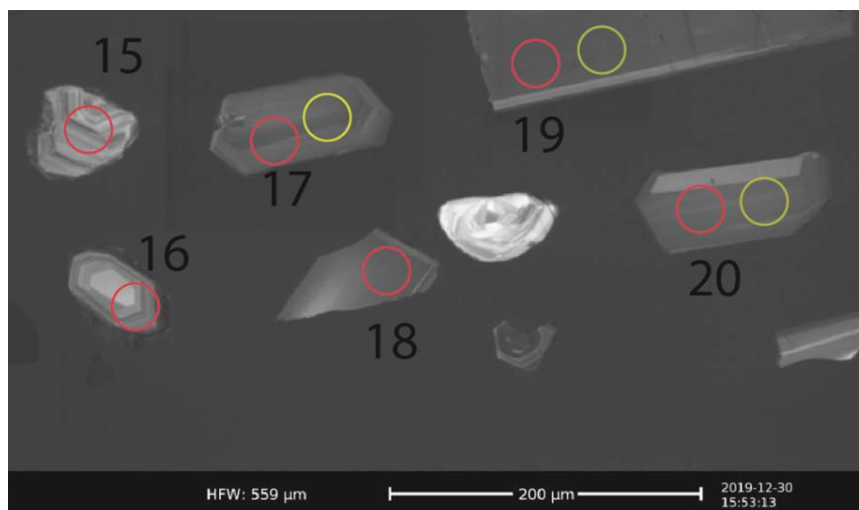
Геохронологи

Кембрийн Тогтохыншил бүрдлийн гранитын биетээр зураглагдсан (1:500 000 зурагт) гарш нь вулканит байсан ба үүнийг Намир формацад хамааруулан үзсэн. Уг гаршаас авсан андезитын дээжинд (BM1962, 92°35'15.78", 48°32'01") LA-ICPMS U-Pb аргаар үнэмлэхүй нас тодорхойлоход цирконы 20 мөхлөгийг сонгож авсан бөгөөд 13 хэмжилтийн үр дүнгээр 453.4 ± 3.2 сая жил ордовикийн нас тодорхойлогдсон (II.28а, б-р зураг, II.6-р хүснэгт).



II.28-р зураг. BM1962 дээжийн цирконы LA-ICPMS U-Pb үнэмлэхүй насны шинжилгээний үр дүн. а). Конкорд диаграм, б). $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ жигнэсэн дундаж насны диаграм.

Цирконы мөхлөгүүдийн катод-люминесценцийн зургаас харахад морфологийн хувьд ихэнх нь призмлэг, сунасан призмлэг хэлбэртэй, 75-300 μm хэмжээтэй, бүслүүрлэг тогтоцтой (II.29-р зураг). Th/U харьцаа нь 0.74-1.87, дунджаар 1.12 байгаа нь магмын гаралтай байх боломжтой (II.6-р хүснэгт).



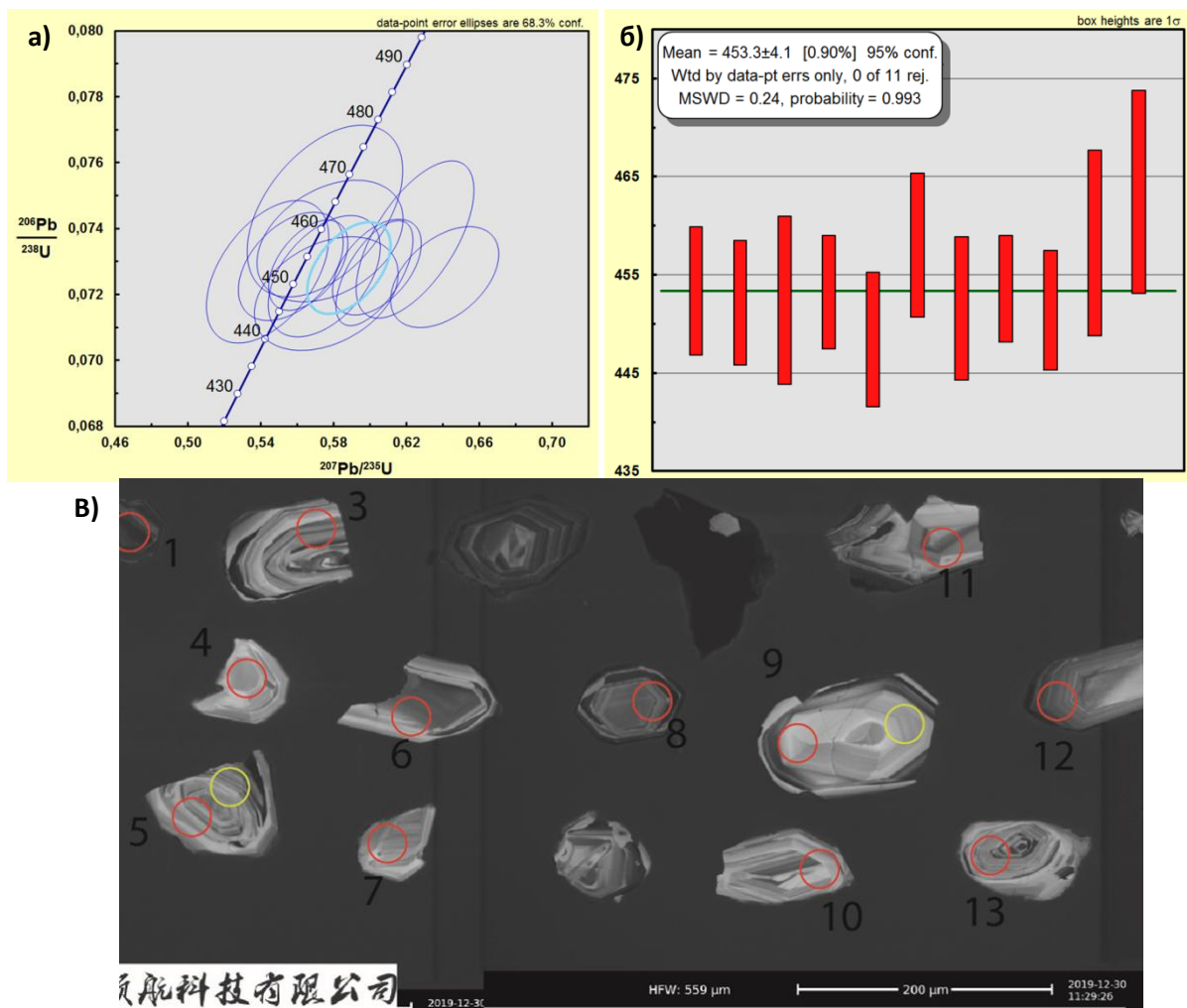
II.29-р зураг. VM1962 дээжийн цирконы мөхлөгүүдийн катод-люминесценцийн зураг

II.6-р хүснэгт. VM1962 дээжийн цирконы мөхлөгүүдэд хийсэн LA-ICPMS хэмжилтийн үр дүн

д/д	Хэмжилтийн дугаар	Элементийн агуулга, ppm				Изотопын харьцаа						Үнэмлэхүй нас, сая жил							
		Pb	Th ²³²	U ²³⁸	²³² Th/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	Rho	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	Concord
1	VM62-2	11	100	119	0.84	0.054	0.003	0.525	0.028	0.071	0.001	0.32	369	122	428	19	441	7	97%
2	VM62-6	64	647	593	1.09	0.063	0.001	0.662	0.017	0.076	0.001	0.71	724	48	516	10	471	8	90%
3	VM62-7	56	418	601	0.70	0.061	0.001	0.614	0.015	0.073	0.001	0.53	643	55	486	10	453	6	93%
4	VM62-8	42	256	479	0.53	0.055	0.001	0.552	0.015	0.073	0.001	0.53	406	56	446	10	455	6	98%
5	VM62-9	56	584	544	1.07	0.058	0.001	0.580	0.014	0.073	0.001	0.45	517	44	465	9	453	5	97%
6	VM62-10	39	373	389	0.96	0.059	0.002	0.596	0.018	0.074	0.001	0.46	554	58	475	11	458	6	96%
7	VM62-12	77	951	704	1.35	0.056	0.001	0.568	0.014	0.074	0.001	0.54	454	18	457	9	458	6	99%
8	VM62-13	39	486	382	1.27	0.060	0.002	0.600	0.016	0.072	0.001	0.49	620	56	477	10	449	6	93%
9	VM62-14	25	226	265	0.85	0.057	0.002	0.567	0.019	0.072	0.001	0.41	480	67	456	12	450	6	98%
10	VM62-15	11	101	239	0.42	0.052	0.002	0.284	0.012	0.040	0.001	0.45	333	81	254	9	252	5	99%
11	VM62-16	16	154	169	0.91	0.062	0.003	0.616	0.026	0.072	0.001	0.32	733	82	487	16	451	6	92%
12	VM62-17	58	603	550	1.10	0.065	0.002	0.666	0.022	0.074	0.001	0.40	789	60	518	13	459	6	87%
13	VM62-18	29	263	313	0.84	0.060	0.002	0.582	0.022	0.070	0.001	0.44	620	51	466	14	437	7	93%
14	VM62-19	60	643	583	1.10	0.056	0.001	0.565	0.013	0.074	0.001	0.59	439	50	455	8	460	6	98%
15	VM62-20	30	246	308	0.80	0.057	0.002	0.573	0.017	0.074	0.001	0.43	480	63	460	11	458	6	99%

Намир формацаар зураглагдсан андезитаас дээж (VM1963, 92°23'31.81", 48°33'13") авч LA-ICPMS U-Pb аргаар үнэмлэхүй нас тодорхойлоход цирконы 20 мөхлөгийг сонгож авсан бөгөөд 11 хэмжилтийн үр дүнгээр 453.4±4.1 сая жил ордовикийн нас тодорхойлогдсон (II.30а,б-р зураг, II.7-р хүснэгт).

Цирконы мөхлөгүүдийн катод-люминесценцийн зургаас харахад морфологийн хувьд ихэнх нь призмлэг, сунасан призмлэг хэлбэртэй, 75-200 μm хэмжээтэй, бүслүүрлэг тогтоцтой. Th/U харьцаа нь 0.46-1.26, дунджаар 0.72 байгаа нь магмын гаралтай байх боломжтой (II.30в-р зураг, II.7-р хүснэгт).



II.30-р зураг. BM1963 дээжийн цирконы LA-ICPMS U-Pb үнэмлэхүй насны шинжилгээний үр дүн. а). Конкорд диаграм, б). цирконы мөхлөгүүдийн CL зураг. в) $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ жигнэсэн дундаж насны диаграм.

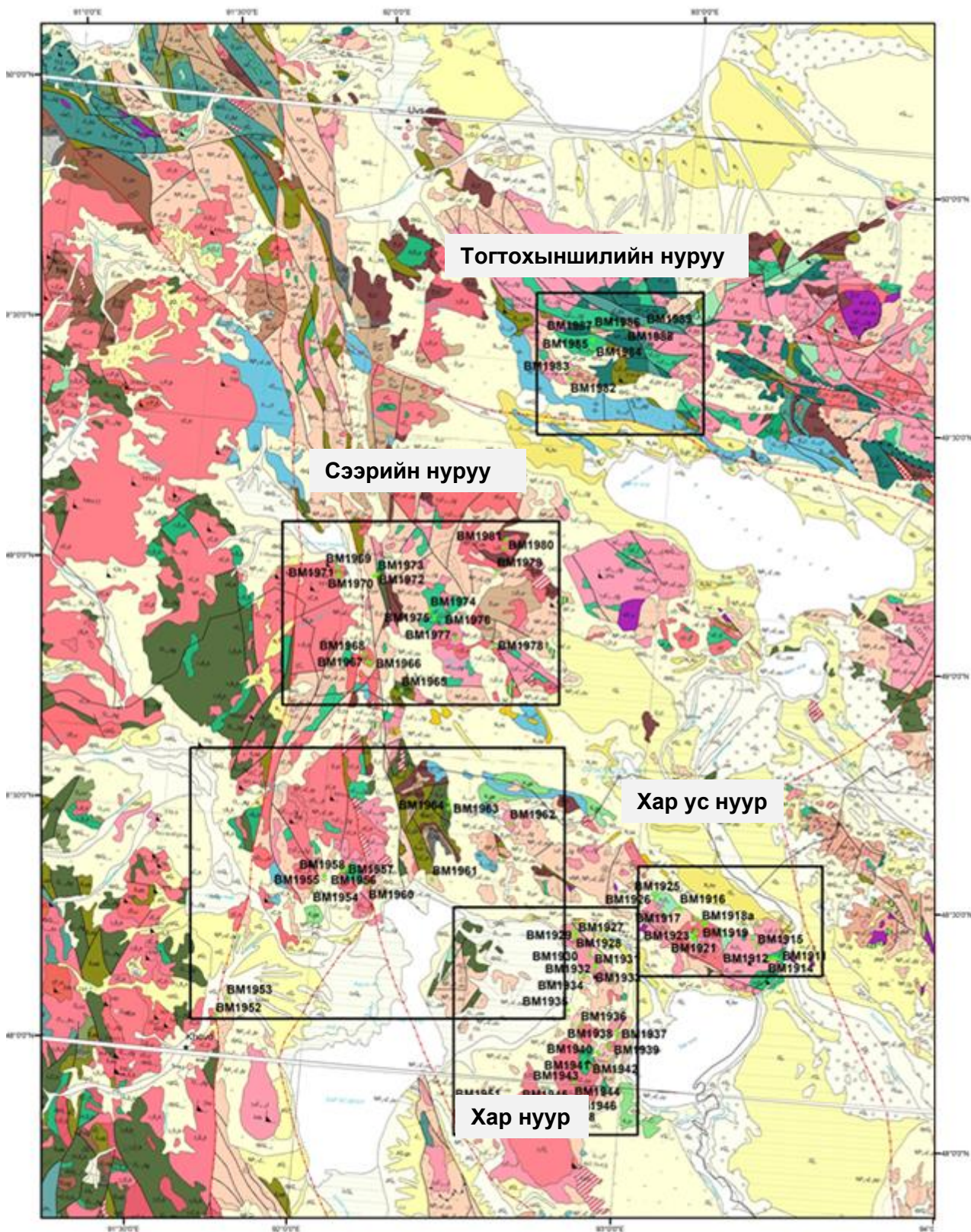
II.7-р хүснэгт. BM1963 дээжийн цирконы мөхлөгүүдэд хийсэн LA-ICPMS хэмжилтийн үр дүн

д/д	Хэмжилтийн талбар	Элементийн агуулга, ppm				Изотопын харьцаа								Үнэмлэхүй нас, сая жил					
		Pb	Tl ²³²	U ²³⁸	²³² Tl/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	Rho	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	Concord
1	BM63-3	23	151	264	0.57	0.056	0.002	0.556	0.019	0.073	0.001	0.44	435	71	449	12	453	7	99%
2	BM63-4	53	287	615	0.47	0.060	0.001	0.602	0.014	0.073	0.001	0.62	620	82	479	9	452	6	94%
3	BM63-6	23	134	286	0.47	0.063	0.002	0.584	0.020	0.067	0.001	0.35	702	67	467	13	420	5	89%
4	BM63-7	19	149	313	0.48	0.058	0.002	0.412	0.015	0.052	0.001	0.42	520	76	350	11	326	5	92%
5	BM63-9	12	78	143	0.54	0.054	0.002	0.544	0.022	0.073	0.001	0.48	389	78	441	15	452	9	97%
6	BM63-10	55	643	509	1.26	0.060	0.001	0.604	0.016	0.073	0.001	0.49	606	54	480	10	453	6	94%
7	BM63-11	14	122	170	0.72	0.066	0.003	0.563	0.020	0.062	0.001	0.46	813	82	453	13	390	6	85%
8	BM63-12	27	255	279	0.91	0.058	0.002	0.576	0.026	0.072	0.001	0.35	520	88	462	17	448	7	97%
9	BM63-13	34	251	365	0.69	0.057	0.002	0.578	0.026	0.074	0.001	0.36	472	89	463	17	458	7	98%
10	BM63-14	23	119	269	0.44	0.057	0.002	0.610	0.028	0.077	0.002	0.47	500	83	484	18	479	10	98%
11	BM63-16	36	283	384	0.74	0.057	0.002	0.575	0.020	0.073	0.001	0.47	502	69	461	13	452	7	97%
12	BM63-17	45	486	426	1.14	0.056	0.001	0.566	0.014	0.073	0.001	0.49	478	57	455	9	454	5	99%
13	BM63-18	24	140	263	0.53	0.064	0.002	0.641	0.020	0.073	0.001	0.46	748	66	503	12	451	6	89%
14	BM63-19	26	175	296	0.59	0.061	0.002	0.625	0.021	0.074	0.002	0.63	657	61	493	13	458	9	92%
15	BM63-20	12	63	135	0.47	0.057	0.003	0.575	0.028	0.075	0.002	0.47	500	113	461	18	463	10	99%

Тогтохыншил бүрдэл (G-O-S)

Нуурын бүсд тархсан Тогтохыншил бүрдэл нь томоохон хэмжээний батолит, жижиг массивуудаас бүрдэх бөгөөд диорит-тоналит-плагиогранитын эгнээний литологитой (Rudnev et al., 2009). Тогтохыншил бүрдэл нь Алтай-Саяны нурууны хэмжээнд Таннуол бүрдлийн үргэлжлэл гэж үздэг (Rudnev et al., 2006; 2007). Тогтохыншил бүрдэл нь 3 фазтай, неопротерозой-доод кембрийн Цулуул формацын суурилаг эффузив чулуулаг болон доод кембрийн Бургастай формацын вулканоген-тунамал чулуулгийг зүссэн хил заагтай. Тогтохыншил бүрдлийн I фаз нь габбродиорит, габбро, диорит, тоналит, II фаз нь гранодиорит, гранит, тоналит, III фаз нь лейкократ шинжтэй плагиогранит, гранодиорит, тоналитаас бүрдэнэ. Тогтохыншил бүрдлийн онцлог шинж нь гнейслэг бөгөөд энэ нь тоналит, плагиогранитад илүү ажиглагддаг. Дунд-том ширхэгтэй тоналит нь суурилаг-дундлаг найрлагатай, бараан өнгийн олон тооны дэл судлуудаар зүсэгдсэн байдаг. Төслийн талбайд Тогтохыншил бүрдэлд хамаарагдах Хяргаснуур, Харнуур, Шартолгой гэсэн бүлэг массивууд тогтоогдсон. Хяргаснуур массив нь голдуу үеллэг хөнгөн цагаанаар баян, Ti-аар ядуу перидотит-габброгоос тогтох бөгөөд нумын базальттай холбоотой гэж үзсэн (Izokh et al., 1998). Харнуур массив нь перидотит-пироксенит-анортозит-габброноритоос тогтсон I фаз (Хяргаснуур массивын үргэлжлэл), диорит, тоналит-плагиогранит, диорит-гранодиорит-гранитаас тогтсон II фазаас бүрдэнэ (Rudnev et al., 2007). Энэ массив нь нумтай холбоотой вулканоген-тунамал чулуулгаас бүрдсэн эдиакари-түрүү кембрийн настай Цулуул, Бургастай формацуудыг зүссэн. Шартолгой массив Хяргас нуурын зүүн урд хөвөө дагуу байрлах бөгөөд перидотит-пироксенит-анортозит-габброноритоос тогтсон I фаз (Хяргаснуур, Харчулуу массивын үргэлжлэл), тоналит-плагиогранит, диорит-тоналит-плагиогранитаас тогтсон II фазаас (Rudnev et al., 2007) тогтоно. Харнуур массив нь нумтай холбоотой вулканоген-тунамал чулуулгаас бүрдсэн эдиакари-түрүү кембрийн настай Даагандэл, Цулуул, Тоглой формацуудыг зүссэн (Маркова, 1972). Доод-дунд ордовикийн формацууд, кайнозойн хурдсаар хучигдсан.

Төслийн талбайд тархалттай дунд хожуу кембрийн Тогтохыншил бүрдэлд хамааруулан зурдаг болон ордовикийн ангилагдаагүй интрузив гэж зурагласан чулуулгийг тархалтаар нь хэд хэд ангилан үзэх шаардлага гарч байна. Эдгээр интрузив бүрдлүүдээс дараах дээжүүдийг авч харьцуулан судалсан (II.31-р зураг).



II.31-р зураг. Нуурын бүсийн судалгааны хэсэгчилсэн талбайнууд болон дээжийн байршлын зураг.

Үүнд:

1. Тогтохын шилийн нуруунд ялгасан Тогтохыншил бүрдлийн I фаз (BM1984, BM1985, BM1987, BM1988), II фаз (BM1989), III фазыг төлөөлөх (BM1982, BM1983, BM1986) дээжүүд;
2. Хар нуур орчимд: хожуу ордовикийн I фазын габбро (BM1921, BM1922, BM1925, BM1926), хожуу ордовикийн III фазын гранит-диорит (BM1918, BM1919, BM1920, BM1923, BM1924);
3. Хар ус нуур орчимд: кембрийн Тогтохыншил II фазын гранит (BM1927- BM1934), Тогтохыншил I фазын габбро (BM1939, BM1942, BM1943), II фазын гранит (BM1937, BM1938), дунд ордовикийн II фазын гранит гэж ялгасан (BM1941, BM1944, BM1949, BM1950);
4. Өлгий сум орчимд: кембрийн Тогтохыншил I фазын габбро/диорит (BM1975, BM1976), II фазын гранит (BM1977, BM1977A, BM1977B);
5. Сээрийн нуруунд: кембрийн Тогтохыншил II фазын гранит BM1991, BM1992, BM1993

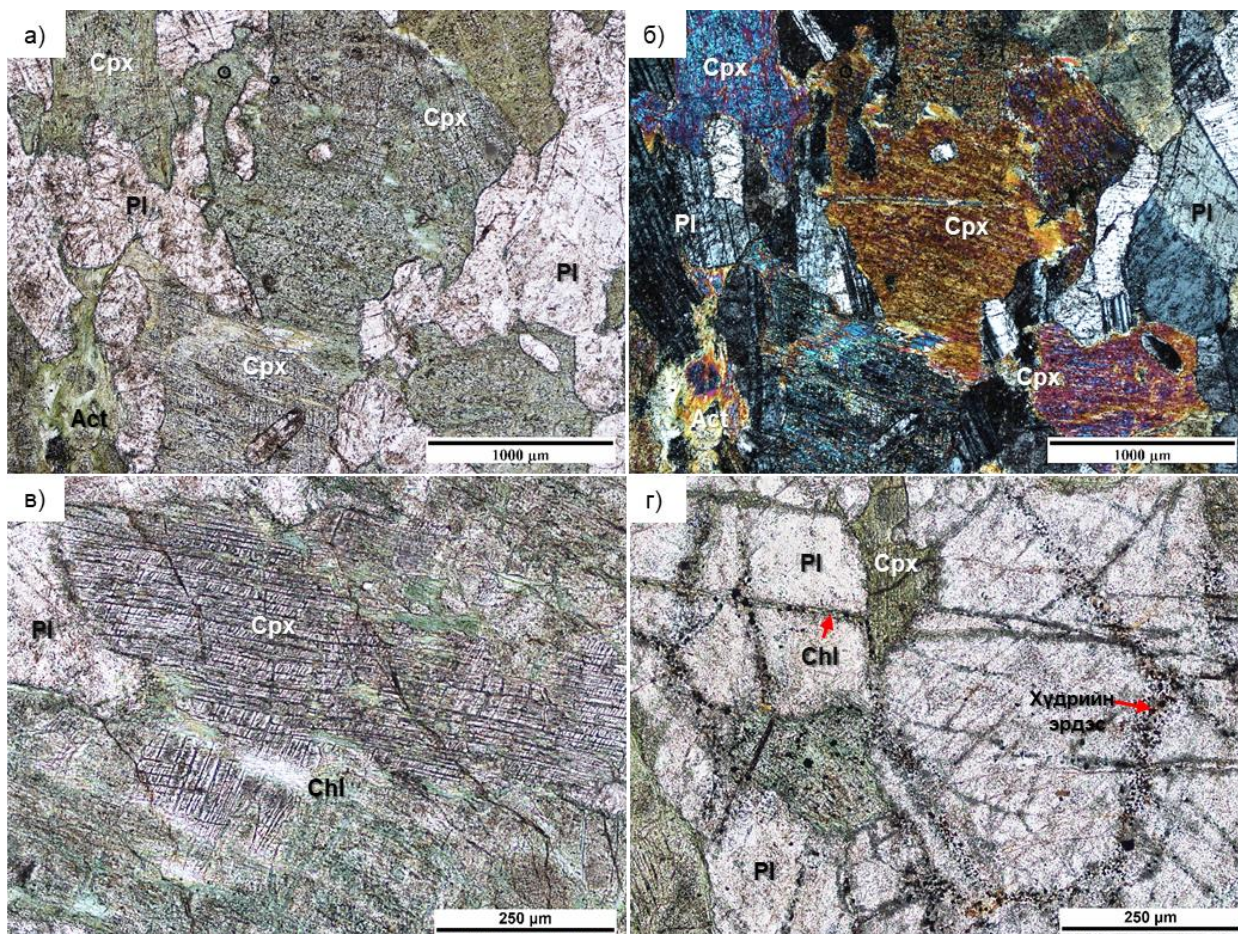
Төслийн судалгаанд хамрагдсан дээжүүдэд петрографи, петрохими, геохронологийн судалгаа хийж төлөөлөх үр дүнг доор харууллаа.

Петрографи

Төслийн судалгаанд хамрагдсан Тогтохыншил бүрдлийн төлөөлөх дээжүүдийн петрографийн судалгааны үр дүнг орууллаа.

I фазын дунд мөхлөгт (0.5-3 мм) габбро BM1939. Чулуулаг бүрдүүлэгч гол эрдсүүд нь плагиоклаз 35-40%, клинопироксен 35-45%, актинолит ~5%, хүдрийн эрдэс 10% орчим агуулагдана. Габбро нь идиоморфизмын зэргээр ойролцоо клинопироксен, плагиоклазын талстуудаас голчлон бүрдэх габбро структуртай ([II.32-р зураг](#)).

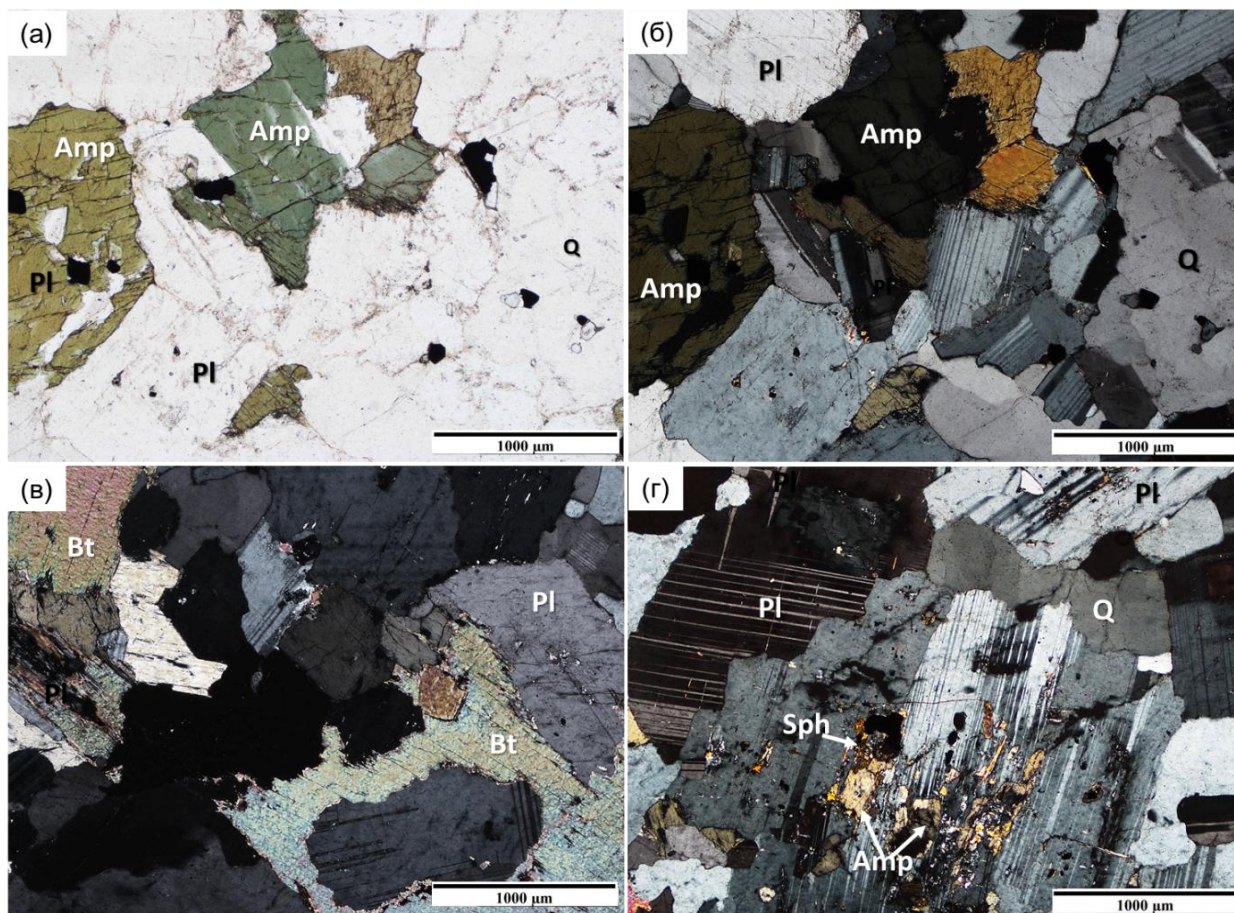
Клинопироксен нь тод рельеф, хоёр чиглэлийн хуваагдлаар нэг никольтэй үед тод ялгагдах боловч актинолит болон хлоритод хүчтэй түрэгдэн өнгө нь ногоон болсон байна. Тод интерференцийн өнгөтэй ба деформацид бага зэрэг өртөж ан цав үүсч, хагарч бутарсан. Энэ ан цаваар актинолит хлорит хөгжсөн ажиглагдана. Суурилаг плагиоклазын жижиг (~0.3 мм хэмжээтэй) призмлэг болон зууван хэлбэртэй цөөн тооны талстууд клинопироксен дотор байгаа нь магадгүй магмаас анх талсжсан плагиоклаз нь үлдэгдэл магматайгаа урвалд орж клинопироксений талсжилт үүссэнийг илтгэнэ.



II.32-р зураг. Дээж VM1939 Габброгийн микрофото зурагт а, в) нэг никольтэй үед клинопироксений (Cpx) хөндлөн зүсэлттэй хавтгай ксеноморф хэлбэртэй талстууд цайвар ногоон ялгаран харагдана. Тод ногоон өнгөтэй дунд зэргийн рельефээр актинолит (Act) клинопироксеноос ялгагдана. б) хос никольтэй үед тод интерференцийн өнгөтэй, шууд бус унтралттай клинопироксений талстууд болон плагиоклазын (Pl) энгийн полисинтет ихэрлэлттэй талстууд ажиглагдана. г) плагиоклазын хагарлын ан цавуудын дагуу хлорит (Chl) болон хүдрийн эрдсүүд дүүргэж үүссэн байна.

Плагиоклаз нь суурилаг найрлагатай, ксеноморф изометрлэгдүү хэлбэртэй ба суналын дагуу 1-3 мм хэмжээтэй, энгийн полисинтет ихэрлэлттэй. Эдгээрийн ихэрлэлтийн зураас бага зэрэг тахийсан, хагарлын ан цавыг хүдрийн болон хоёрдогч гаралтай хлорит, актинолит дүүргэсэн байна. Актинолит нь тод ногооноос сул ногоон өнгийн плеохроизмтой, дунд зэргийн рельефтэй ихэвчлэн пироксений талстууд болон бусад эрдсүүдийн хоорондох зайгаар түрсэн байдлаар тохиолдоно. Хавтгай ялтаслаг хэлбэртэйгээр оршино. Шигтгээлэг хүдрийн эрдсүүд нь ихэвчлэн плагиоклазын хагарал ан цав болон бусад эрдсүүдийн талстын хооронд тохиолдоно. Идиоморф куб хэлбэртэй, багаар тоосонцор маягтай плагиоклазын эрдэст жигд тархсан байна.

I фазын гипидиоморф структуртай, дунд мөхлөгт (0.5-3 мм) диорит ВМ 1989. Чулуулаг бүрдүүлэгч гол эрдсүүд нь плагиоклаз 50-60%, эвэрхуурмаг 30-35%, биотит ~5%, кварц ~5%, хоёрдогч эрдсээр серицит, акцессор эрдсүүдээр циркон, апатит, сфен, эпидот, хүдрийн эрдэс агуулагдана (II.33-р зураг).



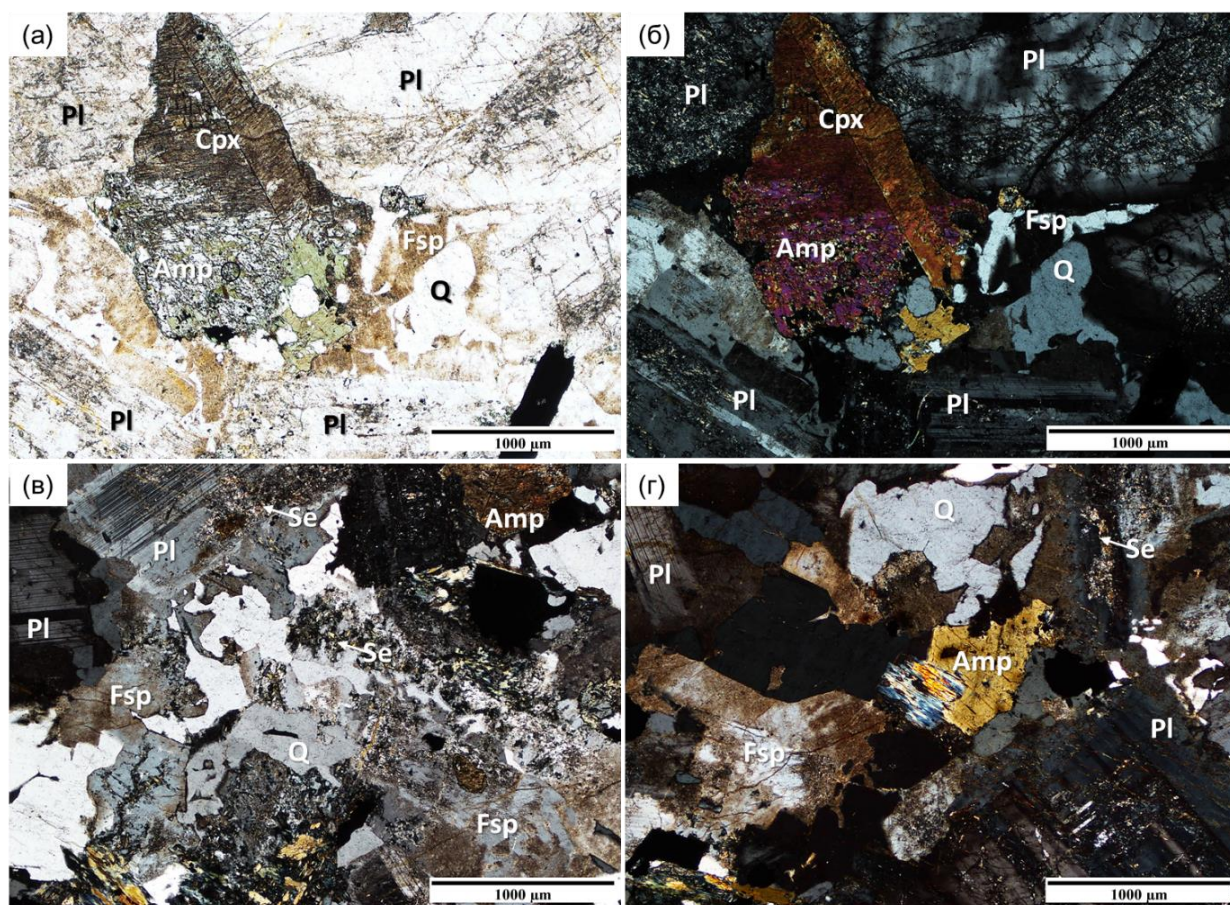
II.33-р зураг. Дээж ВМ1989 Диоритын микрофото. а) анализаторгүй үед ногоон шаргал өнгөтэй амфибол ба өнгөгүй гипидиоморф призмлэг хэлбэртэй плагиоклаз. б) анализатортой үед плагиоклаз (Pl) нь полисинтет ихэрлэлттэй бол кварц (Q) нь ихэрлэлттэй саарал интерференцийн өнгөтэй, ксеноморф хэлбэртэй ажиглагдана. в) анализатортой үед плагиоклаз нь биотит (Bt) дотор агуулагдсан байх ба хил зааг нь жигд бус идэгдсэн мэт болсон. г) анализатортой үед полисинтет ихэрлэлттэй плагиоклаз дотор эвэрхуурмаг (Amp) болон сфен (Sph) агуулагдсан.

Плагиоклаз (Pl) нь урт тэнхлэгийн дагуу ойролцоогоор 1-5 мм хэмжээтэй, энгийн болон полисинтет ихэрлэлттэй, призмлэг идиоморф хэлбэртэйгээр чулуулагт илүү агуулгатай байх ба шаварлаг эрдэс болон серицитэд бага зэргийн хувирсан ажиглагдана. Цөөн тооны плагиоклаз нь найрлагаараа ялгарсан бүслүүрлэг унтралттай болсон ба эдгээр нь энгийн альбит ихэрлэлттэй байна. Плагиоклаз амфиболтой хиллэх үедээ шулуун заагтай бол кварцаар түрэгдсэн, нэвтэрсэн хил зааг үүсгэж хэлбэрээ бага зэрэг алдан гипидиоморф хэлбэртэй талстууд үүсгэнэ.

Дотроо ксеноморф хэлбэртэй эвэрхуурмаг болон сфен, хүдрийн эрдэс, апатит агуулсан пойкилит ургалттай талстууд тохиолдоно. Эвэрхуурмаг нь цайвар ногоон өнгөтэй, дунд зэргийн рельефтэй, 1-5 мм хэмжээтэй, дагуу зүсэлтүүд нь 1 чиглэлийн хуваагдалттай, энгийн ихэрлэлттэй ба цөөн тооны хөндлөн зүсэлт дээр 2 чиглэлийн хуваагдалтайгаар ихэвчлэн биотиттой хамт тохиолдоно. Эвэрхуурмагт цөөн тооны эпидотын талтсууд үүссэн байна. Биотит нь бор шаргал өнгөтэй, хайрслал болон хавтгай ялтас (0.5-3 мм) маягийн ксеноморф хэлбэрээр тохиолдох ба хуваагдлын зураас нь бага зэрэг нугаларсан байна.

Дотроо циркон, апатит, сфен зэрэг акцессор эрдсүүдэд ихээр агуулах ба мөн хүдрийн эрдэс биотитыг дагаж арай элбэг тохиолдоно. Хил зааг нь түрэгдсэн сэмэрсэн мэт болжээ. Кварц нь бусад эрдсүүдийн хоорондох зайг дүүргэж чулуулаг маш бага агуулгатай ажиглагдана. Мөн ксеноморф хэлбэртэй плагиоклазыг түрж нэвтэрч үүссэн хил зааг байна. Уг чулуулаг нь хувиралд бараг өртөөгүй боловч маш багаар хээрийн жоншнууд нь шаврын эрдсүүд болон серицит рүү түрэгдсэн байна. Эрдсийн үүссэн дэс дараалал нь плагиоклаз ± амфибол ± биотит + кварц + серицит байна.

II фазын порфир маягийн структуртай, дунд мөхлөгт (0.5-3 мм) гранодиорит ВМ1985. Чулуулаг бүрдүүлэгч гол эрдсүүд плагиоклаз 35-40%, эвэрхуурмаг 20-25%, кварц 20-25%, клинопироксен 5%, калийн хээрийн жонш 5%, хоёрдогч эрдсүүдээс хлорит, серицит, акцессор эрдсүүдээс апатит, сфен, хүдрийн эрдэс ~3% агуулагдана (II.34-р зураг). Гранодиоритын 75-85%-ыг фенокрис (плагиоклаз, клинопироксен, эвэрхуурмаг) үлдсэн хувийг үндсэн хэсэг (кварц, калийн хээрийн жонш) бүрдүүлнэ. Плагиоклаз нь призмлэг идиоморф хэлбэртэй, урт тэнхлэгийн дагуу 1-3 мм хэмжээтэй, полисинтет ихэрлэлт үүссэн боловч харилцан адилгүй серицитэд түрэгдсэн ажиглагдана. Сүүлийн шатанд үүссэн калийн хээрийн жоншоор хөвөөлөгдөж хэлбэр дүрсээ бага зэрэг алдсан байна. Хувиралд их өртсөн учир плагиоклазын найрлагыг тогтоох боломжгүй болсон байна. Түүнчлэн зарим плагиоклазын талстын серицитийн талстын хэмжээ томорч мусковит руу шилжсэн ажиглагдана. Зарим талст деформацийн нөлөөгөөр хагарч ихэрлэлтийн зураас хугарч бага зэрэг шилжсэн ба уг ан цаваар кварцын жижиг талстууд орж ургасан байна.



II.34-р зураг. Дээж-1985 Гранодиоритын микрофото. а) анализаторгүй үед клинопироксен (Cpx) нь шороорхог хүрэн өнгөтэй амфиболоор (Amp) хэсэгчлэн түрэгдсэн ба үндсэн хэсэг дэх калийн хээрийн жонш (Fsp) нь кварцтай (Q) пегматит ургалт үүсгэсэн ажиглагдана. б) анализатортой үед хээрийн жоншны мөхлөгүүд нь сул саарал интерференцийн өнгөтэй бол клинопироксен нь тод ягаан шар интерференцийн өнгөтэй. в) калийн хээрийн жонш нь нарийн ширхэгтэй шаврын эрдсээр хэсэгчлэн түрэгдсэн ба кварцтай пегматит ургалт үүсгэсэн байна. Энэ хэсэгт зөвхөн үндсэн хэсгийн онцлогийг харуулав (Se-серицит). г) төв хэсэгт эвэрхуурмаг болон хөх саарал интерференцийн өнгөтэй хлоритын хайрс байна.

Клинопироксен нь тод рельефтэй, нэг чиглэлийн хуваагдал тод илрэх ба тоосорхог хүрэндүү туяатайгаас өнгөгүй плеохроизмтой, барзгар гадаргуутай болсон ба гипидиоморф хэлбэртэй. Зарим талст энгийн ихэрлэлттэй ба эвэрхуурмагаар түрэгдэж идэгдсэн байна. Харилцан адилгүй хэмжээтэй хүдрийн эрдсүүд агуулсан байна. Эвэрхуурмаг нь цайвар ногоон өнгөтэй, гипидиоморф ба хлорит руу хэсэгчлэн хүчтэй хувирсан талстууд ксеноморф хэлбэртэй үүссэн. Дотроо хүдрийн эрдсийг шигтгээ байдлаар агуулах ба хуваагдал болон хагарлын ан цаваар хүдрийн эрдсийн микро шигтгээнүүд дүүргэж үүссэн байна. Түүнчлэн микро хэмжээтэй сфений талстууд агуулсан байна. Үндсэн хэсгийн дийлэнх хэсгийг кварц бүрдүүлэх ба калийн хээрийн жонштой пегматит ургалт үүсгэсэн байна. Калийн хээрийн жонш

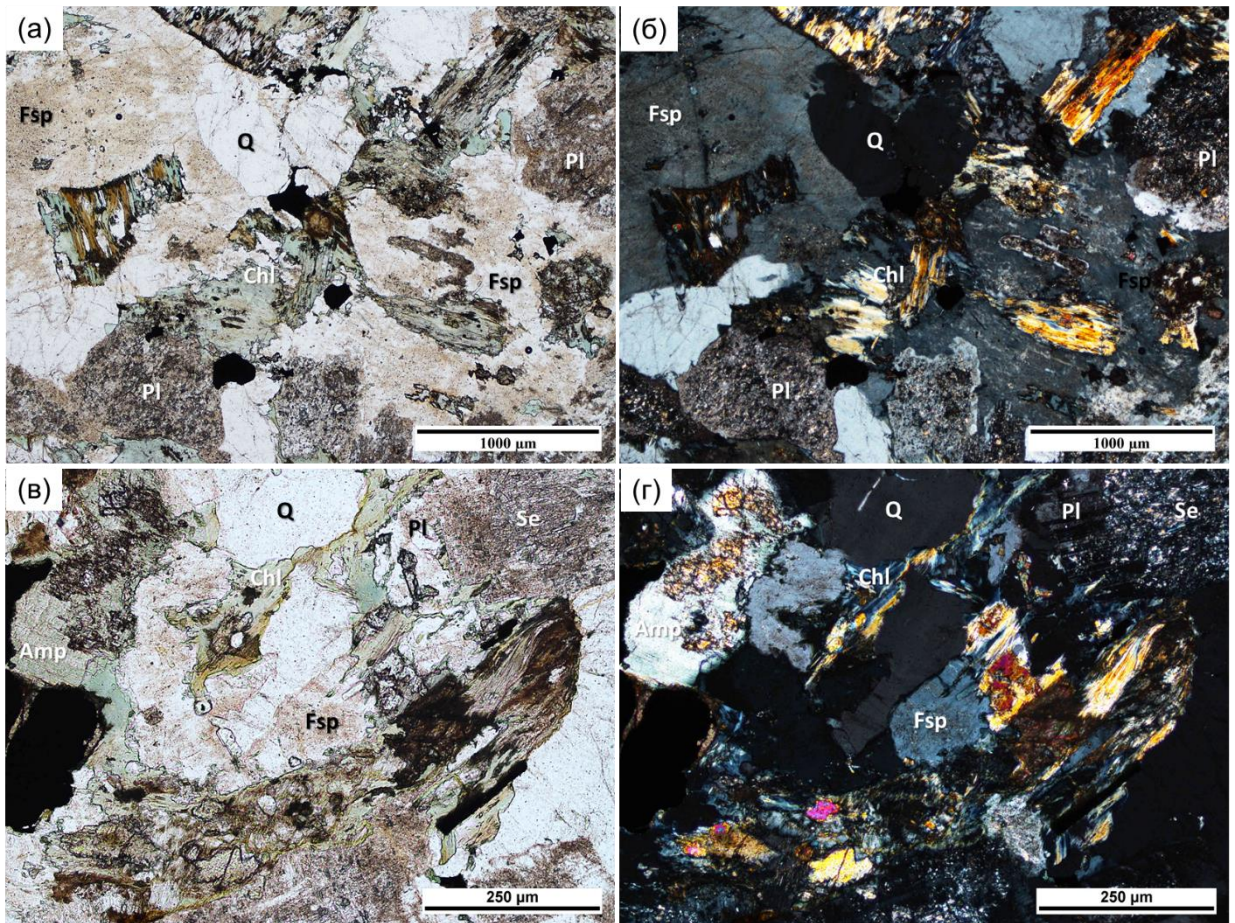
нь нарийн тоосонцор бүтэцтэй шаврын эрдсүүдээр түрэгдсэн барзгар гадаргуу хүчтэй хөгжсөн.

Уг чулуулаг нь хувиралд хүчтэй автаж өнгөт эрдсүүд нь амфибол болон хлорит руу хүчтэй түрэгдэн, плагиоклаз нь серицит руу бүрэн болон хэсэгчлэн түрэгдсэн ба хагарал ан цаваар хэрчигдсэн байна. Хагарлын ан цаваар кварцын жижиг талстууд үүссэн. Эрдсийн үүссэн дэс дараалал нь пироксен ± плагиоклаз ± амфибол + калийн хээрийн жонш ± кварц + хлорит, серицит байна.

III фазын порфир маягийн структуртай, дунд мөхлөгт (0.5-3 мм) гранодиорит.

BM1986. Гол бүрдүүлэгч эрдсүүд нь плагиоклаз 35-40%, кварц 25-30%, ортоклаз 15-20%, хувирсан биотит, амфибол 5-10%, хоёрдогч эрдсээр хлорит, эпидот серицит, аксессуар эрдсүүдээс сфен, циркон, хүдрийн эрдсүүд агуулагдана ([II.35-р зураг](#)). Чулуулгийн 70-80%-ыг фенокрист (плагиоклаз, ортоклаз, хувирсан амфибол) үлдсэн хувийг үндсэн хэсэг (кварц) бүрдүүлнэ. Плагиоклаз нь призмлэг идиоморф хэлбэртэй, урт тэнхлэгийн дагуу 1-3 мм хэмжээтэй, полисинтет ихэрлэлт үүссэн боловч серицитэд хүчтэй түрэгдсэний улмаас ихэрлэлт нь сул ажиглагдана. Хувиралд их өртсөн учир плагиоклазын найрлагыг тогтоох боломжгүй болсон байна. Түүнчлэн заримдаа серицитийн талстын хэмжээ томорч мусковит руу шилжсэн ажиглагдана. Цөөн тооны плагиоклазын талстууд найрлагаараа ялгарсан бүслүүрлэг унтралттай байна. Ортоклаз нь гипидиоморф хэлбэртэй ба ойролцоогоор 0.6-1 мм хэмжээтэй ба кварцаар түрэгдсэн нэвтэрсэн хил заагтай болсон байна. Өмнө үүссэн жижиг призмлэг хэлбэртэй серицитэд хүчтэй хувирсан плагиоклазуудын болон хлоритод түрэгдсэн амфиболын микроталстууд агуулсан пойкилит ургалттай болжээ. Мөн зарим ортоклазын талстад альбитаар түрэгдсэн пертит ургалт хөгжсөн байна. Ортоклаз нь харьцангуй бага хувиралд автсан ба зарим талстын төв хэсгээр бага зэргийн серицит маягийн тоосонцор бүтэцтэй шаврын эрдэс үүссэн.

Амфиболууд нь хлоритод хүчтэй хувирсан ба цөөн тооны эпидотын ксеноморф талстууд үүссэн. Амфиболын хувираагүй үлдсэн хэсгээс ажиглавал эвэрхуурмагийн оптик шинж үзүүлж байна. Биотит нь хлорит руу бүрэн хувирсан ба бусад эрдсүүдээр түрэгдсэн сэмэрсэн мэт хил заагтай болжээ. Жижиг ширхэгтэй кварц болон хүдрийн эрдсүүд дотроо агуулсан байна.



II.35-р зураг. Дээж VM1986 Гранодиоритын микрофото. а) анализаторгүй үед хлорит нь тод ногоон өнгөтэй ба плагиоклаз нь серицит болон шаврын эрдсүүд рүү хүчтэй хувиран барзгар гадаргуутай болсон бол ортоклаз (Fsp) нь харьцангуй сул барзгар гадаргуу хөгжсөн ажиглагдана. б) анализатортой үед хээрийн жоншнууд нь сул саарал интерференцийн өнгөтэй бол хлоритод түрэгдээгүй үлдсэн амфиболын хэсэг нь тод шаргал, ягаан цэнхэр интерференцийн өнгөтэй хээрийн жонш дотор агуулгдсан байдалтай ажиглагдана. в) анализаторгүй үед тод рельефтэй хүрэн шаргал өнгийн сфен нь хувирсан амфибол дотор үүссэн байна. г) анализатортой үед плагиоклазууд нь серицитэд бүрэн хувирсан ба хувирсан амфиболууд нь цөөн тооны эпидот агуулсан байна.

Үндсэн хэсгийн дийлэнх хэсгийг кварц бүрдүүлж багахан хувийг ортоклаз эзэлнэ. Кварц нь бусад эрдсүүдийн хоорондох зайг дүүргэж ургасан тул ксеноморф хэлбэртэй плагиоклаз, ортоклазыг түрж нэвтэрч үүссэн хил зааг болон шулуун хил заагууд ажиглагдана. Сфен нь тод рельефтэй, шороорхог бор шаргал өнгөтэй, тод интерференцийн өнгөтэй ба хувирсан өнгөт эрдсүүд дотор агуулагдсан байна.

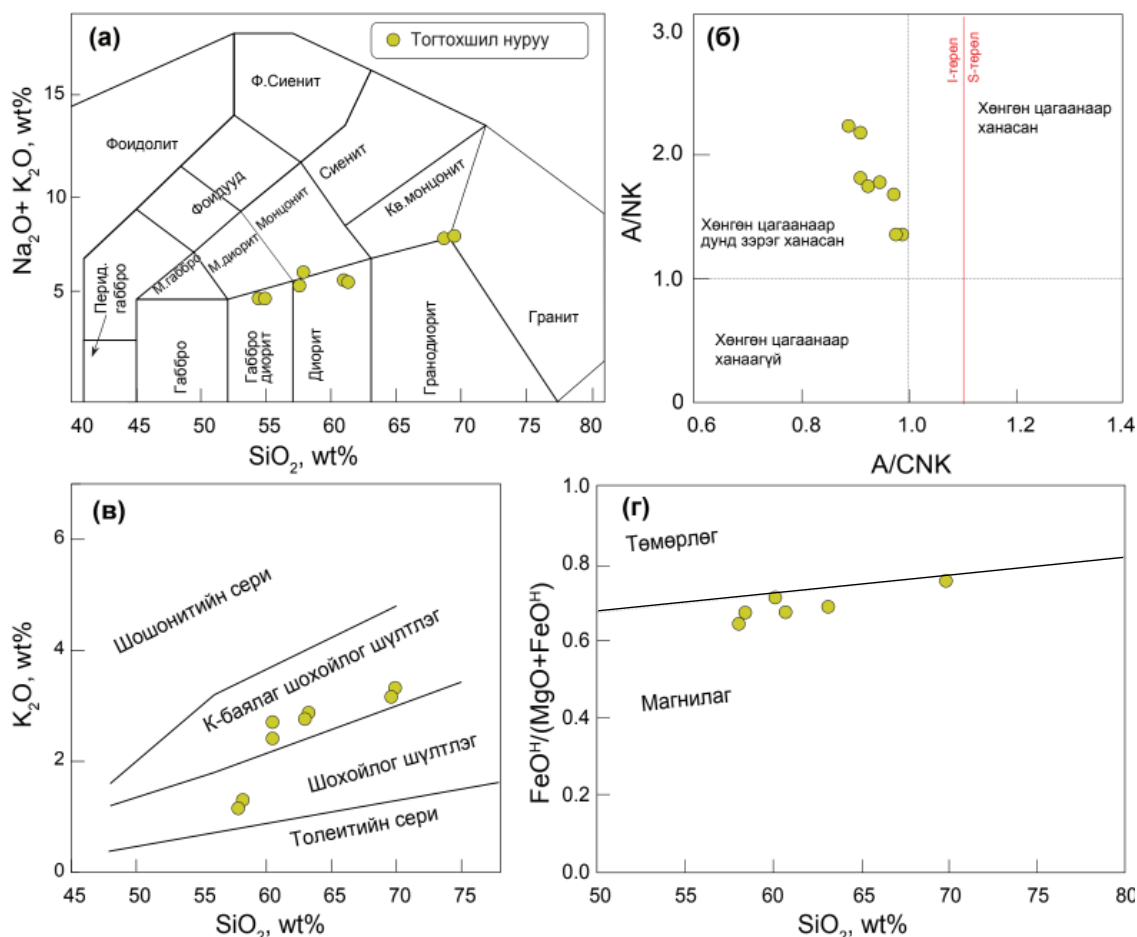
Уг чулуулаг нь хувиралд автаж өнгөт эрдсүүд нь хлорит руу хүчтэй түрэгдэн, хээрийн жоншнууд нь серицит рүү түрэгдсэн ба хагарал ан цаваар хэрчигдсэн байна. Хагарлын ан цаваар хлоритын нарийн шөрмөслөг болон сферлэг бүтцүүд үүссэн ажиглагдана.

Эрдсийн үүссэн дэс дараалал нь плагиоклаз + амфибол + биотит + ортоклаз + кварц + хлорит, серицит + эпидот байна.

Петрохими

Төслийн талбайд геологийн зурагт дунд-хожуу кембрийн настай гэж зураглагдсан Тогтохыншил бүрдлийн интрузив чулуулгийн гол элементийн исэл, сарнимал элемент, газрын ховор элементийн шинжилгээний үр дүнг [II.8-р хүснэгтэнд](#) үзүүлэв. Геохимийн шинжилгээний үр дүнгийн тайллыг Тогтохын шилийн нуруунд болон Тогтохыншил бүрдлээр зураглагдсан бүх дээжийн хэмжээнд 2 ангилж оруулсан.

Тогтохын шилийн нуруунд тархсан чулуулгийн дээжүүд нь габбродиорит, диорит, гранодиорит, гранит хүртэлх тасралтгүй эгнээ үүсгэсэн $\text{SiO}_2=57.17-69.83\%$; $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}=5.23-7.83\%$ байна ([II.36а-р зураг](#)).

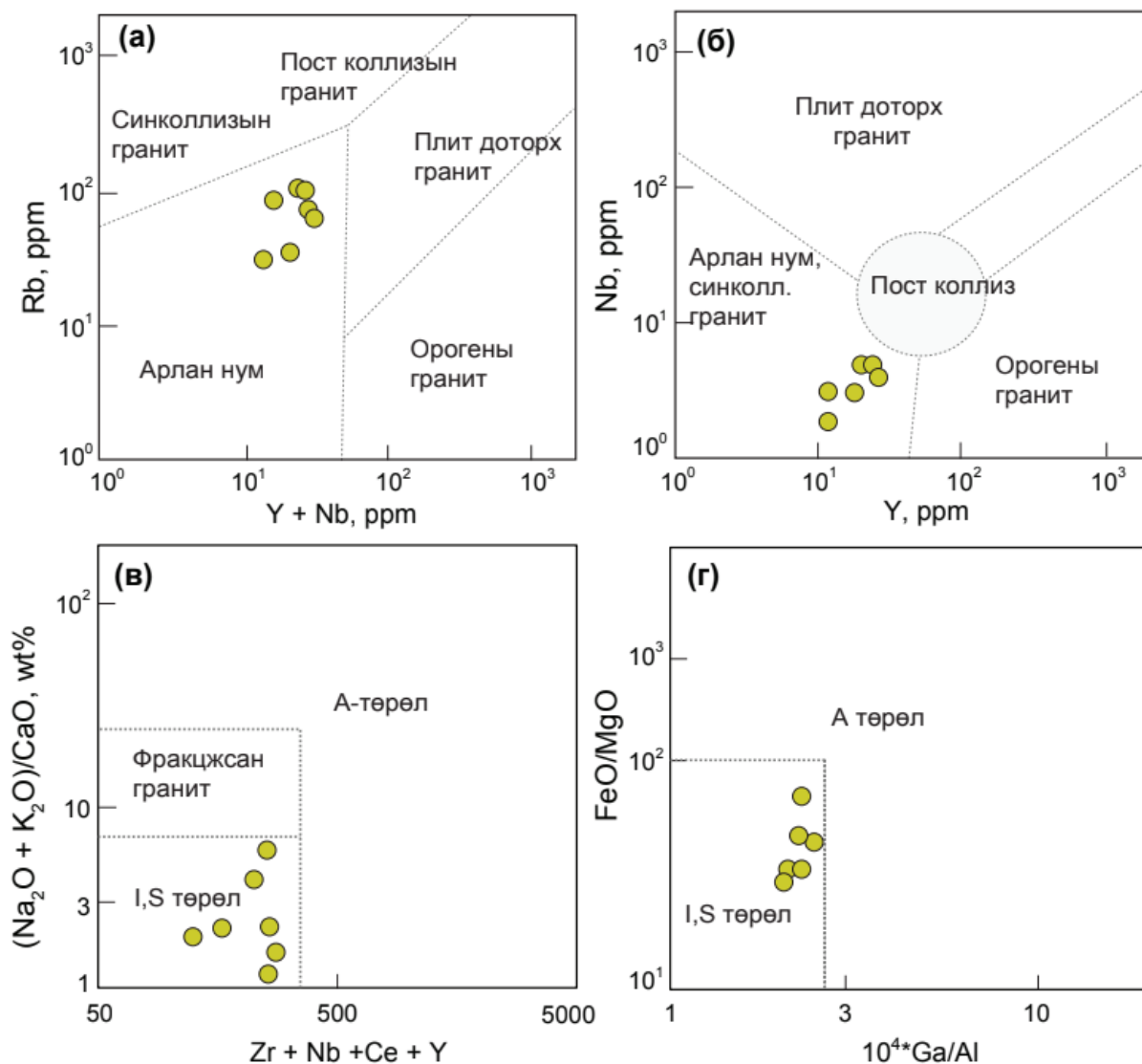


[II.36-р зураг](#). Намир формацын чулуулгийн ангиллын диаграмууд а). Нийлбэр шүлт-цахиурын ислийн (TAS) диаграм; б). Хөнгөн цагааны ханалтын индексийн A/NK vs A/CNK диаграм; в). SiO_2 vs K_2O диаграм; г). SiO_2 vs $\text{FeO}^{\text{H}}/(\text{MgO} + \text{FeO}^{\text{H}})$ диаграм.

Тогтохыншил бүрдлийн чулуулаг нь A/NK vs A/CNK диаграмд бүх дээжүүд хөнгөн цагаанаар дунд зэрэг ханасан талбайд ([II.36б-р зураг](#)), SiO_2 vs K_2O диаграм дээр

шохойлог шүлтлэгээс калигаар баялаг шохойлог-шүлтлэг эгнээний чулуулагт хамаарч байна (II.36в-р зураг). Уг чулуулаг нь $\text{FeO}^{\text{H}}/(\text{FeO}^{\text{H}}+\text{MgO})$ vs SiO_2 диаграмд $\text{SiO}_2 < 70$, $\#\text{Fe} < 0.6$, магнилаг (magnesian) төрөлд хамаарч байгаа нь Кордильерийн батолитын төрөлтэй тохирох буюу шүлтлэг-шохойлог, галт уулын нумын орчинд үүссэн, I-төрлийн чулуулаг болохыг харуулж байна (II.36г-р зураг).

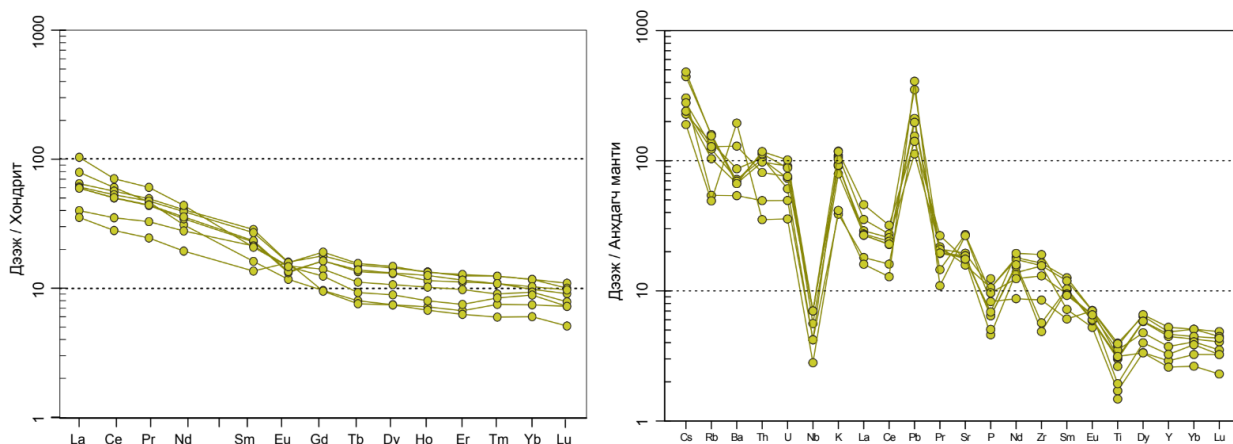
Сарнимал элементийн үр дүнгээр боловсруулсан тектоник ангиллын диаграмд арлан нумын талбайд (II.37а, б-р зураг), I-төрлийн гранитын талбайд бууж байна (II.37в, г-р зураг).



II.37-р зураг. Тогтохыншил нурууны Тогтохыншил бүрдлийн чулуулгийн сарнимал элементүүдийн агуулгаар байгуулсан диаграмууд. Тектоник ангиллын диаграм. а, б). $\text{Y}+\text{Nb}$ vs Rb ; б). Y vs Nb , гранитын төрөл ялгах. в, г). $\text{Zr}+\text{Nb}+\text{Ce}+\text{Y}$ vs $(\text{Na}_2\text{O}_3+\text{K}_2\text{O})/\text{CaO}$; г). $10^4 \cdot \text{Ga}/\text{Al}$ vs FeO/MgO диаграм.

Анхдагч мантитай харьцуулсан спайдер диаграмд сарнимал элементийн агуулга жигд өндөр бөгөөд Cs, Pb баяжсан, Nb, P, Ti-аар ядуурсан шинж үзүүлж байна

(II.38б-р зураг). ГХЭ-ээр байгуулсан диаграмаас харахад хондриттой харьцуулахад өндөр агуулгатай бөгөөд хүнд ГХЭ-ийг бодвол хөнгөн ГХЭ-ээр баяжсан дүрс үзүүлж байна (II.38а-р зураг). Тогтохыншил бүрдлийн ГХЭ-ийн нийлбэр агуулга 5.28-49.69 ppm, хөнгөн ба хүнд ГХЭ-ийн агуулгын ялгарал бага $(La/Yb)_N=3.13-10.24$, $(La/Sm)_N=0.07-4.78$, $(Gd/Yb)_N=1.29-2.61$ байна.



II.38-р зураг. а). Хондритод нормчилсон (Boynnton, 1984) ГХЭ-ийн диаграм. б). Сарнимал элементийн утгуудыг анхдагч мантид (McDonough and Sun, 1995) нормчилсон спайдер диаграм.

Тогтохыншил бүрдлээр зураглагдсан бүх чулуулагт геохимийн шинжээр ялгагдах онцлог байх эсэхийг тодруулах зорилгоор дараах нэгдсэн тайллыг хийсэн. Тогтохыншил бүрдлээр зураглагдсан байсан чулуулгийн геохимийн шинжилгээний үр дүнг II.8-р хүснэгтэнд нэгтгэсэн.

Шинжилгээнд хамрагдсан бүх дээжүүд нь габбро, габбродиорит, диорит, гранодиорит, гранит хүртэлх тасралтгүй эгнээ үүсгэсэн $SiO_2=48.47-76.98\%$; $Na_2O+K_2O=2.39-10.5\%$ байна (II.39а-р зураг), A/NK vs A/CNK диаграмд ихэнх дээжүүд хөнгөн цагаанаар дунд зэрэг ханасан талбайд (II.39б-р зураг), SiO_2 vs K_2O диаграм дээр калигаар багаас өндөр агуулга хүртэл хэлбэлзэлтэй харагдаж байна (II.39в-р зураг). Тогтохыншил бүрдлийн гранитоид нь $FeO^H/(FeO^H+MgO)$ vs SiO_2 диаграмд $SiO_2 < 70$, $\#Fe < 0.6$, магнилаг (magnesian) төрөлд хамаарч байгаа нь Кордильерийн батолитын төрөлтэй тохирох буюу шүлтлэг-шохойлог, галт уулын нумын орчинд үүссэн, I-төрлийн чулуулаг болохыг харуулж байна (II.39г-р зураг).

II.8-р зураг. Тогтохыншил бүрдлийн чулуулгийн геохимийн шинжилгээний үр дүн

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Дээжийн	BM82	BM1982	BM1983	BM1984	BM1985	BM1986	BM1987	BM1988	BM89	BM1989
2	Тогтохыншил Нуруу										
3	Хээрийн тодорхойлолт	гранит	гранит	гранит	грано диорит	диорит	гранит	кварцтай диорит	габбро диорит	гранит	гранит
4	SiO ₂	69.36	69.83	69.81	60.5	60.34	63.1	63.04	57.85	57.17	58.23
5	TiO ₂	0.36	0.37	0.37	0.86	0.82	0.65	0.67	0.76	0.667	0.68
6	Al ₂ O ₃	15.11	14.81	14.83	15.57	15.56	15.33	15.39	17.06	17.78	17.56
7	Fe ₂ O ₃	2.64	3.2	3.26	7.25	7.48	6.01	6.01	7.67	7.32	7.39
8	Mn ₃ O ₄	0.063	0.07	0.06	0.13	0.11	0.1	0.1	0.13	0.132	0.13
9	MgO	0.933	0.95	0.96	2.99	2.79	2.57	2.48	3.96	3.36	3.33
10	CaO	2.38	2.3	2.18	4.11	5.05	4.5	4.41	6.74	6.53	6.57
11	Na ₂ O	4.58	4.49	4.64	3.88	3.8	3.62	3.58	4.06	4.06	4.2
12	K ₂ O	3	3.3	3.19	2.74	2.39	2.84	2.78	1.17	1.23	1.25
13	P ₂ O ₅	0.093	0.1	0.11	0.23	0.23	0.14	0.14	0.21	0.177	0.18
14	LOI		0.3	0.3	2.14	0.99	1.31	1.22	0.57		0.47
15	Нийлбэр	98.52	99.79	99.81	100.46	99.60	100.23	99.88	100.25	98.43	100.05
16	Ba	769	606		502	468	487	466	377	508	1361
17	Li	20.7	19		10	10	15	16	10	17.9	17
18	Sr	368	368		333	411	383	393	572	504	561
19	V	48.4	43		145	162	118	120	173	245	182
20	Ga	5	18		18	20	18	18	20	22.3	20
21	Ge	16.8	1		1	2	1	2	1	19	1
22	Rb		87.5		78	65.8	101	98.8	34.4		31.2
23	Y	90.7	13.2		22	23.9	20.3	21.1	17	28.6	11.8
24	Zr	15.4	174		183	175	54.5	63.6	146	14.4	95.2
25	Nb	41.7	3		5	4	5	5	3	15.6	2
26	Cs	4.42	1.8		1.9	1.9	3.5	3.8	2.4	3.03	1.5
27	Hf	0.323	4		5	4	2	2	3	0.24	2
28	Ta	1.67	0.5		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.64	0.5
29	Bi	0.409	0.1		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.25	0.1
30	Th	7.44	8.9		8.7	8.3	9.6	10	4.2	1.85	3
31	U	1.1	1.28		1.54	1.91	1.85	2.13	1.04	0.80	0.75
32	La	1.91	24.30		19.90	18.80	18.40	18.40	12.40	1.45	11.00
33	Ce	8.63	48.50		45.50	42.70	40.30	40.60	28.50	11.20	22.80
34	Pr	18.70	5.68		6.02	5.77	5.34	5.39	4.02	20.70	3.02
35	Nd	3.08	18.70		24.40	23.60	20.80	21.50	16.80	2.94	11.80
36	Sm	13.50	3.20		5.60	5.30	4.50	4.60	4.20	12.50	2.70
37	Eu	2.68	0.88		1.19	1.18	0.99	1.01	1.11	2.77	1.18
38	Gd	0.84	2.55		4.69	5.00	4.30	4.28	3.71	1.01	2.52
39	Tb	1.89	0.39		0.73	0.75	0.65	0.67	0.54	2.21	0.37
40	Dy	0.43	2.47		4.71	4.84	4.27	4.31	3.51	0.50	2.46
41	Ho	2.18	0.53		0.98	0.97	0.84	0.92	0.75	2.62	0.50
42	Er	0.51	1.45		2.67	2.74	2.40	2.48	2.10	0.55	1.36
43	Tm	1.57	0.25		0.41	0.41	0.36	0.36	0.30	1.64	0.20
44	Yb	0.32	1.60		2.50	2.50	2.10	2.20	2.00	0.31	1.30
45	Lu	1.60	0.24		0.36	0.33	0.30	0.32	0.26	1.60	0.17

II.8-р зураг. Тогтохыншил бүрдлийн чулуулгийн геохимийн шинжилгээний үр дүн (үргэлжлэл)

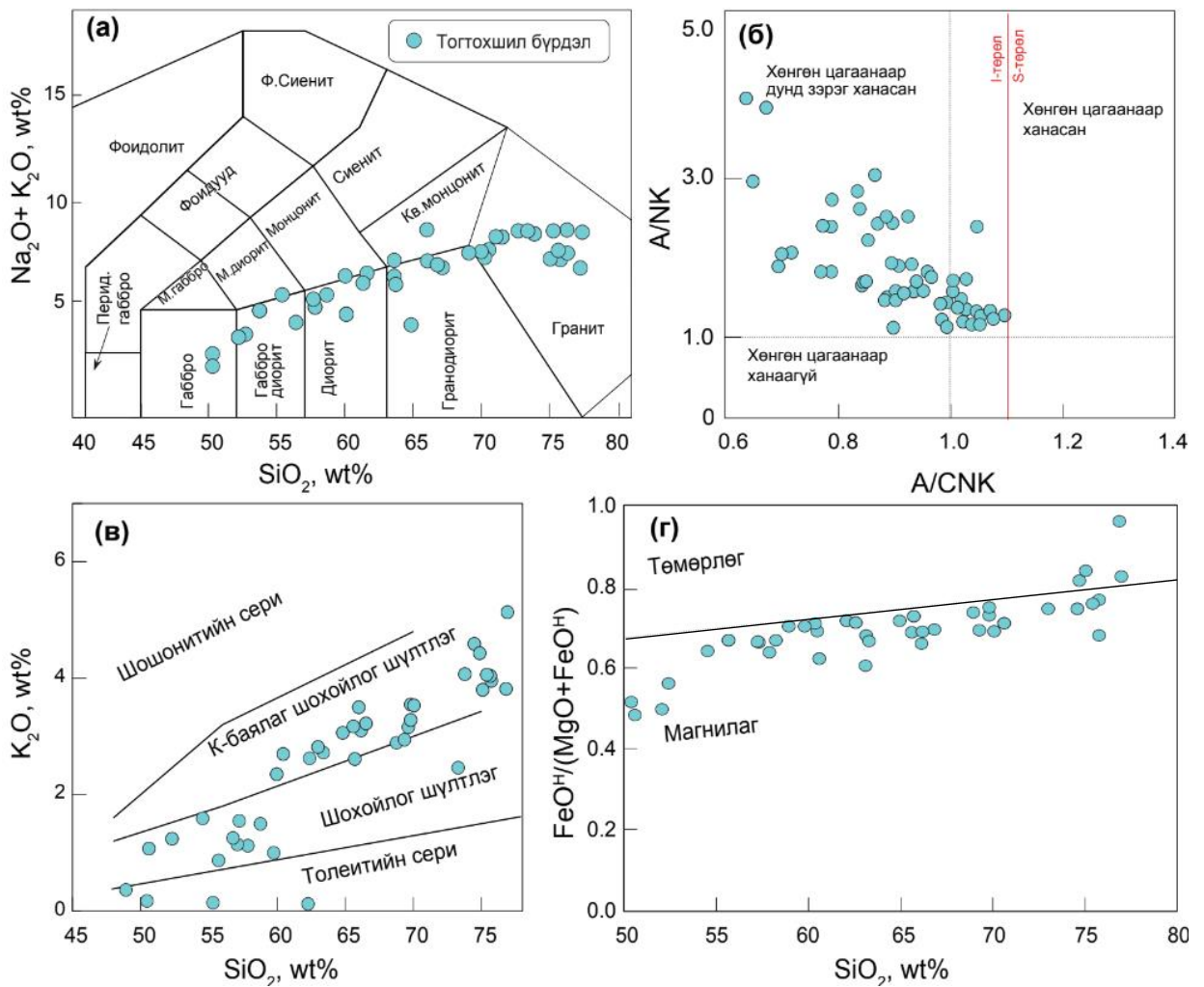
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Дээжийн	BM1918a	BM1919	BM1920	BM1921	BM1922	BM1923	BM1924	BM1925b	BM1926
2	Тогтохыншил бүрдэл (Хар нуур орчимд)									
3	Хээрийн тодорхойлолт	грано диорит	грано диорит	грано диорит	гранит	гранит	лейко гранит	грано диорит	грано диорит	грано диорит
4	SiO ₂	59.84	55.71	57.35	68.95	54.54	73.01	59	62.47	65.72
5	ТlO ₂	0.85	0.68	0.76	0.43	1.12	0.19	0.78	0.9	0.43
6	Al ₂ O ₃	15.94	17.46	16.14	15.48	16.85	13.74	15.84	16.28	16.12
7	Fe ₂ O ₃	8.34	8.82	8.16	3.31	8.92	2.35	7.97	5.73	4.77
8	Mn ₃ O ₄	0.15	0.15	0.14	0.04	0.15	0.06	0.15	0.1	0.12
9	MgO	3.19	4.14	3.86	0.96	4.5	0.51	3.01	1.8	1.5
10	CaO	6.21	7.75	7.03	2.69	6.86	1.58	6.43	3.76	3.22
11	Na ₂ O	3.7	3.45	3.35	4.67	4.16	6.12	4.84	4.48	4.48
12	K ₂ O	1.04	0.9	1.58	2.96	1.63	2.51	1.51	2.69	2.63
13	P ₂ O ₅	0.15	0.12	0.17	0.13	0.48	0.06	0.15	0.36	0.17
14	LOI	0.67	1.07	1.71	0.73	1.1	0.26	0.65	1.84	1.06
15	Нийлбэр	100.19	100.31	100.4	100.44	100.4	100.49	100.46	100.49	100.34
16	Ba		337		684					
17	Li		10		12					
18	Sr		491		470					
19	V		210		47					
20	Ga		19		18					
21	Ge		2		1					
22	Rb		16.2		54.3					
23	Y		17.6		14					
24	Zr		70		189					
25	Nb		1		5					
26	Cs		0.6		0.9					
27	Hf		2		4					
28	Ta		0.5		0.5					
29	Bi		0.2		0.3					
30	Th		2		5.9					
31	U		0.77		1.41					
32	La		6.30		25.70					
33	Ce		15.50		53.70					
34	Pr		2.40		6.54					
35	Nd		11.00		23.90					
36	Sm		3.10		4.50					
37	Eu		0.91		1.18					
38	Gd		3.23		3.32					
39	Tb		0.51		0.50					
40	Dy		3.47		2.90					
41	Ho		0.76		0.57					
42	Er		2.22		1.64					
43	Tm		0.34		0.25					
44	Yb		2.00		1.50					
45	Lu		0.26		0.19					

II.8-р зураг. Тогтохыншил бүрдлийн чулуулгийн геохимийн шинжилгээний үр дүн (үргэлжлэл)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Дээжийн	BM1927	BM1930	BM1931	BM1932	BM33	BM1933	BM1937	BM1938	BM1939
2	Тогтохыншил бүрдэл (Хар ус нуур орчимд)									
3	Хээрийн тодорхойлолт	грано диорит	грано диорит	базальт	гранит	гранит	гранит	грано диорит	андези базальт	габбро
4	SiO ₂	66.14	74.59	49.98	75.68	75.28	75.42	65.61	52.43	49.55
5	TiO ₂	0.72	0.21	1.05	0.18	0.181	0.18	0.7	0.82	0.3
6	Al ₂ O ₃	14.28	13.14	16.29	12.76	13.09	13.15	14.64	16.49	15.71
7	Fe ₂ O ₃	5.32	2.21	9.13	2.26	1.29	2.05	5.43	8.53	6.78
8	Mn ₃ O ₄	0.08	0.04	0.13	0.04	0.041	0.05	0.09	0.15	0.14
9	MgO	2.35	0.48	7.82	0.42	0.434	0.41	2.08	5.94	9.7
10	CaO	3.55	1.27	12.25	0.92	0.706	0.75	3.44	10.99	14.69
11	Na ₂ O	3.6	3.67	2.82	3.73	3.96	3.96	3.94	3.84	2.04
12	K ₂ O	3.52	4.02	0.11	3.97	3.85	3.99	3.23	0.12	0.35
13	P ₂ O ₅	0.15	0.04	0.19	0.04	0.036	0.03	0.21	0.02	<0.01
14	LOI	0.54	0.3	0.64	0.41		0.42	0.95	1.02	1.14
15	Нийлбэр	100.33	100.07	100.43	100.47	98.87	100.46	100.45	100.37	100.44
16	Ba		747	44		767	636	591		32
17	Li		33	10		14.6	15	30		18
18	Sr		178	354		237	163	305		146
19	V		17	258		16	15	100		204
20	Ga		14	17		2	14	17		14
21	Ge		1	1		12	2	2		2
22	Rb		128	2			131	82		14
23	Y		8.5	18.6		140	9.1	22		8.1
24	Zr		109	83		12	89	231		6
25	Nb		4	3		94	4	5		1
26	Cs		2.4	0.3		4.6	2.2	2.8		2.6
27	Hf		3	2		0.2	3	6		1
28	Ta		0.5	0.5		2.4	0.5	0.5		0.5
29	Bi		0.4	0.3		0.6	0.1	0.3		0.4
30	Th		10.2	2.3		12.4	10.1	7.4		1.5
31	U		2.47	0.48		1.62	1.47	0.86		<0.05
32	La		15.40	6.50		1.99	18.60	18.00		0.30
33	Ce		29.70	16.70		19.60	34.00	40.70		0.70
34	Pr		3.34	2.57		31.20	3.83	5.68		0.16
35	Nd		11.10	12.10		3.51	12.40	22.90		1.10
36	Sm		2.10	3.40		12.50	2.30	5.20		0.60
37	Eu		0.53	1.12		1.85	0.54	1.10		0.35
38	Gd		1.60	3.86		0.40	1.78	4.56		1.07
39	Tb		0.26	0.58		2.01	0.26	0.70		0.22
40	Dy		1.70	3.94		0.32	1.71	4.29		1.61
41	Ho		0.35	0.83		1.89	0.37	0.90		0.39
42	Er		0.99	2.32		0.37	1.08	2.70		0.97
43	Tm		0.17	0.34		1.18	0.17	0.36		0.15
44	Yb		1.20	2.10		0.21	1.20	2.30		0.90
45	Lu		0.18	0.30		1.28	0.17	0.33		0.12

II.8-р зураг. Тогтохыншил бүрдлийн чулуулгийн геохимийн шинжилгээний үр дүн (үргэлжлэл)

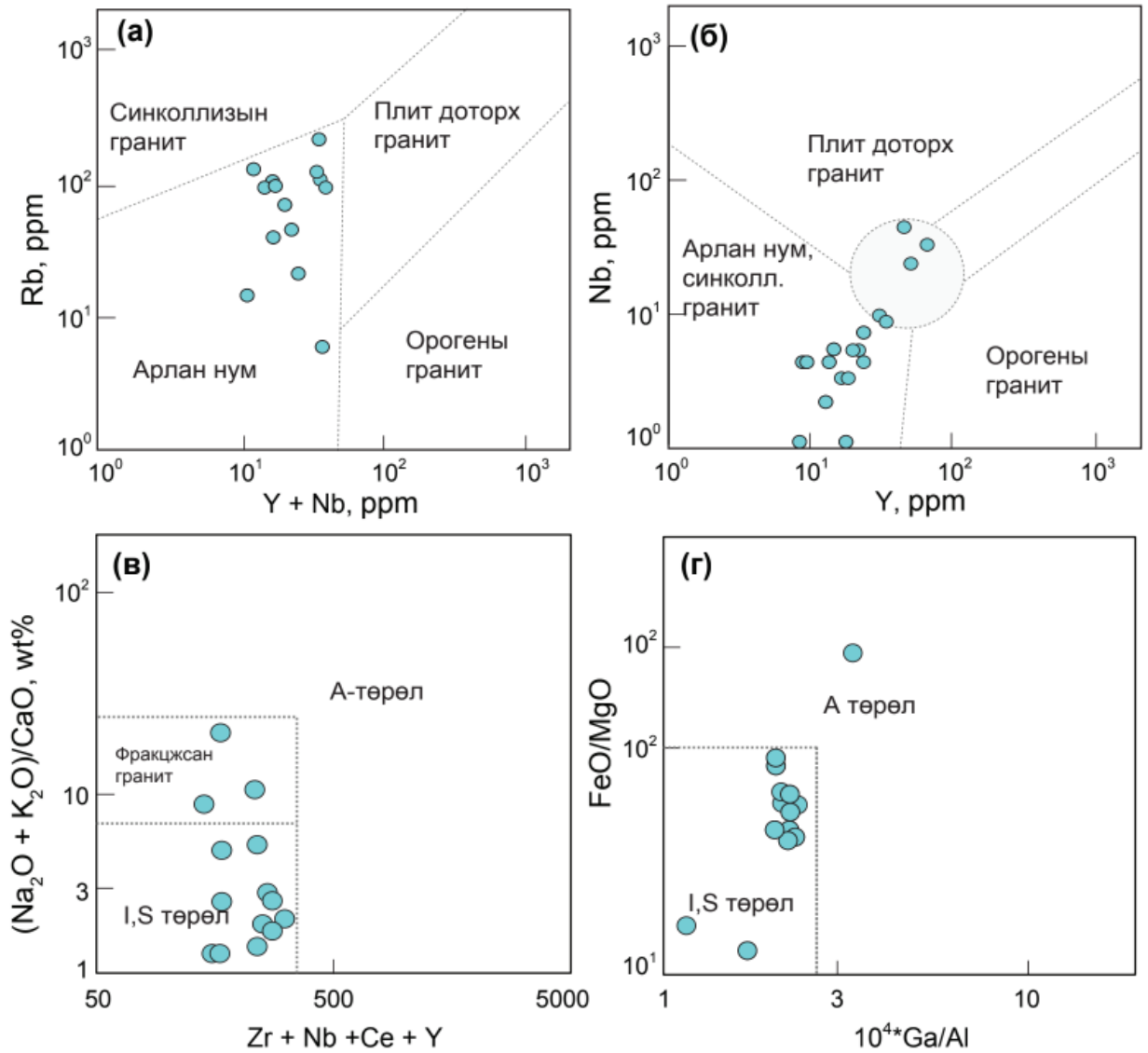
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Дээжийн	BM1941	BM42	BM1942	BM1944	BM1950	BM1975	BM1976	BM1977	BM1991	BM1992	BM1993
2		Тогтохыншил бүрдэл (Хар ус нуур орчимд)					Тогтохыншил бүрдэл (Өлгий сум орчимд)			Тогтохыншил бүрдэл (Сээрийн нуруу)		
3	Хээрийн тодорхойлолт	шүтлэгдүү гранит	кварцтай диорит	кварцтай диорит	гранит	гранит	диорит	монцо габбро	габбро диорит	гранит	гранит	гранит
4	SiO ₂	74.7	66.24	66.54	75.1	76.88	63.14	50.59	52.29	69.85	64.9	70.03
5	TiO ₂	0.18	0.461	0.48	0.18	0.17	0.74	0.78	0.52	0.32	0.57	0.42
6	Al ₂ O ₃	13.26	14.97	15.31	13.22	11.86	14.39	12.63	17.02	14.56	16.21	14.59
7	Fe ₂ O ₃	1.71	4.3	4.48	1.93	1.96	6.87	10.19	7.55	2.8	4.34	3.2
8	Mn ₃ O ₄	0.02	0.071	0.07	0.03	0.04	0.12	0.23	0.2	0.07	0.2	0.08
9	MgO	0.22	1.67	1.71	0.21	0.28	3.95	9.91	6.96	0.77	1.47	1.15
10	CaO	0.9	3.49	3.77	0.59	0.81	4.07	9.82	8.22	1.58	2.49	1.25
11	Na ₂ O	4.1	3.69	3.83	4.17	3.48	4.07	2.59	3.54	4.7	5.36	4.77
12	K ₂ O	4.6	3.15	3.28	4.44	3.87	0.08	1	1.17	3.57	3.08	3.54
13	P ₂ O ₅	0.03	0.128	0.14	0.05	0.04	0.2	0.1	0.09	0.11	0.27	0.15
14	LOI	0.43		0.7	0.2	0.44	2.36	1.61	2.38	1.39	1.05	1.03
15	Нийлбэр	100.22	98.17	100.39	100.17	99.86	100.05	99.5	99.96	99.8	100.07	100.29
16	Ba		880	673								905
17	Li		26.6	29								19
18	Sr		385	461								370
19	V		89.5	67								31
20	Ga		10.1	18								18
21	Ge		15.8	1								2
22	Rb			95.9								81.5
23	Y		98.4	13.8								14.8
24	Zr		15.4	165								213
25	Nb		120	4								5
26	Cs		5.06	3.5								2.2
27	Hf		0.273	4								5
28	Ta		2.66	0.5								0.5
29	Bi		0.448	0.1								<0.1
30	Th		7.58	8.4								6.9
31	U		1.89	2.1								1.59
32	La		3.09	25.10								31.60
33	Ce		18.70	48.70								56.60
34	Pr		31.80	5.67								7.34
35	Nd		4.11	20.50								26.30
36	Sm		18.00	3.70								4.10
37	Eu		3.35	1.06								1.10
38	Gd		0.92	3.19								3.28
39	Tb		2.69	0.45								0.45
40	Dy		0.47	2.72								2.94
41	Ho		2.59	0.58								0.59
42	Er		0.52	1.70								1.62
43	Tm		1.53	0.24								0.28
44	Yb		0.30	1.50								1.90
45	Lu		1.87	0.24								0.24



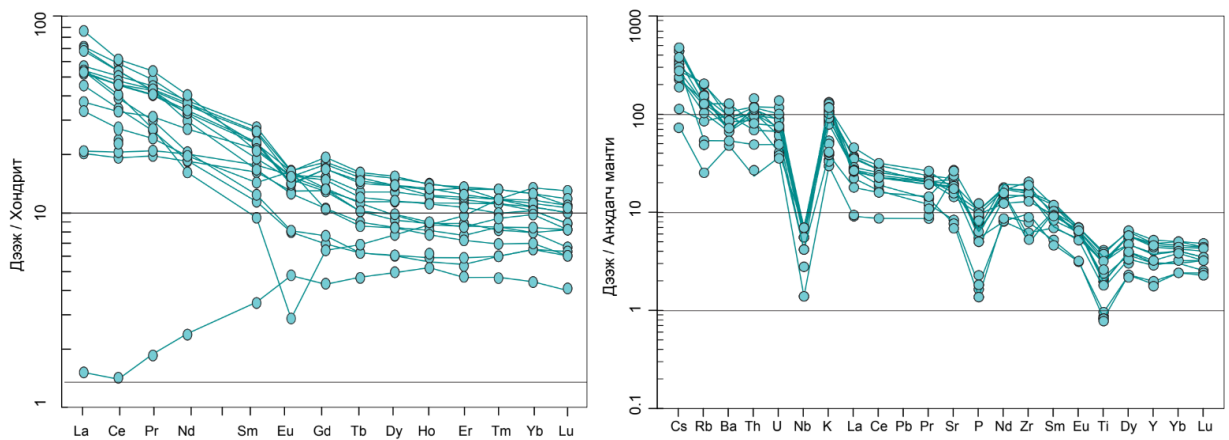
II.39-р зураг. Тогтохыншил бүрдлийн чулуулгийн гол элементүүдийн агуулгаар байгуулсан диаграмууд. а). Нийлбэр шүлт-цахиурын ислийн ангиллын TAS диаграм (Irvine and Barager, 1971); б). A/CNK vs A/NK харьцааны диаграмм (Middlemost, 1985); в). SiO_2 vs K_2O диаграм (Le Maitre et al., 1989); г). $\text{FeO}^{\text{H}}/(\text{FeO}^{\text{H}} + \text{MgO})$ vs SiO_2 диаграм (Frost et al., 2001).

Сарнимал элементийн үр дүнгээр боловсруулсан тектоник ангиллын диаграмд арлан нумын талбайд (II.40а,б-р зураг), I-төрлийн гранитын талбайд бууж байна (II.40в,г-р зураг).

ГХЭ-ээр байгуулсан диаграмаас харахад хондриттой харьцуулахад өндөр агуулгатай бөгөөд хүнд ГХЭ-ийг бодвол хөнгөн ГХЭ-ээр бага зэрэг баяжсан дүрс үзүүлж байна (II.41а-р зураг). ГХЭ-ийн нийлбэр агуулга 8.64-138.34 ppm, хөнгөн ба хүнд ГХЭ-ийн агуулгын ялгарал бага $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{N}}=0.22-11.55$, $(\text{La}/\text{Sm})_{\text{N}}=0.07-5.09$, $(\text{Gd}/\text{Yb})_{\text{N}}=0.96-2.61$ байна. Анхдагч мантитай харьцуулсан спайдер диаграмд сарнимал элементийн агуулга жигд өндөр бөгөөд К, Pb баяжсан, Nb ядуурсан шинж үзүүлж байна (II.41б-р зураг).



II.40-р зураг. Тогтохыншил бүрдлийн чулуулгийн сарнимал элементүүдийн агуулгаар байгуулсан диаграмууд. Тектоник ангиллын диаграм а). $Y+Nb$ vs Rb ; б). Y vs Nb , гранитын төрөл ялгах в). $Zr+Nb+Ce+Y$ vs $(Na_2O+K_2O)/CaO$; г). $10^4 Ga/Al$ vs FeO/MgO диаграм.

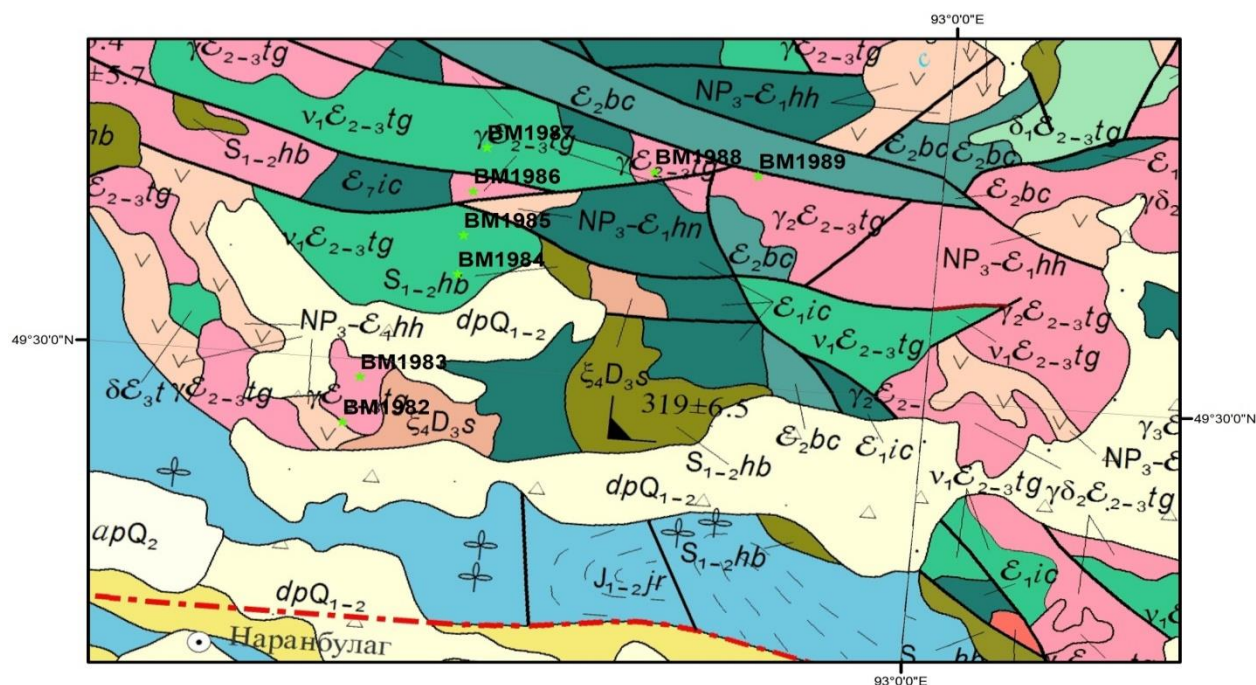


II.41-р зураг. а). Хондритод нормчилсон (Boynnton, 1984) ГХЭ-ийн диаграм. б). Сарнимал элементийн утгуудыг анхдагч мангид (McDonough and Sun, 1995) нормчилсон спайдер диаграм.

Геохронологи

Энэ төслийн ажлаар Тогтохыншил бүрдлээр зураглагдсан чулуулгийн 7 дээжинд (BM1919, BM1921, BM1930, BM1933, BM1942, BM1989, BM1982) үнэмлэхүй насны судалгаа хийсэн бөгөөд эдгээр нь байршлын хувьд ялгаатай массивуудад хамаарна. BM1919 ($93^{\circ}13'0.68''$, $48^{\circ}21'26''$) дээжинд LA-ICPMS U-Pb аргаар үнэмлэхүй нас тодорхойлоход 507.1 ± 4.3 сая жил кембрийн нас тодорхойлогдсон бөгөөд энэ дээжийн үр дүн Кембрийн интрузив чулуулаг бүлэгт бичигдсэн (II.24а, б-р зураг, II.4-р хүснэгт).

Тогтохын шилийн нуруунд ялгасан Тогтохыншил бүрдлийн I фаз (BM1984, BM1985, BM1987, BM1988), II фаз (BM1989), III фазыг төлөөлөх (BM1982, BM1983, BM1986) дээжүүдийн байршлыг дараах зурагт харуулав (II.42-р зураг).

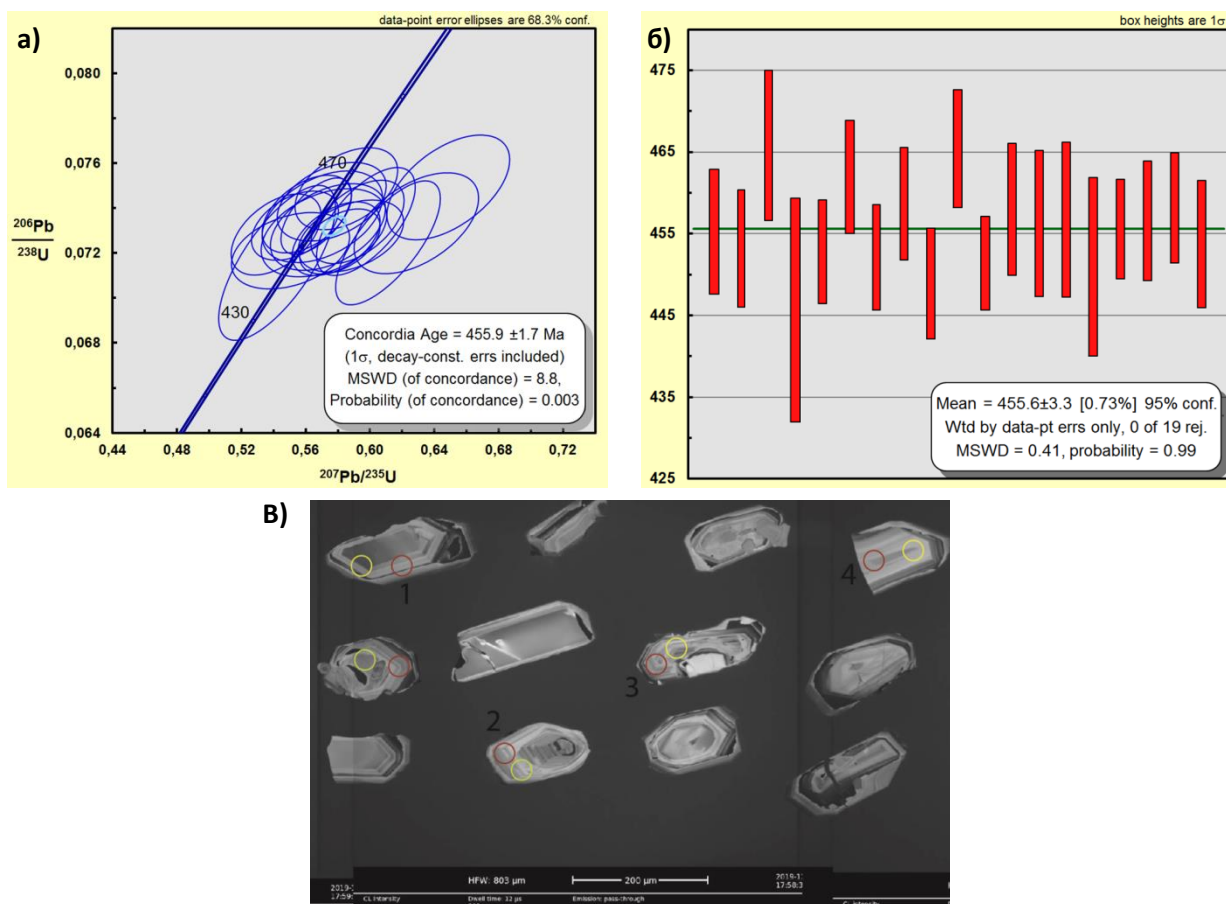


II.42-р зураг. Тогтохын шилийн нурууны судалгааны дээжийн байршлын зураг.

Тогтохын шил нуруунд тархалттай гранитоидоос үнэмлэхүй насны судалгаанд зориулж BM1989 ($92^{\circ}53'27.24''$, $49^{\circ}35'32''$), BM1982 ($92^{\circ}39'40.41''$, $49^{\circ}28'21''$) дээжүүдийг үнэмлэхүй насны судалгаанд хамруулсан.

BM1989 ($92^{\circ}53'27.24''$, $49^{\circ}35'32''$) дээж нь петрографийн судалгаагаар гранит гэж тодорхойлогдсон. Уг дээжинд LA-ICPMS U-Pb аргаар үнэмлэхүй нас тодорхойлоход цирконы 20 мөхлөгийг сонгож авсан бөгөөд 20 хэмжилтийн үр дүнгээр 455.9 ± 1.7 сая жил буюу ордовикийн нас тодорхойллоо (II.43-р зураг, II.9-р хүснэгт). Цирконы мөхлөгүүдийн катод-люминесценцийн зургаас харахад морфологийн хувьд ихэнх нь

урт сунасан призмлэг болон заримдаа богино призмлэг, 150-250 μm хэмжээтэй, бүслүүрлэг тогтоцтой. Th/U харьцаа нь 0.42-1.07, дунджаар 0.56 байгаа нь магмын гаралтай байх боломжтой (II.43-р зураг, II.9-р хүснэгт).

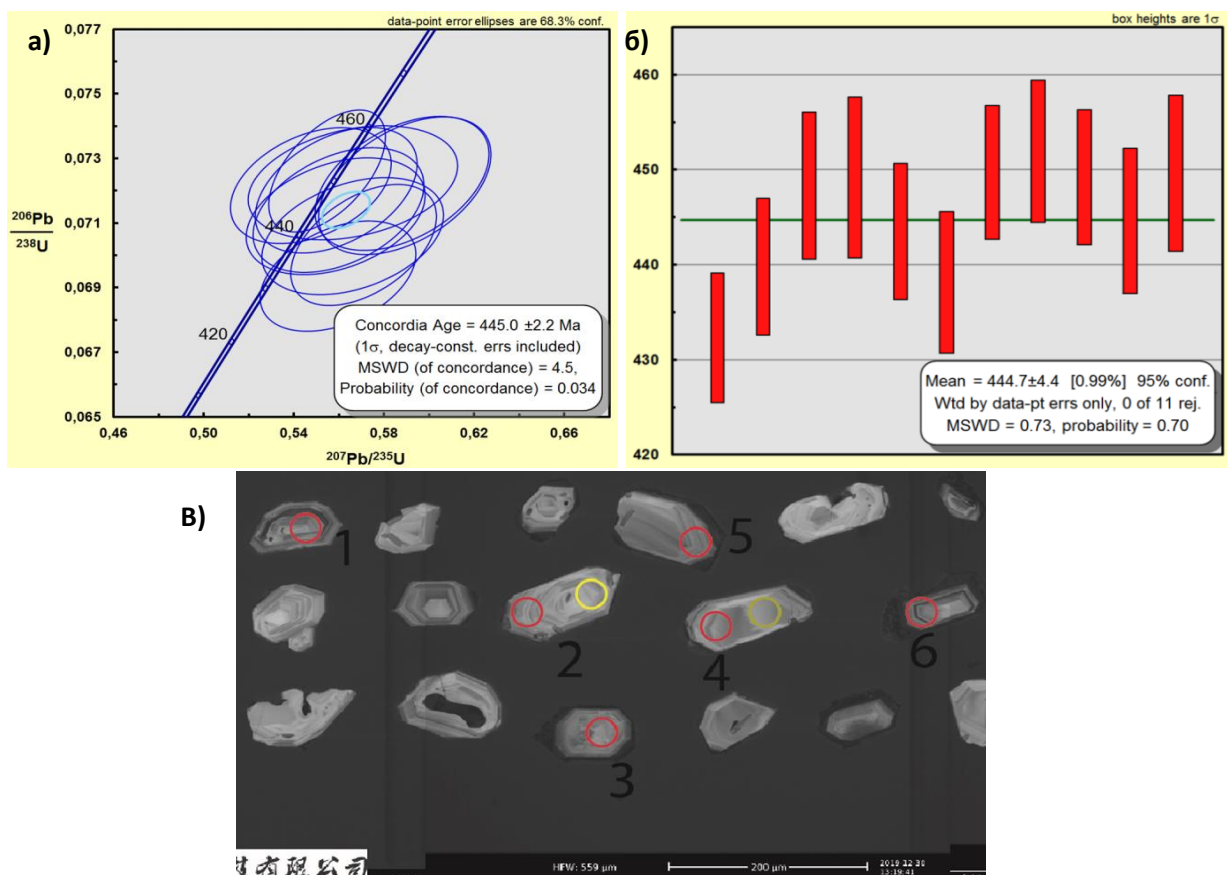


II.43-р зураг. VM1989 дээжийн цирконы LA-ICPMS U-Pb үнэмлэхүй насны шинжилгээний үр дүн. а). Конкорд диаграм, б). цирконы мөхлөгүүдийн CL зураг. в). $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ жигнэсэн дундаж насны диаграм.

II.9-р хүснэгт. VM1989 дээжийн цирконы мөхлөгүүдэд хийсэн LA-ICPMS хэмжилтийн үр дүн

Д/д	Хэмжилтийн дугаар	Элементийн агуулга, ррп				Изотопын харьцаа						Үнэмлэхүй нас, сая жил							
		Pb	Th	^{232}U	^{238}U	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ	Rho	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ	Concord
1	VM89-1	19	148	210	0.70	0.057	0.002	0.574	0.024	0.073	0.001	0.42	500	53	460	15	455	8	98%
2	VM89-2	17	155	202	0.77	0.054	0.002	0.542	0.018	0.073	0.001	0.48	365	67	439	12	453	7	96%
3	VM89-3	26	163	280	0.58	0.063	0.002	0.649	0.025	0.075	0.002	0.53	692	70	508	16	466	9	91%
4	VM89-4	19	110	238	0.46	0.055	0.002	0.542	0.024	0.072	0.002	0.72	420	79	440	16	446	14	98%
5	VM89-5	19	140	221	0.64	0.059	0.002	0.588	0.022	0.073	0.001	0.40	565	80	470	14	453	6	96%
6	VM89-7	14	67	154	0.43	0.057	0.002	0.576	0.022	0.074	0.001	0.40	472	81	462	14	462	7	99%
7	VM89-8	21	101	243	0.42	0.058	0.002	0.579	0.018	0.073	0.001	0.48	528	61	464	12	452	6	97%
8	VM89-9	24	143	268	0.53	0.055	0.002	0.561	0.018	0.074	0.001	0.47	428	66	452	12	459	7	98%
9	VM89-10	16	106	181	0.59	0.056	0.003	0.551	0.024	0.072	0.001	0.35	443	102	445	16	449	7	99%
10	VM89-11	18	92	202	0.45	0.057	0.002	0.585	0.021	0.075	0.001	0.45	494	76	468	13	465	7	99%
11	VM89-12	25	134	284	0.47	0.058	0.001	0.581	0.017	0.073	0.001	0.46	528	56	465	11	451	6	96%
12	VM89-13	14	80	167	0.48	0.057	0.002	0.570	0.025	0.074	0.001	0.42	472	86	458	16	458	8	99%
13	VM89-14	23	139	265	0.52	0.062	0.002	0.629	0.026	0.073	0.001	0.50	700	80	495	16	456	9	91%
14	VM89-15	29	159	365	0.43	0.059	0.002	0.597	0.020	0.073	0.002	0.64	569	62	476	13	457	10	95%
15	VM89-16	56	440	674	0.65	0.061	0.001	0.611	0.021	0.072	0.002	0.71	656	50	484	14	451	11	92%
16	VM89-17	19	100	220	0.45	0.055	0.002	0.553	0.018	0.073	0.001	0.43	406	64	447	12	456	6	98%
17	VM89-18	56	608	567	1.07	0.059	0.002	0.592	0.019	0.073	0.001	0.52	554	65	472	12	457	7	96%
18	VM89-19	31	180	352	0.51	0.056	0.001	0.566	0.014	0.074	0.001	0.60	443	48	456	9	458	7	99%
19	VM89-20	14	68	161	0.43	0.057	0.002	0.571	0.026	0.073	0.001	0.39	483	93	459	17	454	8	98%

BM1982 (92°39'40,41", 49°28'21") дээж нь петрографийн судалгаагаар гранит гэж тодорхойлогдсон. Уг дээжинд LA-ICPMS U-Pb аргаар үнэмлэхүй нас тодорхойлоход цирконы 20 мөхлөгийг сонгож авсан бөгөөд 11 хэмжилтийн үр дүнгээр 445.0±2.2 сая жил буюу ордовикийн нас тодорхойллоо (II.44-р зураг, II.10-р хүснэгт). Цирконы мөхлөгүүдийн катод-люминесценцийн зургаас харахад морфологийн хувьд ихэнх нь урт сунасан призмлэг, заримдаа богино призмлэг, 100-150 μm хэмжээтэй, бүслүүрлэг тогтоцтой. Th/U харьцаа нь 0.49-0.78, дунджаар 0.63 байгаа нь магмын гаралтай байх боломжтой (II.44-р зураг, II.10-р хүснэгт).

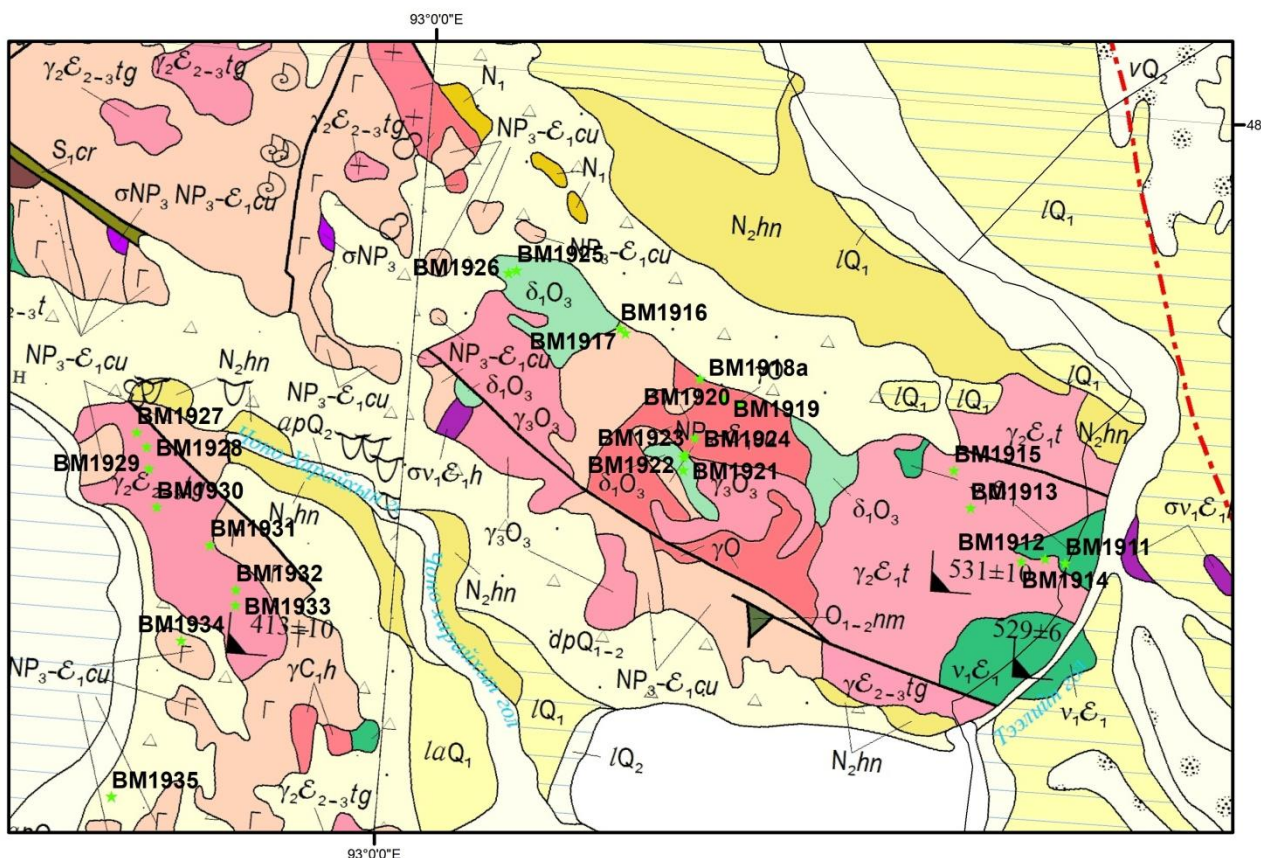


II.44-р зураг. BM1982 дээжийн цирконы LA-ICPMS U-Pb үнэмлэхүй насны шинжилгээний үр дүн. а). Конкорд диаграм, б). цирконы мөхлөгүүдийн CL зураг. в). $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ жигнэсэн дундаж насны диаграм.

II.10-р хүснэгт. BM1982 дээжийн цирконы мөхлөгүүдэд хийсэн LA-ICPMS хэмжилтийн үр дүн

д/д	Хэмжилтийн дугаар	Элементийн агуулга, ppm				Изотопын харьцаа						Үнэмлэхүй нас, сая жил						Concord	
		Pb	Th ²³²	U ²³⁸	²³² Th/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³² U	1σ	Rho	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³² U		1σ
1	BM82-1	24	189	267	0.71	0.059	0.003	0.560	0.023	0.069	0.001	0.40	565	88	451	15	432	7	95%
2	BM82-3	12	84	138	0.61	0.058	0.002	0.566	0.027	0.071	0.001	0.36	532	99	455	17	440	7	96%
3	BM82-4	9	62	103	0.60	0.057	0.003	0.559	0.024	0.072	0.001	0.42	494	98	451	15	448	8	99%
4	BM82-6	15	98	173	0.57	0.059	0.002	0.589	0.025	0.072	0.001	0.45	576	87	470	16	449	8	95%
5	BM82-7	10	63	120	0.52	0.057	0.002	0.559	0.026	0.071	0.001	0.36	480	93	451	17	443	7	98%
6	BM82-9	14	100	161	0.62	0.059	0.002	0.571	0.021	0.070	0.001	0.47	583	118	459	14	438	7	95%
7	BM82-11	9	57	105	0.54	0.057	0.003	0.566	0.031	0.072	0.001	0.30	500	113	456	20	450	7	98%
8	BM82-12	34	196	399	0.49	0.055	0.002	0.555	0.017	0.073	0.001	0.56	432	66	448	11	452	7	99%
9	BM82-14	14	113	145	0.78	0.055	0.002	0.547	0.024	0.072	0.001	0.38	420	91	443	15	449	7	98%
10	BM82-15	8	56	88	0.64	0.058	0.003	0.560	0.025	0.071	0.001	0.40	532	101	451	16	445	8	98%
11	BM82-19	10	61	109	0.56	0.059	0.002	0.588	0.025	0.072	0.001	0.44	576	89	470	16	450	8	95%

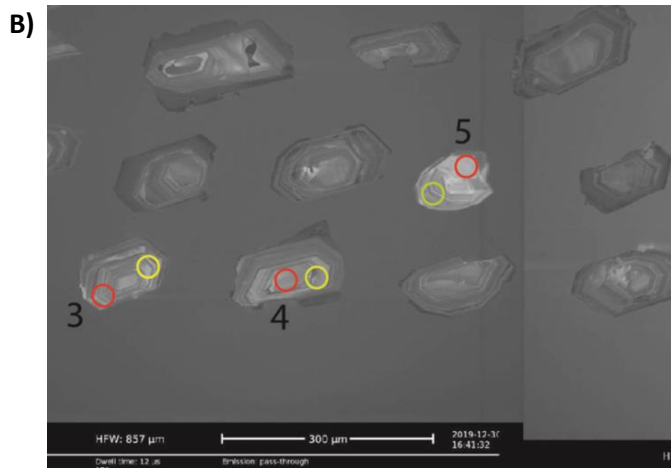
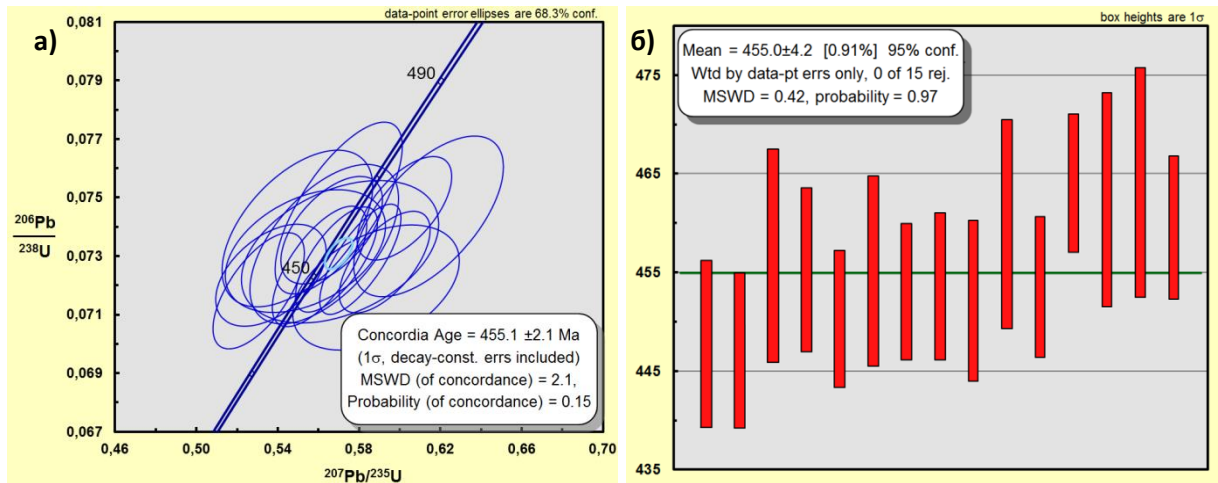
Хар ус нуур орчимд: кембрийн Тогтохыншил II фазын гранит (BM1927-BM1933), Тогтохыншил I фазын габбро (BM1939, BM1942, BM1943), II фазын гранит (BM1937, BM1938), дунд ордовикийн II фазын гранит гэж зурагласан (BM1941, BM1944, BM1949, BM1950) гаршуудаас дээжилсэн (II.45-р зураг). Үүнээс Тогтохыншил бүрдлийн II фазыг төлөөлөх BM1930 ($92^{\circ}49'59.65''$, $48^{\circ}17'15''$), BM1933 ($92^{\circ}53'33.64''$, $48^{\circ}14'44''$), BM1942 ($92^{\circ}53'36.74''$, $48^{\circ}2'30''$) дээжүүдэд үнэмлэхүй насны судалгаа хийсэн.



II.45-р зураг. Хар ус нуур орчмын судалгааны дээжийн байршлын зураг.

BM1930 дээж нь петрографийн судалгаагаар гранит гэж тодорхойлогдсон. Уг дээжинд LA-ICPMS U-Pb аргаар үнэмлэхүй нас тодорхойлоход цирконы 20 мөхлөгийг сонгож авсан бөгөөд 20 хэмжилтийн үр дүнгээр 455.1 ± 2.1 сая жил ордовикийн нас тодорхойлогдсон (II.46-р зураг, II.11-р хүснэгт).

Цирконы мөхлөгүүдийн катод-люминесценцийн зургаас харахад морфологийн хувьд ихэнх нь призмлэг, сунасан призмлэг хэлбэртэй, $75-150 \mu\text{m}$ хэмжээтэй, бүслүүрлэг тогтоцтой. Th/U харьцаа нь 0.33-0.99, дунджаар 0.48 байгаа нь магмын гаралтай байх боломжтой (II.46-р зураг, II.11-р хүснэгт).



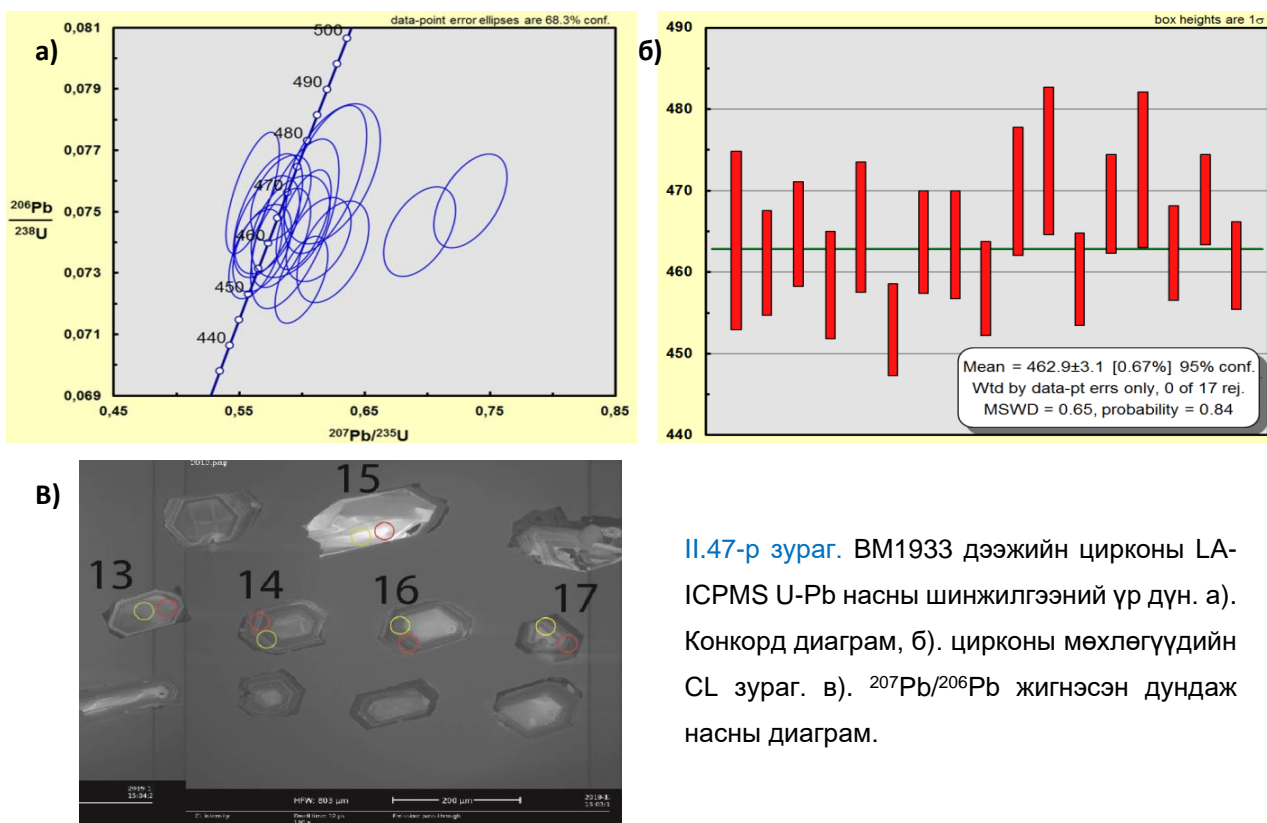
11.46-р зураг. VM1930 дээжийн цирконы LA-ICPMS U-Pb үнэмлэхүй насны шинжилгээний үр дүн. а). Конкорд диаграм, б). цирконы мөхлөгүүдийн CL зураг. в). $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ жигнэсэн дундаж насны диаграм.

11.11-р хүснэгт. VM1930 дээжийн цирконы мөхлөгүүдэд хийсэн LA-ICPMS хэмжилтийн үр дүн

Д/Д	Хэмжээний дугаар	Элементийн агуулга, ppm				Изотопын харьцаа						Үнэмлэхүй нас, сая жил							
		Pb	Ti ²³²	U ²³⁸	Th ²³² /U ²³⁸	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	Rho	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	Concord
1	VM30-1	11	47	127	0,37	0,060	0,003	0,588	0,027	0,072	0,001	0,43	598	100	470	17	448	8	95%
2	VM30-2	43	232	464	0,50	0,054	0,001	0,531	0,015	0,072	0,001	0,65	367	61	432	10	447	8	96%
3	VM30-3	22	116	239	0,49	0,055	0,002	0,563	0,024	0,073	0,002	0,57	413	74	453	16	457	11	99%
4	VM30-4	10	56	108	0,52	0,055	0,002	0,554	0,026	0,073	0,001	0,40	413	106	447	17	455	8	98%
5	VM30-5	35	186	372	0,50	0,054	0,002	0,537	0,018	0,072	0,001	0,48	365	69	436	12	450	7	96%
6	VM30-6	9	44	104	0,42	0,057	0,003	0,571	0,032	0,073	0,002	0,39	500	120	458	21	455	10	99%
7	VM30-7	17	86	257	0,33	0,063	0,002	0,496	0,021	0,059	0,002	0,81	694	78	409	14	371	12	90%
8	VM30-8	85	407	1062	0,38	0,065	0,001	0,549	0,013	0,061	0,001	0,61	783	46	444	8	382	5	84%
9	VM30-9	51	314	538	0,58	0,059	0,001	0,593	0,015	0,073	0,001	0,63	569	46	473	9	453	7	95%
10	VM30-10	78	358	860	0,42	0,058	0,001	0,581	0,013	0,073	0,001	0,75	517	37	465	8	454	7	97%
11	VM30-11	72	679	685	0,99	0,056	0,001	0,561	0,015	0,073	0,001	0,68	454	19	452	10	452	8	99%
12	VM30-13	15	61	167	0,37	0,054	0,002	0,550	0,024	0,074	0,002	0,54	372	89	445	16	460	11	96%
13	VM30-14	47	198	519	0,38	0,057	0,001	0,569	0,013	0,073	0,001	0,70	483	46	457	9	453	7	99%
14	VM30-15	102	636	1045	0,61	0,058	0,001	0,602	0,015	0,075	0,001	0,61	543	41	479	10	464	7	96%
15	VM30-17	13	60	155	0,39	0,059	0,002	0,547	0,022	0,067	0,001	0,38	576	79	443	14	417	6	94%
16	VM30-18	30	176	332	0,53	0,060	0,002	0,614	0,024	0,074	0,002	0,62	594	65	486	15	462	11	94%
17	VM30-19	30	149	333	0,45	0,056	0,002	0,570	0,021	0,075	0,002	0,72	435	67	458	13	464	12	98%
18	VM30-20	49	254	516	0,49	0,056	0,001	0,567	0,016	0,074	0,001	0,56	439	56	456	11	460	7	99%

VM1933 (92°53'33.64", 48°14'44") дээж нь петрографийн судалгаагаар гранит гэж тодорхойлогдсон ба геохимийн шинжилгээний үр дүнгээр баталгаажиж байна. Уг дээжинд LA-ICPMS U-Pb аргаар үнэмлэхүй нас тодорхойлоход цирконы 20

мөхлөгийг сонгож авсан бөгөөд 11 хэмжилтийн үр дүнгээр 445.0 ± 2.2 сая жил буюу ордовикийн нас тодорхойллоо (II.47-р зураг, II.12-р хүснэгт).



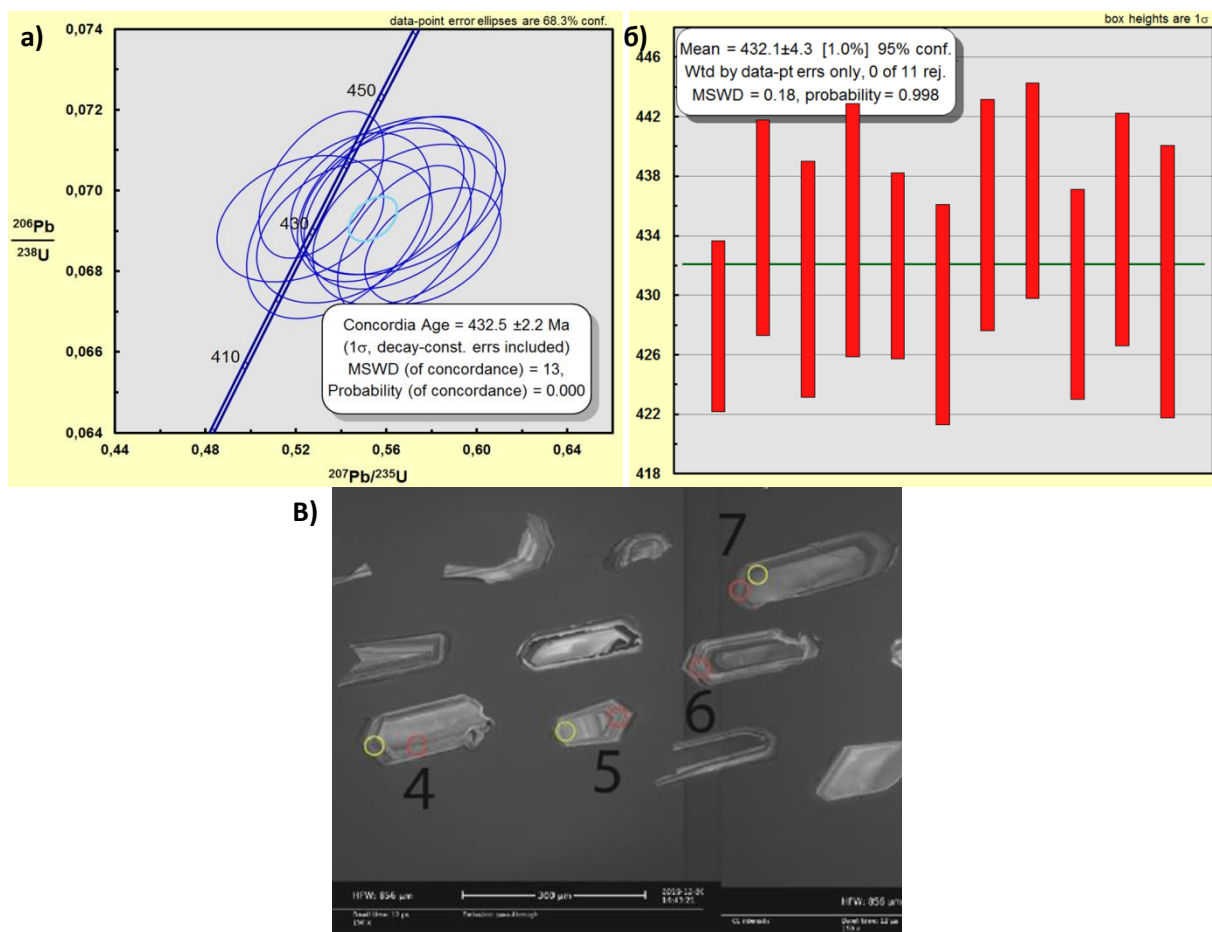
II.47-р зураг. VM1933 дээжийн цирконы LA-ICPMS U-Pb насны шинжилгээний үр дүн. а). Конкорд диаграм, б). цирконы мөхлөгүүдийн CL зураг. в). $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ жигнэсэн дундаж насны диаграм.

Цирконы мөхлөгүүдийн катод-люминесценцийн зургаас харахад морфологийн хувьд ихэнх нь урт сунасан призмлэг болон заримдаа богино призмлэг, 100-220 μm хэмжээтэй, бүслүүрлэг тогтоцтой. Th/U харьцаа нь 0.33-0.54, дунджаар 0.43 байгаа нь магмын гаралтай байх боломжтой (II.47-р зураг, II.12-р хүснэгт).

II.12-р хүснэгт. VM1933 дээжийн цирконы мөхлөгүүдэд хийсэн LA-ICPMS хэмжилтийн үр дүн

Д/д	Хэмжилтийн дугаар	Элементийн агуулга, ppm				Изотопын харьцаа						Үүсмэлхүй нас, сая жил							
		Pb	Th ²³²	U ²³⁸	²³² Th/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	Rho	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	Concord
1	VM33-1	26	128	307	0,42	0,058	0,002	0,594	0,023	0,075	0,002	0,63	528	74	474	15	464	11	97%
2	VM33-2	32	127	383	0,33	0,057	0,001	0,583	0,016	0,074	0,001	0,54	498	54	467	10	461	6	98%
3	VM33-3	52	238	599	0,40	0,058	0,001	0,601	0,014	0,075	0,001	0,60	546	46	478	9	465	6	97%
4	VM33-4	33	169	365	0,46	0,062	0,002	0,625	0,019	0,074	0,001	0,49	665	65	493	12	458	7	92%
5	VM33-6	52	260	602	0,43	0,055	0,001	0,573	0,018	0,075	0,001	0,56	428	56	460	12	465	8	98%
6	VM33-7	45	222	525	0,42	0,060	0,001	0,600	0,014	0,073	0,001	0,56	611	51	477	9	453	6	94%
7	VM33-9	28	149	318	0,47	0,056	0,002	0,572	0,017	0,075	0,001	0,47	456	67	459	11	464	6	99%
8	VM33-10	16	68	179	0,38	0,058	0,002	0,591	0,021	0,075	0,001	0,42	524	78	471	13	463	7	98%
9	VM33-11	50	303	574	0,53	0,056	0,001	0,563	0,014	0,074	0,001	0,52	435	50	454	9	458	6	99%
10	VM33-12	79	369	915	0,40	0,054	0,001	0,561	0,014	0,076	0,001	0,69	369	46	452	9	470	8	96%
11	VM33-13	18	93	211	0,44	0,060	0,002	0,624	0,025	0,076	0,002	0,48	591	83	492	16	474	9	96%
12	VM33-14	47	259	592	0,44	0,060	0,001	0,552	0,014	0,067	0,001	0,55	591	52	446	9	419	6	93%
13	VM33-15	40	166	468	0,36	0,056	0,001	0,568	0,015	0,074	0,001	0,47	456	54	457	10	459	6	99%
14	VM33-16	52	301	553	0,54	0,071	0,002	0,734	0,019	0,075	0,001	0,51	965	58	559	11	468	6	82%
15	VM33-17	60	352	674	0,52	0,059	0,001	0,619	0,022	0,076	0,002	0,60	554	56	489	14	473	10	96%
16	VM33-18	62	275	677	0,41	0,067	0,002	0,694	0,019	0,074	0,001	0,47	854	47	535	11	462	6	85%
17	VM33-19	43	176	490	0,36	0,056	0,001	0,583	0,016	0,075	0,001	0,45	450	54	467	10	469	6	99%
18	VM33-20	36	170	399	0,43	0,060	0,002	0,613	0,017	0,074	0,001	0,44	606	61	486	11	461	5	94%

Хар ус нуур орчимд тархсан хожуу ордовикийн I фазын габбро (BM1921, BM1922, BM1925, BM1926), хожуу ордовикийн III фазын гранит-диорит (BM1918, BM1919, BM1920, BM1923, BM1924) чулуулгаас судалгааны дээжүүд авсан (II.45-р зураг). Эдгээрээс хожуу ордовикийн I фазын габброгоос BM1921 (92°11'33.37", 48°19'23") гэж зурагласан гаршаас дээж авч үнэмлэхүй насны судалгаа хийсэн (II.45-р зураг). Петрографийн судалгаагаар гранит гэж тодорхойлогдсон уг дээжинд LA-ICPMS U-Pb аргаар үнэмлэхүй нас тодорхойлоход цирконы 20 мөхлөгийг сонгож авсан бөгөөд 11 хэмжилтийн үр дүнгээр 432.1±4.3 сая жил буюу дунд силурын нас тодорхойллоо (II.48-р зураг, II.13-р хүснэгт).



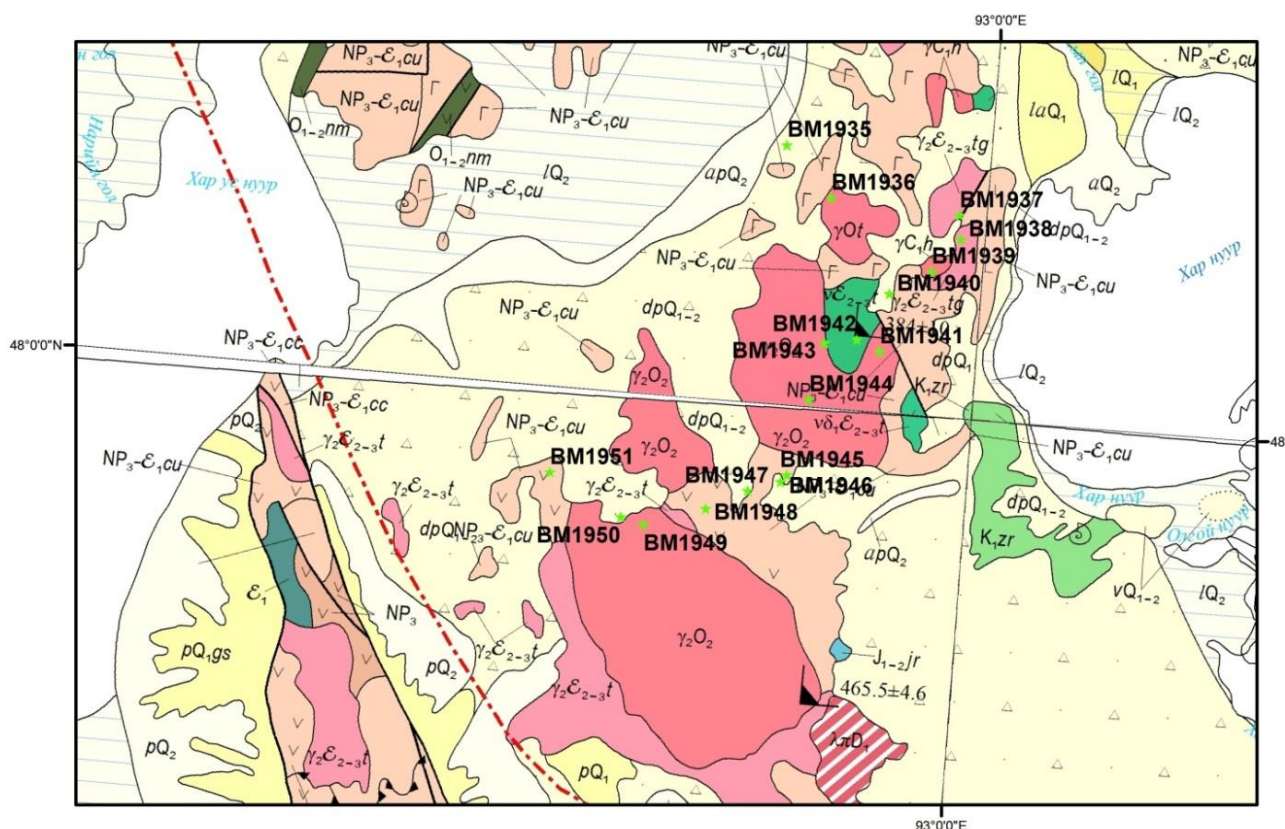
II.48-р зураг. BM1921 дээжийн цирконы LA-ICPMS U-Pb үнэмлэхүй насны шинжилгээний үр дүн. А. Конкорд диаграм, В. цирконы мөхлөгүүдийн CL зураг. С. $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ жигнэсэн дундаж насны диаграм.

Цирконы мөхлөгүүдийн катод-люминесценцийн зургаас харахад морфологийн хувьд ихэнх нь урт сунасан призмлэг болон заримдаа богино призмлэг, 200-150 μm хэмжээтэй, бүслүүрлэг тогтоцтой. Th/U харьцаа нь 0.48-0.78, дунджаар 0.61 байгаа нь магмын гаралтай байх боломжтой (II.46-р зураг, II.13-р хүснэгт).

II.13-р хүснэгт. BM1921 дээжийн цирконы мөхлөгүүдэд хийсэн LA-ICPMS хэмжилтийн үр дүн

д/д	Хэмжилтийн дугаар	Элементийн агуулга, ppm				Изотопын харьцаа						Үнэмлэхүй нас, сая жил							
		Pb	Th ²³²	U ²³⁸	Th/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	Rho	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	Con cord
1	BM21-1	25	192	274	0.70	0.062	0.002	0.580	0.020	0.069	0.001	0.40	733	78	465	13	428	6	91%
2	BM21-3	12	87	140	0.62	0.058	0.002	0.561	0.025	0.070	0.001	0.38	539	89	452	17	435	7	96%
3	BM21-4	10	66	111	0.59	0.060	0.003	0.569	0.028	0.069	0.001	0.39	620	109	458	18	431	8	94%
4	BM21-6	17	115	199	0.58	0.059	0.003	0.566	0.028	0.070	0.001	0.41	561	100	455	18	434	9	95%
5	BM21-7	11	68	129	0.53	0.055	0.003	0.522	0.024	0.069	0.001	0.32	409	104	426	16	432	6	98%
6	BM21-9	15	106	169	0.62	0.061	0.002	0.568	0.019	0.069	0.001	0.52	628	80	457	13	429	7	93%
7	BM21-11	9	58	110	0.53	0.059	0.003	0.565	0.031	0.070	0.001	0.33	565	108	455	20	435	8	95%
8	BM21-12	37	213	441	0.48	0.055	0.002	0.531	0.018	0.070	0.001	0.50	409	70	433	12	437	7	98%
9	BM21-14	13	116	147	0.79	0.057	0.003	0.541	0.026	0.069	0.001	0.36	487	98	439	17	430	7	97%
10	BM21-15	8	61	93	0.66	0.059	0.003	0.557	0.024	0.070	0.001	0.43	589	102	450	16	434	8	96%
11	BM21-19	10	62	114	0.54	0.057	0.003	0.539	0.027	0.069	0.002	0.44	480	106	438	18	431	9	98%

Хар нуур орчимд тархалттай BM1942 (92°53'36.74", 48°2'30") дээж нь петрографийн судалгаагаар гранит гэж тодорхойлогдсон ба геохимийн шинжилгээний үр дүнгээр баталгаажиг байна (II.49-р зураг).



II.49-р зураг. Хар нуур орчмын судалгааны дээжийн байршлын зураг.

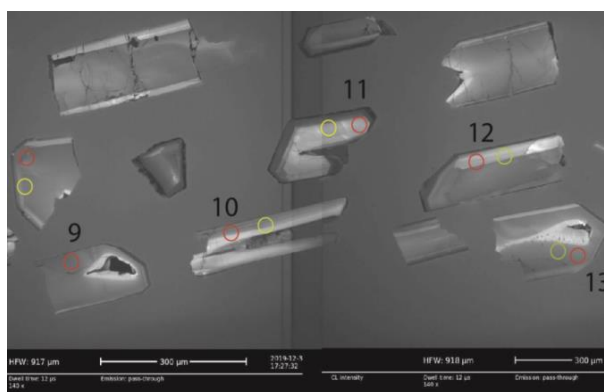
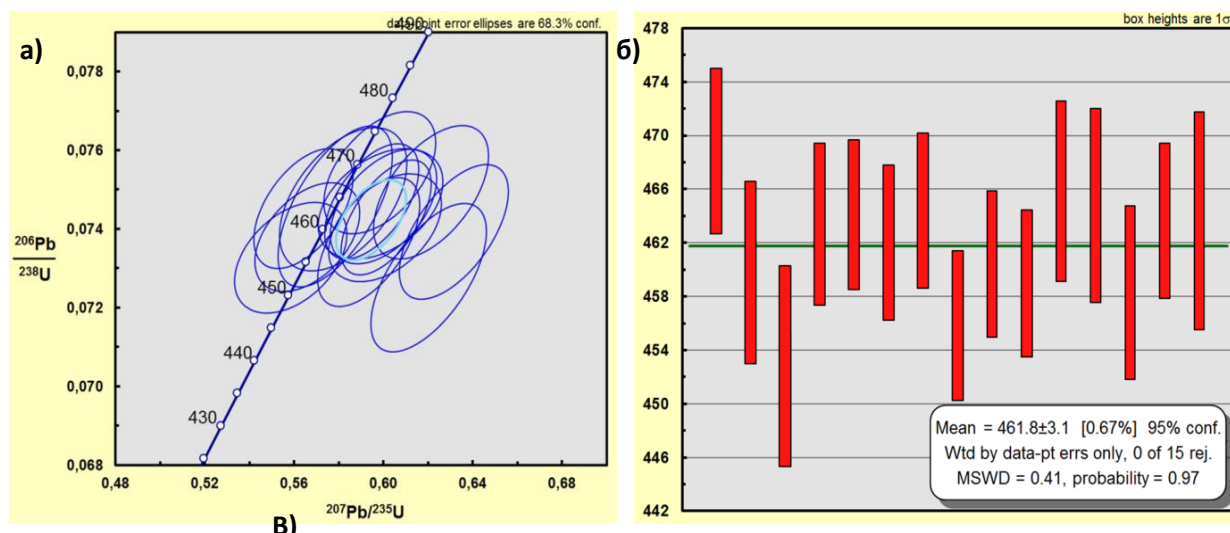
BM1942 дээжинд үнэмлэхүй нас тодорхойлоход цирконы 20 мөхлөгийг сонгож авсан ба 11 хэмжилтийн үр дүнгээр 461.0±3.1 сая жил буюу ордовикийн нас тодорхойллоо (II.50-р зураг, II.14-р хүснэгт).

Цирконы мөхлөгүүдийн катод-люминесценцийн зургаас харахад морфологийн хувьд ихэнх нь урт сунасан призмлэг, 200-250 μm хэмжээтэй, сулхан бүслүүрлэг

тогтоцтой. Th/U харьцаа нь 0.79-1.21, дунджаар 0.97 байгаа нь магмын гаралтай байх боломжтой (II.50-р зураг, II.14-р хүснэгт).

II.14-р хүснэгт. BM1942 дээжийн цирконы мөхлөгүүдэд хийсэн LA-ICPMS хэмжилтийн үр дүн

Д/д	Хэмжилтийн дугаар	Элементийн агуулга, ppm				Изотопын харьцаа						Үнэмлэхүй нас, сая жил							
		Pb	Th	²³² U	²³⁸ U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	Rho	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	Concord
1	BM42-1	48	478	475	1,01	0,058	0,001	0,598	0,017	0,075	0,001	0,49	522	54	476	11	469	6	98%
2	BM42-2	60	582	598	0,97	0,062	0,002	0,632	0,016	0,074	0,001	0,60	680	49	497	10	460	7	92%
3	BM42-3	51	557	513	1,08	0,062	0,002	0,620	0,017	0,073	0,001	0,62	681	52	490	11	453	7	92%
4	BM42-4	33	288	347	0,83	0,055	0,001	0,564	0,015	0,075	0,001	0,52	413	56	454	10	463	6	98%
5	BM42-5	24	198	240	0,83	0,058	0,002	0,599	0,018	0,075	0,001	0,40	532	58	476	12	464	6	97%
6	BM42-7	47	453	462	0,98	0,059	0,001	0,601	0,013	0,074	0,001	0,58	554	43	478	8	462	6	96%
7	BM42-8	61	699	579	1,21	0,058	0,001	0,595	0,014	0,075	0,001	0,55	517	42	474	9	464	6	97%
8	BM42-9	41	411	416	0,99	0,055	0,002	0,558	0,017	0,073	0,001	0,43	420	65	450	11	456	6	98%
9	BM42-10	40	372	404	0,92	0,059	0,002	0,601	0,017	0,074	0,001	0,44	567	57	478	11	460	5	96%
10	BM42-13	31	282	319	0,88	0,056	0,001	0,566	0,016	0,074	0,001	0,45	435	62	455	10	459	5	99%
11	BM42-14	41	437	402	1,09	0,060	0,002	0,621	0,017	0,075	0,001	0,55	609	54	491	11	466	7	94%
12	BM42-15	30	250	318	0,79	0,056	0,002	0,582	0,019	0,075	0,001	0,50	478	31	466	12	465	7	99%
13	BM42-16	57	634	556	1,14	0,058	0,002	0,593	0,015	0,074	0,001	0,58	550	56	473	10	458	6	96%
14	BM42-17	43	410	422	0,97	0,058	0,001	0,600	0,016	0,075	0,001	0,49	539	54	477	10	464	6	97%
15	BM42-18	35	343	384	0,89	0,060	0,002	0,557	0,018	0,067	0,001	0,48	594	25	450	12	420	6	93%
16	BM42-19	35	317	350	0,91	0,057	0,002	0,578	0,017	0,075	0,001	0,62	476	65	463	11	464	8	99%

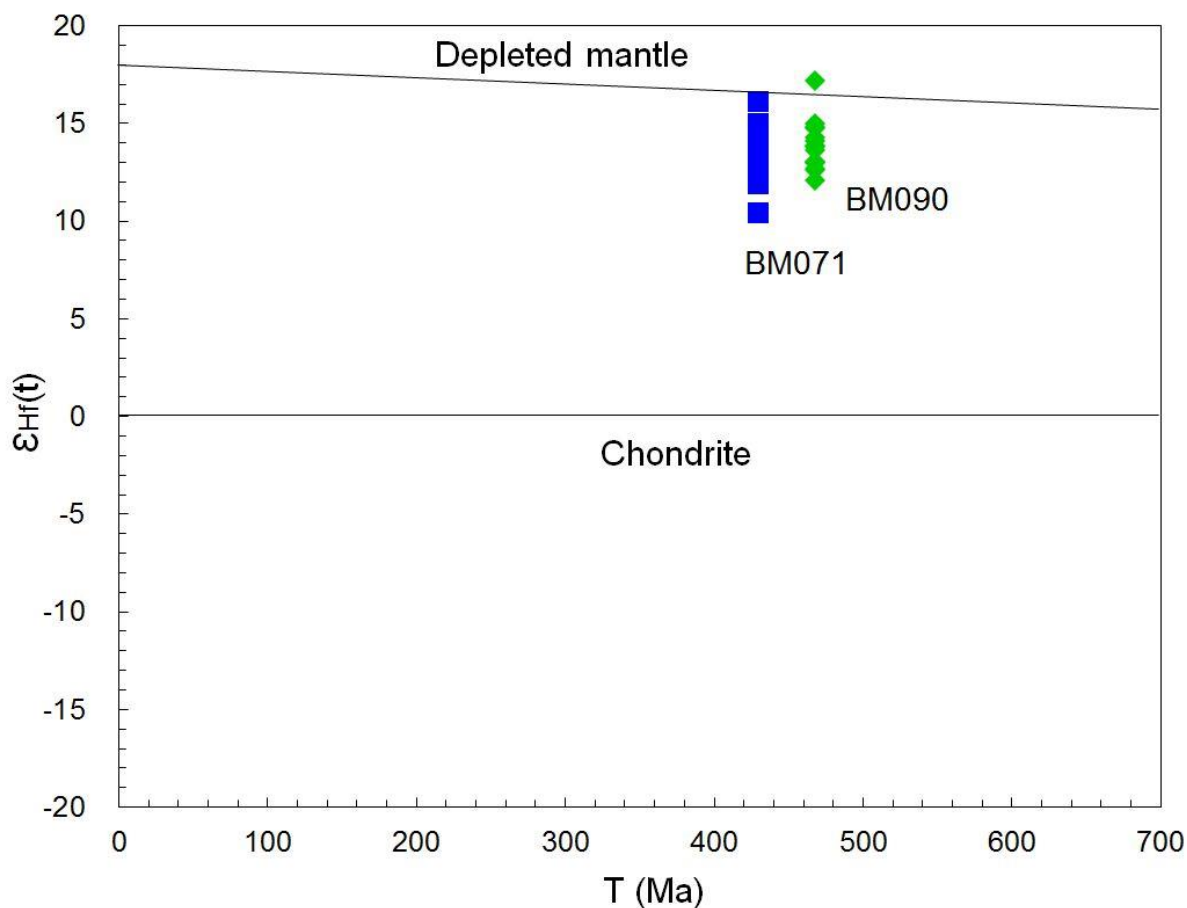


II.50-р зураг. BM1942 дээжийн цирконы LA-ICPMS U-Pb үнэмлэхүй насны шинжилгээний үр дүн. А. Конкорд диаграм, В. цирконы мөхлөгүүдийн CL зураг. С. $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ жигнэсэн дундаж насны диаграм.

Цирконы Lu-Hf изотоп

Тогтохыншил бүрдлийн 430 ± 5.1 сая жилийн үнэмлэхүй нас тодорхойлогдсон гранитын (BM071; Мөнхцэнгэл нар, 2018) цирконы мөхлөгүүдэд энэ төслийн хүрээнд Lu-Hf изотопын 15 хэмжилт хийсэн ба түүний $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ харьцаа 0.282821 - 0.282965 хооронд хэлбэлзэнэ. Тооцоолсон $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ утга +12.03-аас +17.14 хооронд байна (II.15-р хүснэгт). Тогтохыншил бүрдлийн 468 сая жилийн үнэмлэхүй нас тодорхойлогдсон гранитын (BM090; Мөнхцэнгэл нар, 2018) цирконы мөхлөгүүдэд Lu-Hf изотопын 15 хэмжилт хийсэн бөгөөд $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ харьцаа нь 0.282798 - 0.282959 хооронд, тооцоолсон $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ утга +10.38-аас +16.09 хооронд байна (II.15-р хүснэгт).

$\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ vs. U-Pb насны диаграмд гранитын дээжүүдийн цирконы хэмжилтийн үр дүнг буулгасан (II.51-р зураг). Цирконы Lu-Hf изотопын судалгааны үр дүнгээс харахад Тогтохыншил бүрдлийн чулуулаг нь $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ өндөр утга үзүүлж байгаа нь субдукцийн бүсэд үүссэн, мантийн эх үүсвэртэйг харуулж байна.



II.51-р зураг. Тогтохыншил бүрдлийн гранитын дээжүүдийн (BM071, BM090; Мөнхцэнгэл нар, 2018) цирконы мөхлөгүүдийн Lu-Hf изотопын диаграм.

II.15-р зураг. BM071 ба BM090 дээжүүдийн цирконы Lu-Hf изотопын шинжилгээний үр дүн.

Дээжийн дугаар	Age (Ma)	$^{176}\text{Yb}/^{177}\text{Hf}$	$^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$	2s	$\epsilon_{\text{Hf}}(0)$	$\epsilon_{\text{Hf}}(t)$	T_{DM}	T_{DM}^{C}	$f_{\text{Lu/Hf}}$	2s	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}(\text{DM})$	TDM-Basalt SCLM $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}=0.0065$
BM090-01	468	0.024031	0.001074	0.282892	0.000017	4.2	14.2	512	538	-0.97	0.6	0.282883	0.282913	513
BM090-02	468	0.051719	0.002197	0.282866	0.000025	3.3	12.9	566	621	-0.93	0.9	0.282846	0.282913	567
BM090-03	468	0.034492	0.001495	0.282834	0.000018	2.2	12.0	601	680	-0.95	0.6	0.282821	0.282913	605
BM090-04	468	0.031589	0.001388	0.282916	0.000025	5.1	15.0	481	489	-0.96	0.9	0.282904	0.282913	482
BM090-05	468	0.027558	0.001180	0.282975	0.000028	7.2	17.1	394	350	-0.96	1.0	0.282965	0.282913	391
BM090-06	468	0.038035	0.001657	0.282863	0.000018	3.2	13.0	562	617	-0.95	0.6	0.282848	0.282913	564
BM090-07	468	0.031677	0.001422	0.282850	0.000030	2.8	12.6	577	642	-0.96	1.1	0.282837	0.282913	581
BM090-08	468	0.027195	0.001197	0.282876	0.000020	3.7	13.6	536	578	-0.96	0.7	0.282865	0.282913	539
BM090-09	468	0.027174	0.001206	0.282882	0.000019	3.9	13.8	528	564	-0.96	0.7	0.282872	0.282913	530
BM090-10	468	0.052337	0.002212	0.282858	0.000017	3.0	12.7	578	640	-0.93	0.6	0.282838	0.282913	579
BM090-11	468	0.043517	0.001844	0.282896	0.000022	4.4	14.1	517	546	-0.94	0.8	0.282879	0.282913	518
BM090-14	468	0.031235	0.001360	0.282881	0.000019	3.9	13.8	531	568	-0.96	0.7	0.282869	0.282913	533
BM090-15	468	0.021568	0.000947	0.282857	0.000020	3.0	13.0	559	615	-0.97	0.7	0.282849	0.282913	563
BM090-17	468	0.033437	0.001496	0.282912	0.000018	4.9	14.8	489	502	-0.95	0.6	0.282899	0.282913	490
BM090-18	468	0.027428	0.001243	0.282907	0.000022	4.8	14.7	492	507	-0.96	0.8	0.282896	0.282913	493
BM071-01	430	0.038398	0.001684	0.282893	0.000026	4.3	13.3	519	570	-0.95	0.9	0.282879	0.282941	521
BM071-03	430	0.041532	0.001839	0.282882	0.000026	3.9	12.8	537	598	-0.94	0.9	0.282867	0.282941	539
BM071-04	430	0.039259	0.001645	0.282930	0.000032	5.6	14.6	465	486	-0.95	1.1	0.282917	0.282941	466
BM071-05	430	0.049920	0.002099	0.282917	0.000029	5.1	14.0	489	522	-0.94	1.0	0.282901	0.282941	490
BM071-07	430	0.073788	0.002832	0.282864	0.000027	3.2	11.9	579	659	-0.91	1.0	0.282841	0.282941	578
BM071-08	430	0.036836	0.001632	0.282900	0.000019	4.5	13.5	509	554	-0.95	0.7	0.282886	0.282941	511
BM071-09	430	0.052335	0.002186	0.282891	0.000026	4.2	13.0	529	585	-0.93	0.9	0.282873	0.282941	530
BM071-10	430	0.044317	0.001961	0.282903	0.000020	4.6	13.5	509	554	-0.94	0.7	0.282887	0.282941	510
BM071-11	430	0.053868	0.002362	0.282909	0.000024	4.8	13.6	505	547	-0.93	0.9	0.282890	0.282941	506
BM071-12	430	0.030647	0.001359	0.282939	0.000023	5.9	15.0	449	460	-0.96	0.8	0.282928	0.282941	449
BM071-14	430	0.028573	0.001248	0.282901	0.000023	4.6	13.7	502	545	-0.96	0.8	0.282891	0.282941	504
BM071-15	430	0.037905	0.001732	0.282973	0.000039	7.1	16.1	403	387	-0.95	1.4	0.282959	0.282941	402
BM071-17	430	0.044989	0.001851	0.282894	0.000023	4.3	13.3	519	570	-0.94	0.8	0.282880	0.282941	521
BM071-19	430	0.026422	0.001185	0.282904	0.000027	4.7	13.8	496	535	-0.96	0.9	0.282895	0.282941	498
BM071-20	430	0.033373	0.001494	0.282810	0.000022	1.3	10.4	635	756	-0.95	0.8	0.282798	0.282941	641

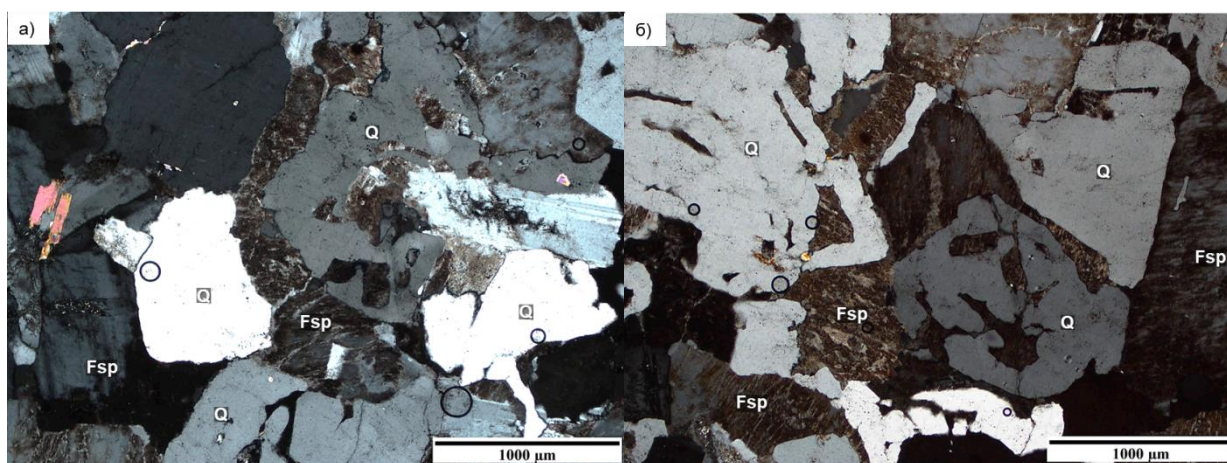
II.3.4. Девон-карбонь (D-C) интрузив бүрдлүүд

Төслийн судалгааны талбайд зураглагдсан түрүү-дунд девоны Халзан ($\gamma\text{D}_{1-2\text{h}}$ BM1954, BM1954a), хожуу девоны Шивээнгол ($\gamma\text{D}_{23\text{s}}$ BM1978, BM1979, BM1980, BM1981), түрүү карбонь Хархираа ($\gamma\text{C}_{1\text{h}}$ BM1969, BM1970, BM1971), дунд карбонь ангилагдаагүй (ξC_{2} BM1967, BM1968, BM1969) бүрдлийн чулуулаг багахан хэмжээнд тархсан байдаг. Эдгээр насны чулуулгийг төлөөлөх цөөн дээж авсан бөгөөд тэдгээрийн петрографи, петрохимийн судалгааг нэгтгэн энэ дэд бүлэгт бичиглэлээ. Хархираа бүрдэл нь гурван фазтай, I фаз нь биотит-амфиболт, амфибол-биотитот гранодиорит, II фаз нь том ширхэгтэй, биотит, биотит-амфиболт гранит, III фаз нь жижиг-дунд ширхэгтэй, шүлтлэгдүү лейкократ гранитаас тогтоно. Фазууд нь өөр хоорондоо интрузив хил заагтай. II фазын гранодиорит, гранит нь мезоабиссаль төрхтэй ба найрлага, тогтоцын хувьд тогтвортой. Хархираа бүрдлийн зарим хэсэгт, гранит, шохойн чулууны гадаад хил заагийн дагуу магнетитын скарн үүсдэг. Хархираа бүрдлийн III фазын лейкогранит нь гипабиссаль төрхтэй, агуулагч чулуулаг нь нилээд хэмжээгээр КХЖ-жих хувиралд автсан, интрузив биетийн гадаад

хил зааг орчимд олон тооны шток, апофиз, дэл судлууд ажиглагдана. Мөн лейкократ гранит нь дотроо гранит-порфирын дэл судлуудтай.

Петрографу

Девоны Шивээngoл бүрдлийн дунд мөхлөгт, порфир маягийн гранит VM1981. Гранитыг бүрдүүлэгч гол эрдсүүд нь ортоклаз 45-55%, кварц 25-35%, плагиоклаз 5-10%, биотит 2%, хоёрдогчоор серицит, шаврын эрдсүүд, акцессороор хүдрийн эрдсүүд, циркон тохиолдоно. Плагиоклаз урт сунасан призмлэг харьцангуй идиоморф хэлбэртэй, полисинтет ихэрлэлттэй, төв хэсгээрээ бага зэргийн серицит болон шаврын эрдсээр түрэгдсэн, деформацид бага зэрэг автсаны улмаас хагаралд бага зэрэг өртөж, призмлэг хэлбэр нь сулхан тахийсан байна (II.52-р зураг).

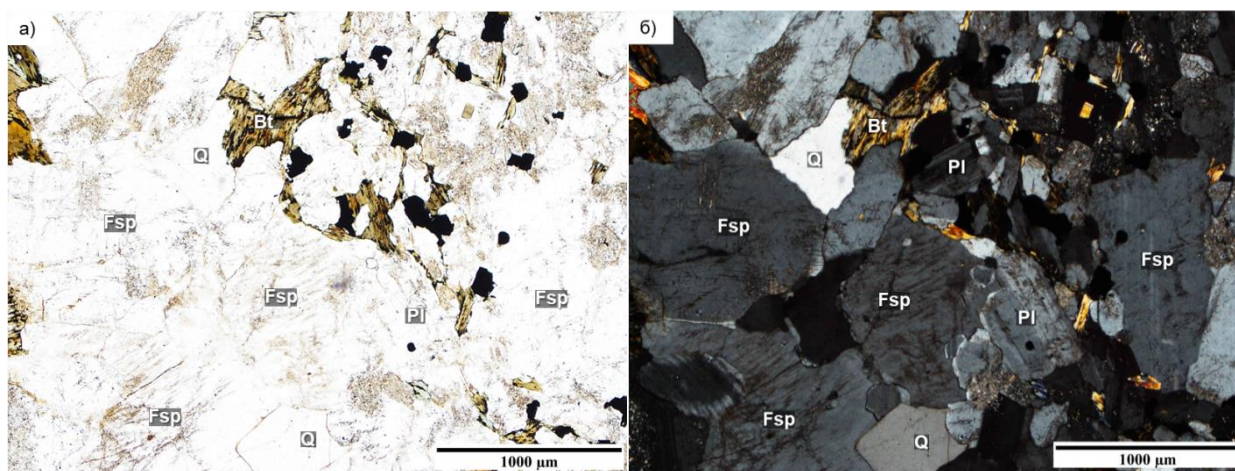


II.52-р зураг. Дээж VM1981. Гранитын микрофото. а, б) хоёр генерацийн калийн хээрийн жоншны талстууд ажиглагдана. Магмаас тасжсан нь харьцангуй призмлэг хэлбэртэй шулуун хил заагтай байхад деформацийн нөлөөгөөр ялгарсан 2-р генерацийн калийн хээрийн жонш нь ксеноморф хэлбэртэйгээр тохиолдоно.

Сүүлд үүссэн кварц, калийн хээрийн жоншоор түрэгдэн хил зааг нь жигд бус нэвтрэлтийн, түрэлтийн хэв шинжтэй болсон. Ортоклазууд нь шаврын эрдсээр түрэгдэн барзгар гадаргуу хүчтэй хөгжсөн, сул саарал интерференцийн өнгөтэй, энгийн альбит ихэрлэлттэй, пертит ургалттай болсон ба сүүл шатны үлдэгдэл уусмалаас талсжсан кварц альбитын жижиг талтсуудаар хөвөөлөгдсөн ажиглагдана. Ерөнхийдөө хавтгай гипидиоморф хэлбэр зонхилж 0.5-2 мм хэмжээтэй байх боловч ховроор призмлэг сунасан талст байдлаар тохиолдоно. Кварц нь ксеноморф хэлбэртэй, эрдсүүдийн хоорондох зайг дүүргэж тогтсон ксеноморф хэлбэртэй болсон ба 2-р генерацийн калийн хээрийн жонш ан цаваар орж дүүргэж талсжсан ажиглагдана. Биотит нь чулуулагт маш бага агуулагдана. Мөн

сул бор ногооноос тод бор өнгийн плеохроизмтой, дунд зэргийн рельеф, нэг чиглэлийн хуваагдал, хавтгай хайрслал хэлбэрээр тод ялгагдана. Хувиралд өртөөгүй, дотроо акцессор болон хүдрийн эрдсүүд агуулсан (II.52-р зураг).

Девоны Шивээнгол бүрдлийн дунд мөхлөгт, порфир маягийн гранит ВМ1978. Гранитад кварц 25-35%, ортоклаз 35-45%, плагиоклаз 15-20%, хувирсан биотит 5%, хоёрдогч эрдсүүдээр хлорит, серицит, акцессор эрдсүүдээс циркон, апатит хүдрийн эрдэс агуулагдана. Порфир маягийн структуртай гранитын гол бүрдүүлэгч эрдсээр кварц, калийн хээрийн жонш, плагиоклаз, биотит акцессор эрдсээр циркон, апатит, хүдрийн эрдэс, хоёрдогчоор хлорит, серицит бүрдүүлнэ (II.53-р зураг).



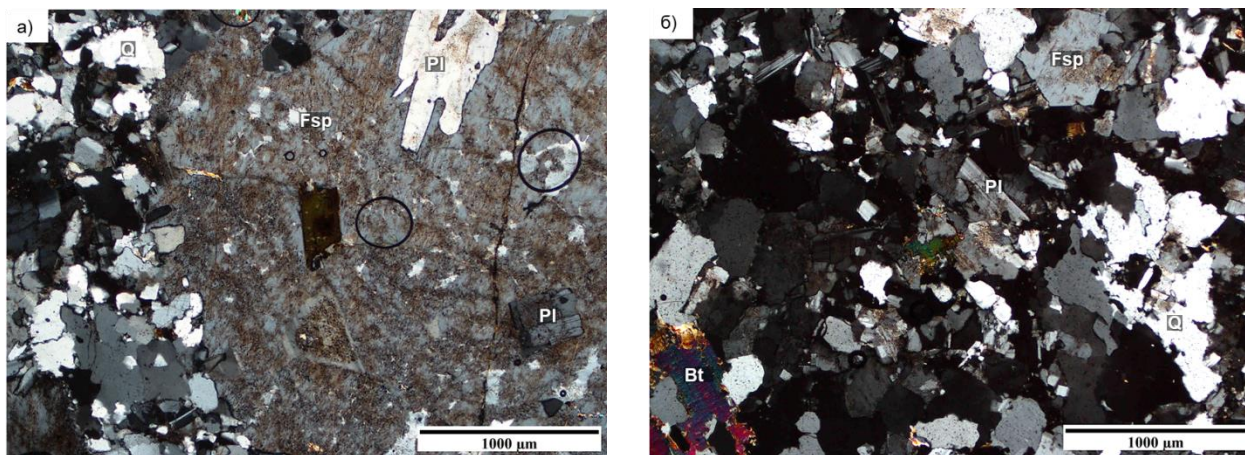
II.53-р зураг. Шивээнгол бүрдлийн гранитын микрофото (ВМ1978). а) Хээрийн жоншнууд нь барзгар гадаргуутай, кварц нь тунгалаг гадаргуугаар ялгагдана. б) плагиоклаз болон хээрийн жоншны талсжилтын ялгарлаар үүссэн илүүдэл кварц нь хөвөөлж үүссэн ба биотит нь хлоритоор бага зэрэг түрэгдсэн ажиглагдана.

Чулуулаг нь деформаци, хагарал ан цавд харьцангуй бага автсан ба плагиоклаз, биотит гэсэн эрдсүүд илүү хувиралд өртжээ. Фенокрист үүсгэгч кварцууд изометрлэг идиоморф хэлбэртэй, 1-2 мм хэмжээтэй, ерөнхийдөө шулуун хил заатай боловч өмнө үүссэн талст хэлбэрээ сайн олсон плагиоклазыг түрж уусгасан мэт харин үндсэн хэсгийн сүүлд талсжсан кварцаар түрэгдэн нэвтэрсэн мэт хил заагтай ажиглагдана. Плагиоклаз нь харьцангуй призмлэг хэлбэртэй, полисинтет ихэрлэлттэй, зарим талстууд бүслүүрлэг унтралттай, серицитэд дунд зэрэг түрэгдсэн бусад эрдсээр түрэгдсэн жигд бус хил заагтай болсон байна. Магмаас эрт талсжсан плагиоклазууд үлдэгдэл магматайгаа дахин хайлалтанд орж уусч, идэгдэн хэлбэр дүрсээ алдан ортоклазын дотор агуулагдаж үлджээ. Ортоклаз нь харьцангуй ксеноморф хавтгай хэлбэртэй, альбитаар түрэгдэн пертит ургалттай болсон ба

плагиоклазтай хиллэх заагаар уусгалтын мэт долгиолог байхад, кварцтай болон калийн хээрийн жонштой хиллэх заагаар хоёрдогч гаралтай альбит болон кварцын микро талстууд ургасан жигд бус хил заагтай байна. Цөөн тооны торон ихэрлэлттэй, ксеноморф хэлбэртэй микролин пойкилит ургалттай тааралдана. Биотит нь хлоритод хувирсны улмаас жигд бус өнгөтэй болсон ба хүдрийн эрдэс ялгарсан, нэг чиглэлийн хуваагдлын зураас нь бага зэрэг тахийж, хил зааг нь сэмэрсэн мэт болсон байна. Дотроо хүдрийн болон циркон агуулсан байна. Үндсэн хэсэг чулуулгийн 10-15%-ийг бүрдүүлэх ба плагиоклаз, кварц, ортоклаз, биотитоос тогтоно. Плагиоклаз нь жижиг хэмжээтэй, барзгар гадаргуутай, биотитын талстууд нь жижиг призмлэг ялтасууд харагдана.

Карбоны Хархираа бүрдлийн порфир структуртай шүлтлэг гранит ВМ1970. Гранит нь порфир структуртай, жижиг мөхлөгтэй. Гол бүрдүүлэгч эрдсүүд нь кварц 50-55%, ортоклаз 35-45%, плагиоклаз, биотит (ховроор), хоёрдогч эрдсүүд нь мусковит, альбит, шаврын эрдсүүд, акцессороор гранат, хүдрийн эрдэс агуулагдаж байна (II.54-р зураг). Шүлтлэг гранитын фенокрისტээр (10-15%) ортоклаз, кварц бүрдүүлэх бол үндсэн хэсгийг (80-90%) кварц, калийн хээрийн жонш, плагиоклаз, биотит акцессороор гранат хүдрийн эрдсүүд бүрдүүлнэ. Хоёрдогч эрдсээр альбит, шаврын эрдсүүд, мусковит тохиолдоно. Фенокрист ортоклаз нь идиоморф хэлбэртэй, 1-3 мм хэмжээтэй, пертит ургалттай, карлсбад ихэрлэлттэй ба биотит, призмлэг хэлбэртэй плагиоклаз, кварцын жижиг талстууд агуулсан пойкилит ургалт үүссэн. Үндсэн хэсгийн эрдсүүдээр түрэгдэн харьцангуй жигд бус нэвтэрсэн хил зааг хүчтэй хөгжсөн байна. Хагарал ан цавын пойкилит ургалттай альбитын жижиг талстууд түрж ургасан зүй тогтолтой байна. Кварцын фенокрист идиоморф хэлбэртэй, 1-2 мм хэмжээтэй, деформацийн нөлөөгөөр долгиолог унтралттай болсон байна. Үндсэн хэсгийн эрдсүүдээр түрэгдэн жигд бус хил заагтай болжээ. Үндсэн хэсгийг кварц 45-50%, плагиоклаз 20-25%, калийн хээрийн жонш 25-30%, ховроор биотит бүрдүүлнэ. Үндсэн хэсгийн кварц харьцангуй гипидиоморф хэлбэртэй, 0.3-1 мм хэмжээтэй байхад плагиоклаз нь призмлэг гипидиоморф хэлбэртэй шаврын хувиралд харилцан адилгүй сул өртсөн, жигд бус нэвтэрсэн хил заагтай болсон байна. Цайвар шаргалаас бор ногоондуу плеохроизмтой, нэг чиглэлийн хуваагдалтай, хавтгай хайрлаг гипидиоморф хэлбэртэй талтсууд циркон хагас задралын түлэгдэлтийн хүрээтэй болсон ба харьцангуй шулуун хил заагтай оршино. Түүнчлэн дотроо хүдрийн эрдсүүдийг агуулсан ба бага зэргийн

хувиралд өртсөн ажиглагдана. Калийн хээрийн жоншнууд нь плагиоклазтай мөн адил жигд бус байдлаар шаврын эрдсүүдэд хувирсан, гэвч идиоморфизмын зэргээр бага, хавтгай ксеноморф хэлбэр зонхилсон. Гранатууд нь үндсэн хэсгийн эрдсүүдийн хоорондох зайд ургаж тогтон ксеноморф хэлбэртэй 1 мм хүртэл хэмжээтэй, чулуулагт акцессор эрдсээр тохиолдоно.



II.54-р зураг. Хархираа бүрдлийн гранит (BM1970). а) Порфир структуртай гранитын хос никольтэй микрофото зурагт калийн хээрийн жоншны фенокристал плагиоклазын талстуудыг пойкилит ургалт байдлаар агуулсан байна. б) гранитын үндсэн хэсэг хээрийн жонш, кварц, биотитын талстуудаас бүрдэнэ.

Петрохими

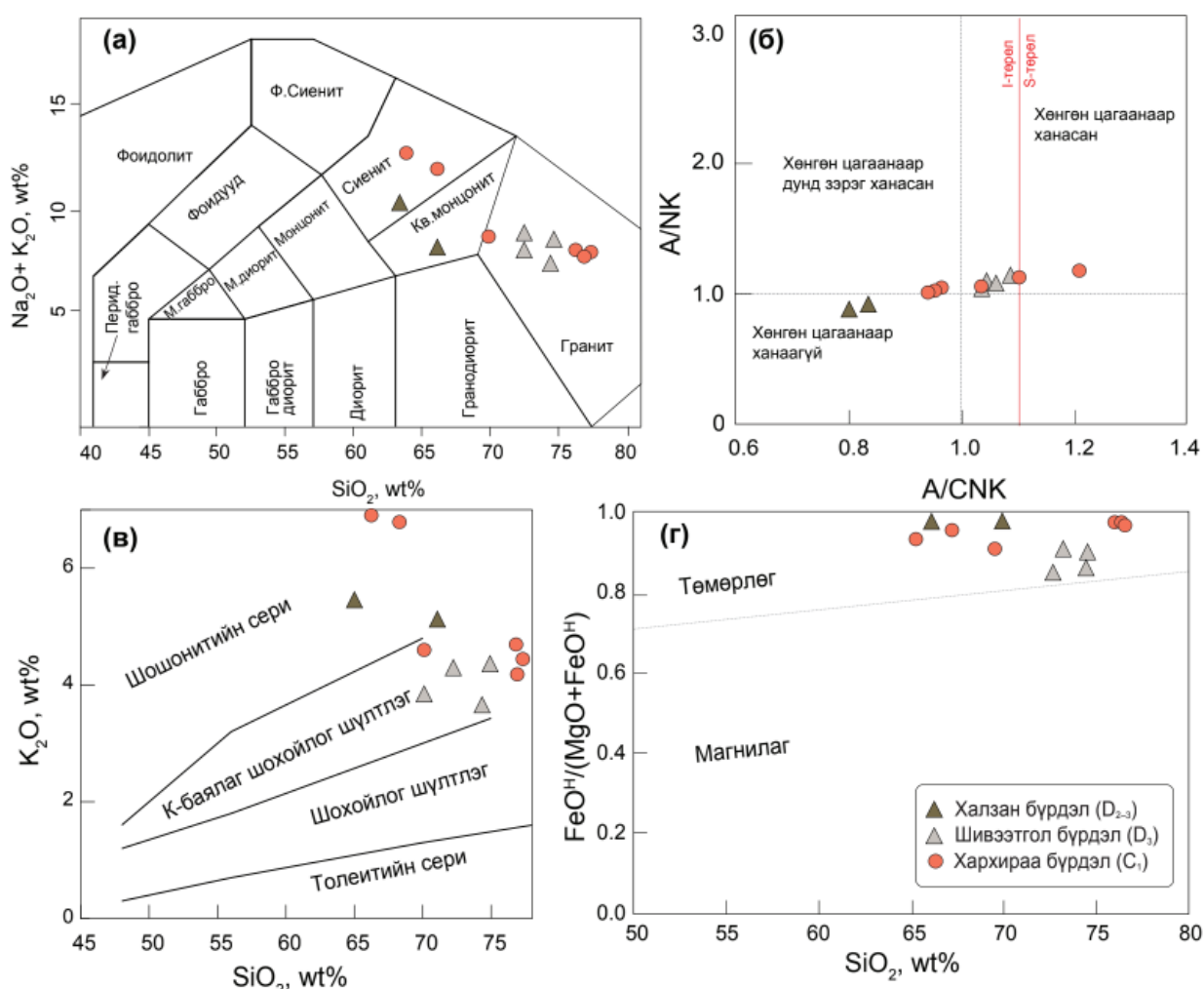
Төслийн судалгааны талбайд тархсан девон, карбоны настай гранитоид чулуулгийн гол, сарнимал, газрын ховор элементийн шинжилгээний үр дүнг **II.16-р хүснэгтэнд** үзүүлэв.

II.16-р зураг. Девоны болон карбоны настай гранитоид чулуулгийн геохимийн шинжилгээний үр дүн

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Дээжийн дугаар	BM1954	BM1954a	BM1978	BM1979	BM1980	BM1981	BM1969	BM1970	BM1971	
2	Чулуулгийн төрөл	хүчиллэг дайк	гранит	гранит	гранит	гранит	гранит	грано-сиенит	грано-сиенит-гранит	гранит	
3	1:500000 зураг дээрх нас	Халзан D ₁₋₂	Халзан D ₁₋₂	Шивээт гол D ₃	Шивээт гол D ₃	Шивээт гол D ₃	Шивээт гол D ₃	Хархираа C ₁	Хархираа C ₁	Хархираа C ₁	
4	Гол элемент, жин %										
5	SiO ₂	65,77	70,04	75,04	73,77	73,11	75,19	77,15	77,36	77,53	
6	TiO ₂	0,49	0,49	0,19	0,22	0,24	0,18	0,08	0,07	0,06	
7	Al ₂ O ₃	14,16	12,31	13,03	13,2	13,42	12,74	12,02	11,89	12,29	
8	FeO										
9	Fe ₂ O ₃	6,29	6,84	2,06	2,38	2,19	1,88	1,69	1,33	1,43	
10	Mn ₃ O ₄	0,13	0,12	0,03	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,04	
11	MgO	0,06	0,07	0,45	0,33	0,52	0,3	0,07	0,06	0,06	
12	CaO	1,01	0,84	0,9	0,66	1,06	0,74	0,35	0,36	0,2	
13	Na ₂ O	5,71	4,41	4,21	4,4	4,21	4,04	3,71	3,93	3,93	
14	K ₂ O	5,22	4,98	3,64	4,22	3,92	4,22	4,57	4,21	4,41	
15	P ₂ O ₅	0,05	0,04	0,04	0,05	0,07	0,04	<0,01	0,03	0,03	
16	LOI	1,23	0,28	0,23	0,35	0,5	0,15	0,13	0,16	0,16	
17	Нийлбэр	100,14	100,45	99,87	99,7	99,33	99,55	99,8	99,42	100,14	
18	Сарнимал элемент, ppm										
19	Ni	-	-	27	-	-	23	-	429	37	
20	Cr	-	-	<10	-	-	<10	-	<10	<10	
21	Cu	-	-	<10	-	-	<10	-	<10	<10	
22	Mn	-	-	249	-	-	313	-	278	330	
23	Ba	-	-	580	-	-	559	-	48	<10	
24	Li	-	-	15	-	-	18	-	109	131	
25	Be	-	-	<5	-	-	<5	-	7	9	
26	Sc	-	-	<5	-	-	<5	-	<5	<5	
27	Sr	-	-	209	-	-	122	-	34	<10	
28	V	-	-	17	-	-	11	-	<5	<5	
29	Zn	-	-	16	-	-	8	-	88	32	
30	Co	-	-	1,8	-	-	0,7	-	3,5	<0,5	
31	Ga	-	-	15	-	-	16	-	23	25	
32	Ge	-	-	1	-	-	2	-	2	3	
33	As	-	-	<5	-	-	<5	-	8	<5	
34	Rb	-	-	88,4	-	-	154	-	348	469	
35	Y	-	-	9,9	-	-	15,6	-	65,6	34,1	
36	Zr	-	-	90,6	-	-	165	-	136	133	
37	Nb	-	-	4	-	-	6	-	34	40	
38	Mo	-	-	<2	-	-	<2	-	<2	<2	
39	Cd	-	-	<0,2	-	-	<0,2	-	<0,2	<0,2	
40	In	-	-	<0,2	-	-	<0,2	-	<0,2	<0,2	
41	Sn	-	-	<1	-	-	<1	-	7	7	
42	Sb	-	-	<0,1	-	-	0,2	-	1,3	1,3	
43	Cs	-	-	0,9	-	-	3,9	-	19,7	35,8	
44	ГХЭ, ppm										
45	La	-	-	15,4	-	-	20,1	-	16,9	9,5	
46	Ce	-	-	24,5	-	-	41,3	-	41,5	32,2	
47	Pr	-	-	3,08	-	-	4,77	-	5,39	3,01	
48	Nd	-	-	10,5	-	-	16	-	18,5	10,2	
49	Sm	-	-	2	-	-	3,2	-	5,2	2,7	
50	Eu	-	-	0,51	-	-	0,55	-	0,09	<0,05	
51	Gd	-	-	1,62	-	-	2,52	-	6,02	2,97	
52	Tb	-	-	0,27	-	-	0,41	-	1,37	0,72	
53	Dy	-	-	1,69	-	-	2,84	-	11,1	6,24	
54	Ho	-	-	0,39	-	-	0,58	-	2,77	1,53	
55	Er	-	-	1,12	-	-	1,81	-	9,14	5,29	
56	Tm	-	-	0,2	-	-	0,3	-	1,49	0,98	
57	Yb	-	-	1,3	-	-	1,9	-	10,3	7	
58	Lu	-	-	0,2	-	-	0,28	-	1,47	0,98	
59	Hf	-	-	3	-	-	4	-	6	6	
60	Ta	-	-	<0,5	-	-	0,5	-	3,9	5,2	
61	W	-	-	8	-	-	7	-	12	11	
62	Tl	-	-	<0,5	-	-	<0,5	-	1,4	1,4	
63	Pb	-	-	18	-	-	17	-	37	35	
64	Bi	-	-	<0,1	-	-	0,2	-	0,2	0,1	
65	Th	-	-	9,8	-	-	14,8	-	32,7	39,4	
66	U	-	-	1,02	-	-	2,7	-	11,1	6,91	

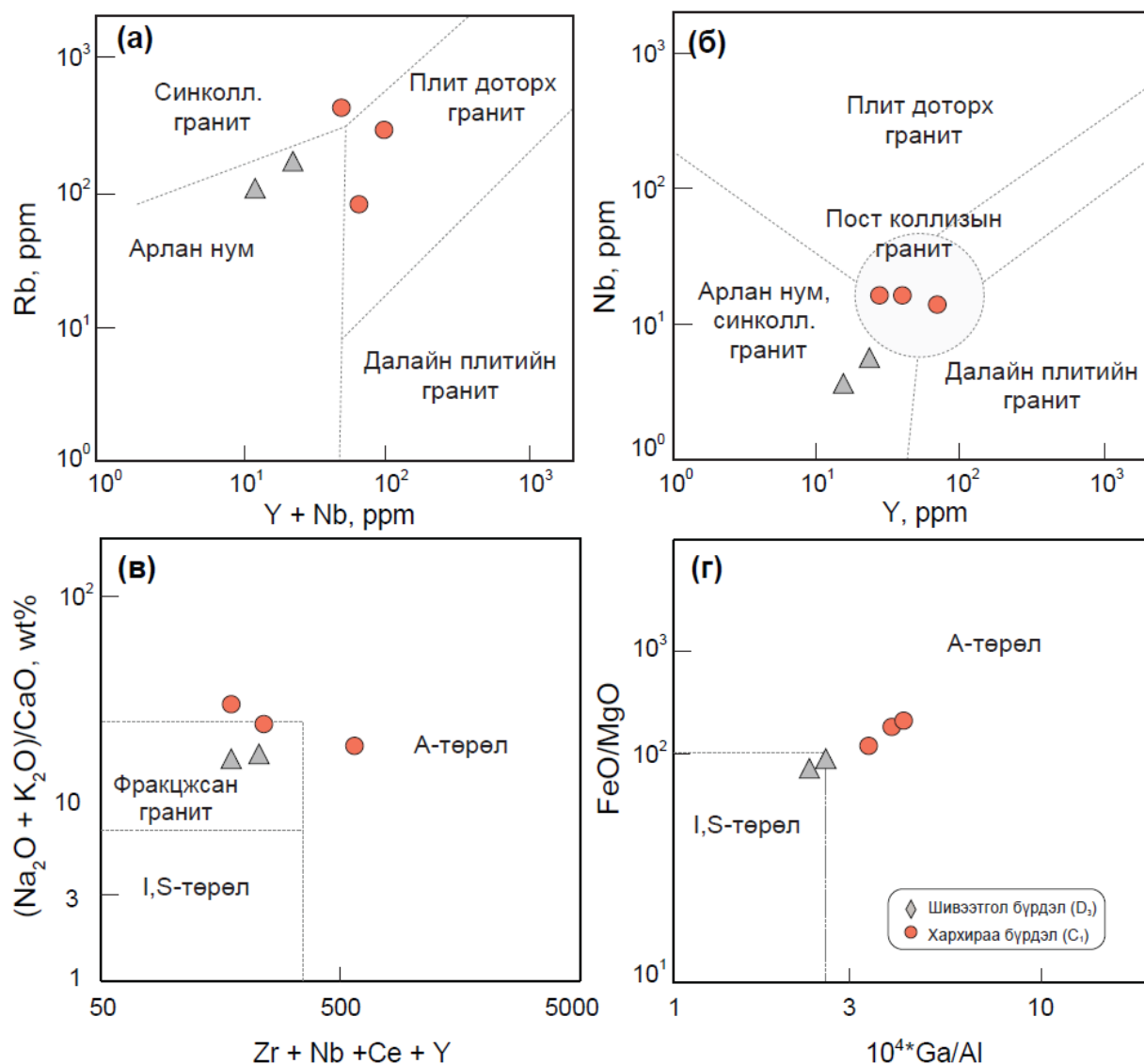
Энэ насанд ангилагдсан гранитоид чулуулгийн нийлбэр шүлт-цахиурын ислийн диаграммаас харахад Халзан бүрдлийн чулуулаг сиенит, кварцтай монцонит, Шивээнгол болон Хархираа бүрдлийн чулуулаг нь гранитын талбайд хамаарч байна (II.55а-р зураг).

Халзан бүрдлийн чулуулаг нь хөнгөн цагаанаар ханаагүй (II.55б-р зураг), өндөр калитай (II.55в-р зураг), $FeO^H/(FeO^H+MgO)$ vs SiO_2 диаграмд $SiO_2 > 70$, $\#Fe < 0.6$, төмөрлөг (ferroan) төрөлд хамаарч байгаа нь Кордильерийн батолитын төрөлтэй тохирох буюу шүлтлэг чулуулаг болохыг харуулж байна (II.55г-р зураг). Хондритод харьцуулсан ГХЭ-ийн диаграмд ГХЭ-ээр баяжсан, Eu сөрөг гажилтай байгаа нь плагиоклазын фракцжилтийг илэрхийлнэ (II.17-р хүснэгт, II.57а-р зураг).



II.55-р зураг. Девон болон карбоны настай гранитоид чулуулгийн гол элементүүдийн агуулгаар байгуулсан диаграмууд. а). Нийлбэр шүлт-цахиурын ислийн ангиллын TAS диаграм (Irvine and Barager, 1971); б). A/CNK vs A/NK харьцааны диаграмм (Middlemost, 1985); в). SiO_2 vs K_2O диаграм (Le Maître et al., 1989); г). $FeO^H/(FeO^H+MgO)$ vs SiO_2 диаграм (Frost et al., 2001).

Шивээнгол, Хархираа бүрдлийн чулуулаг хөнгөн цагаанаар дунд зэрэг ханасан (II.55б-р зураг), I-төрлийн, төмөрлөг шинжтэй байгаа нь Кордильерийн батолитын төрөлтэй тохирох буюу шүлтлэг чулуулаг болохыг харуулж байна (II.55г-р зураг). Сарнимал элементийн үр дүнгээр боловсруулсан тектоник ангиллын диаграмд Шивээнгол бүрдлийн чулуулаг арлан нумын, фракцжсан I-төрлийн гранитын талбайд бууж байгаа бол, Хархираа бүрдлийн чулуулаг нь коллизын дараах, плит доторх, А-төрлийн гранитын талбайд бууж байна (II.56-р зураг).



II.56-р зураг. Девон, карбоны бүрдлүүдийн чулуулгийн сарнимал элементүүдийн агуулгаар байгуулсан диаграмууд. Тектоник ангиллын диаграм а). Y+Nb vs Rb; б). Y vs Nb, гранитын төрөл ялгах в). Zr+Nb+Ce+Y vs $(\text{Na}_2\text{O}_3+\text{K}_2\text{O})/\text{CaO}$; г). 10^4 Ga/Al vs FeO/MgO диаграм.

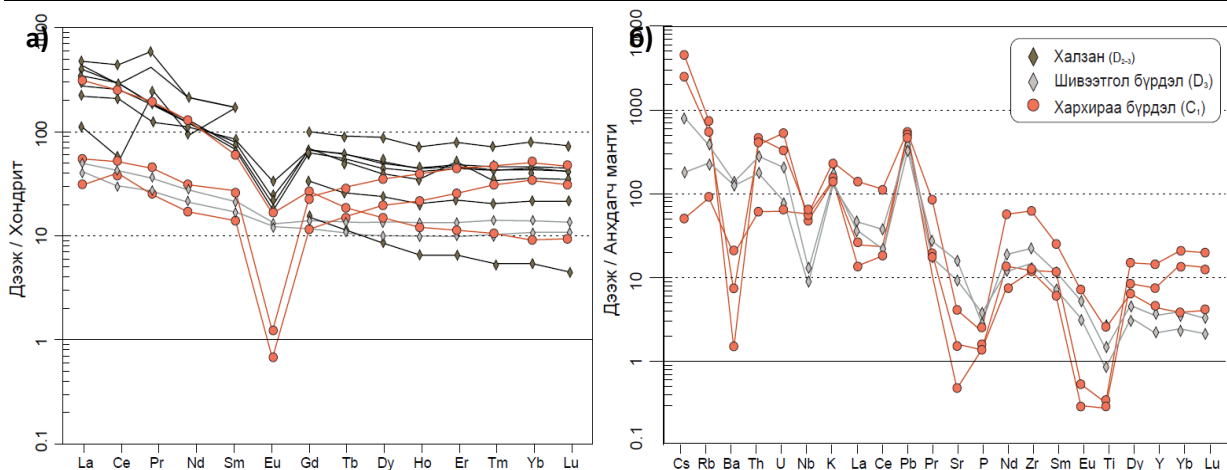
Анхдагч мантитай харьцуулсан спайдер диаграмд Шивээнгол бүрдлийн чулуулаг нь сарнимал элементийн харьцангуй өндөр агуулгатай бөгөөд, Nb, P, Ti бага зэрэг

бууралттай, Pb ялимгүй өндөр агуулгатай байна (II.57б-р зураг). ГХЭ-ээр байгуулсан диаграммаас харахад хондриттой харьцуулахад өндөр агуулгатай бөгөөд хүнд ГХЭ-ийг бодвол хөнгөн ГХЭ-ээр бага зэрэг баяжсан дүрс үзүүлж байна (II.57-р зураг).

Хархираа бүрдлийн чулуулаг нь спайдер диаграммаас харахад сарнимал элементийн харьцангуй өндөр агуулгатай бөгөөд, Ba, Sr, Eu, Ti ядуурсан, Cs, Rb, U, Nb, Pb өндөр агуулгатай байна (II.57б-р зураг). ГХЭ-ээр байгуулсан диаграммаас харахад хондриттой харьцуулахад өндөр агуулгатай ч Eu сөрөг аномаль үзүүлж байгаа нь плагиоклазын фракцжилт явагдсаныг илтгэж байна (II.57а-р зураг).

II.17-р хүснэгт. Халзан бүрдлийн чулуулгийн ГХЭ-ийн агуулга (Оюунбат, 2021)

(ppm)	UD323	UD501	UD729	UD2056	UD2095/3	UD2067/2	UD2085/4
1	2	3	4	5	6	7	8
1 La	540	591	127	494	329	414	253
2 Ce	346	533	60	346	299	348	239
3 Pr	547	789	316	190	189	190	138
4 Nd	251	246	107	126	127	135	123
5 Sm	196	196	196	74	87	80	93
6 Eu				17	22	19	35
7 Gd	34	110	15	65	69	73	70
8 Tb	26	100	11	58	65	55	64
9 Dy	24	97	8	46	52	41	55
10 Ho	20	78	6	43	47	36	46
11 Er	22	87	6	47	51	54	49
12 Tm	20	78	5	44	48	35	45
13 Yb	21	87	5	46	48	37	45
14 Lu	21	80	4	43	46	36	43



II.57-р зураг. а). Хондритд нормчилсон (Boynnton, 1984) ГХЭ-ийн диаграм. б). Сарнимал элементийн утгуудыг анхдагч мантид (McDonough and Sun, 1995) нормчилсон спайдер диаграм.

Геохронологи

Халзан бүрдлийн чулуулгийн Rb–Sr изохроны нас 395 сая жил (Kempe et al., 1996; Kovalenko et al., 1992, 1995, 2004a), амфиболд K–Ar (Kovalenko et al., 1989; Kempe

et al., 1996) болон пироксенд Ar-Ar аргаар (Kovalenko et al., 2004a) тодорхойлсон нас 400-420 сая жил гэж тогтоогдсон нь Халзан бүрдлийн шүлтлэг магматизм анорогены, тэлэлтийн нөхцөлд үүссэн девоны туршид идэвхтэй байсан магмын бүрдэл юм (Kempe et al., 2015). Халзанбүрэгтэй массивын насыг U-Pb аргаар 2-р фазын шүлтлэг гранитад 393 ± 2.3 сүүлийн фазын сиенитэд 390.8 ± 1.2 , хүдэрт 395 ± 1.3 сая жил хэмээн тодорхойлжээ (Kovalenko et al., 2004)

Хархираа бүрдлийн чулуулгийн насны үндэслэлийг Нуурын бүсийн хүрээнд карбоны системийн доод серийн настай Хүрэнгол формацын тунамал хурдсыг зүсэж гарснаар нь Г.Ганцогт (2004Ф) нар насны доод хязгаарыг тодорхойлжээ. Үнэмлэхүй нас Rb-Sr аргаар 342 сая жил (Ганцогт, 2004Ф), K-Ar-ны аргаар 347 сая жил (Матрасов, 1963), 363-388 сая жил (Гаврилова и др., 1975) гэж тогтоож, хожуу девон-түрүү карбонд хамааруулжээ.

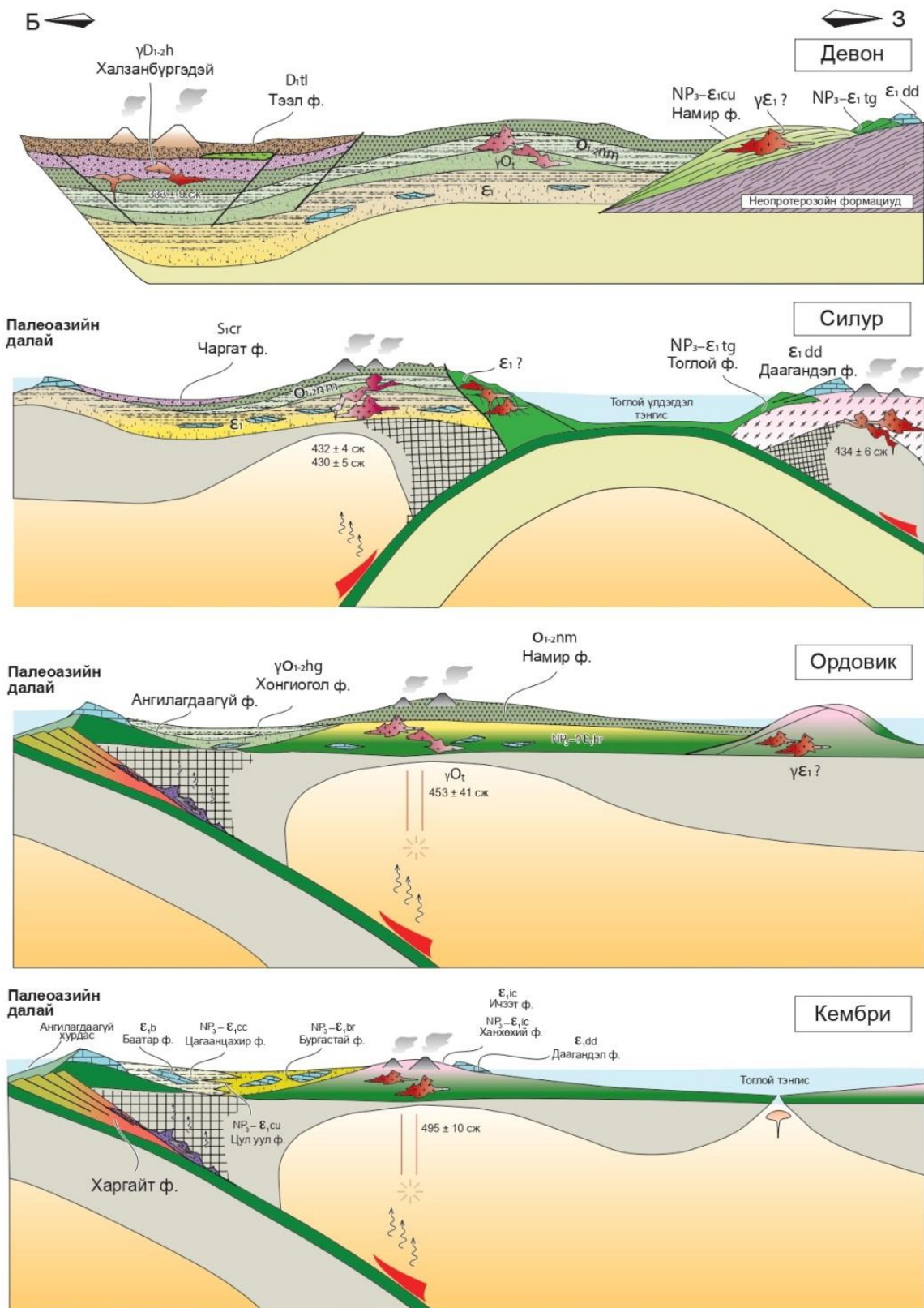
1:500 000 геологийн зурагт K-Ar аргаар Дүүрэн нуурын массивын гранитад $393+9$ сая жил, Өмнөговийн массивын лейкогранитад 337 ± 16 , 357 ± 20 сая жил (Демин, 1990; 4413ф), U-Pb аргаар Халзанбүрэгтэй массивын лейкогранитад 307 сая жил (Товуудорж, 2008; 5863ф), 400 сая жил (Товуудорж, 2010; 6327ф), шүлтлэгдүү гранитад 356 ± 4.7 сая жил (Mustafa et al., 2007) наснууд тэмдэглэгдсэн байдаг.

БҮЛЭГ III. НУУРЫН БҮСИЙН ГЕОДИНАМИК ХӨГЖИЛ, АШИГТ МАЛТМАЛ

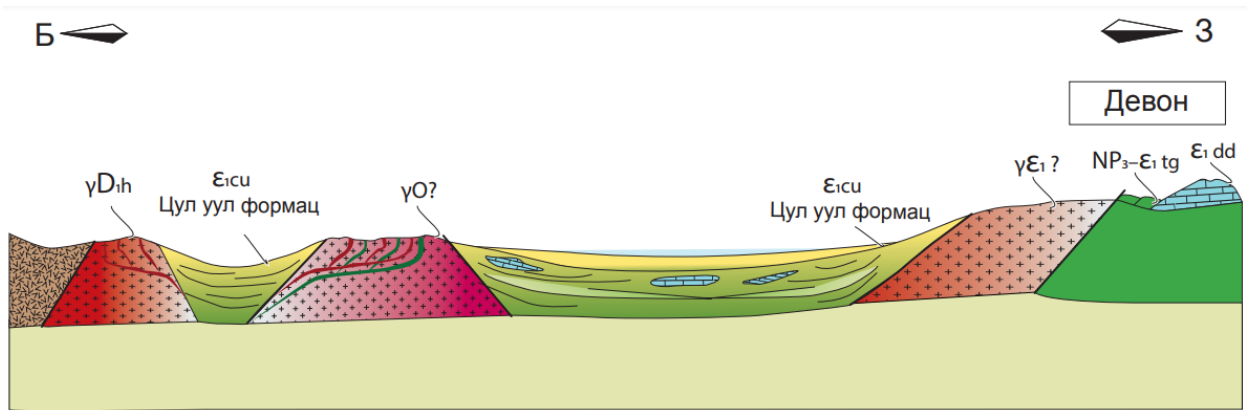
III.1. Нуурын бүсийн геодинамик хөгжил, палеосубдукцийн бүсийн загвар

Төслийн судалгааны хүрээнд Их Нууруудын хотгорт хамаарах Нуурын бүсэд тархсан габброид ба гранитоид биетүүд, тунамал хурдас дахь вулканик биетүүдийн геологи, петрографи, петрохими, геохими, U-Pb үнэмлэхүй нас, төлөөлөх дээжийн цирконы Lu-Hf изотопын судалгаа хийсэн үр дүнд тулгуурлан тухайн дүүргийн палеозойн цаг үеийн геодинамик хөгжлийн загварыг 2 зүсэлтийн хэмжээнд зохиов (III.1-р зураг; III.2-р зураг).

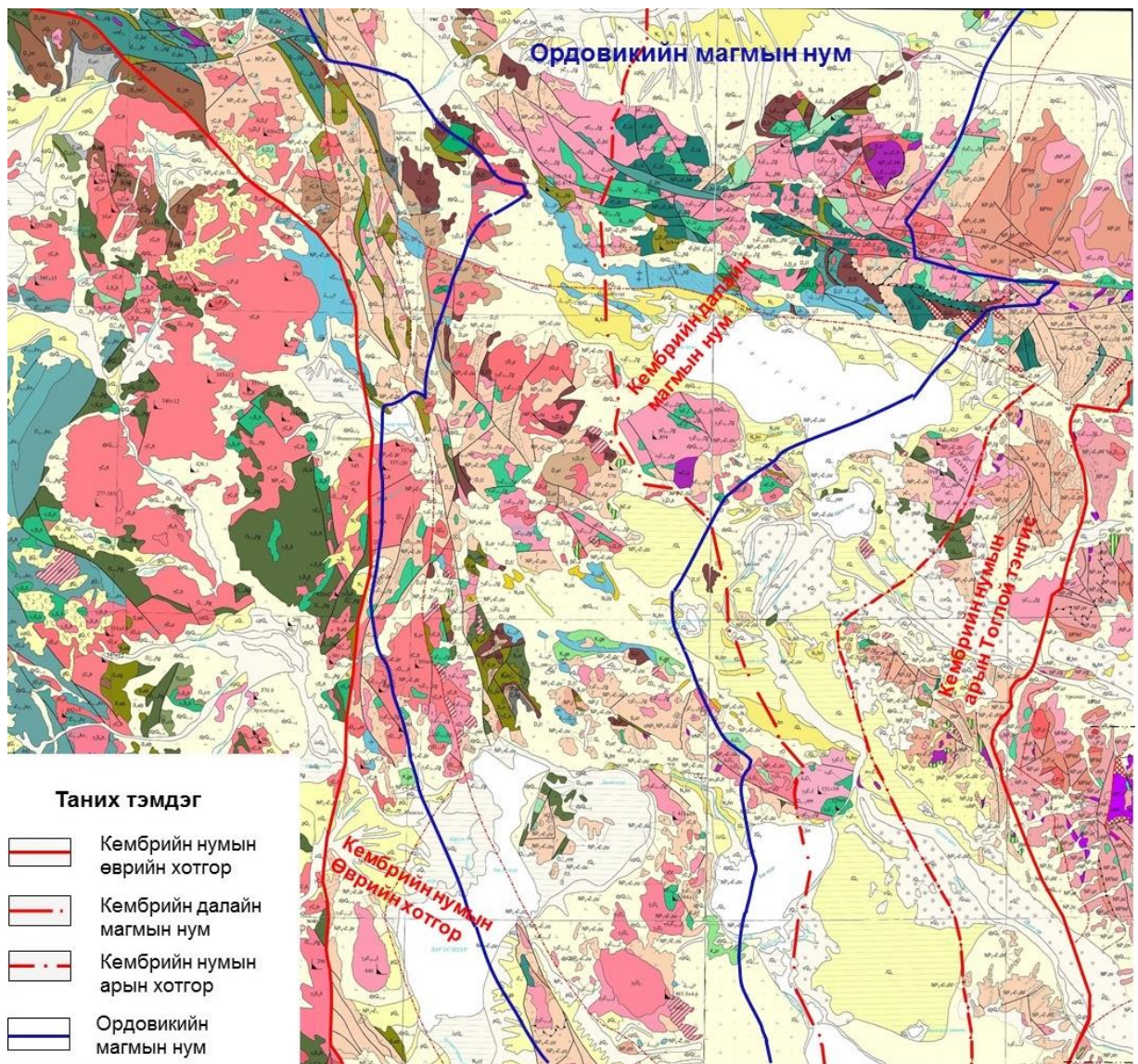
Судалгааны талбайд тархсан интрузив болон эффүзив чулуулгийн тархалт түүний шинжүүдээр нь академич О.Төмөртоогоогийн редакторлосон 1:500 000 масштабын геологийн зургийн бүсүүдтэй харьцуулж ангилбал үндсэн 5 бүс ялгагдаж байна (III.3-р зураг). 1-рт габбро, диорит, плагиогранитын жижиг биетүүд, Тоглой Даагандэл формацуудаар илэрхийлэгдэх Дааган дэлийн бүстэй хил ойролцоогоор тохирох кембрийн нумын арын Тоглой тэнгисийн бүс, 2-рт Шар толгой, Хар нуурын массивыг хамарсан Ичээт, Ханхөхий формацуудаар илэрхийлэгдсэн кембрийн арлан нумын магмын нум, 3-рт түүний өврийн хотгор болох Цулуул, Бургастай, Цагаанцахир, Баатар формацуудаар илэрхийлэгдсэн нумын өврийн бүс, 4-рт энэ кембрийн нумын өврийн бүс дээр давхцан явагдсан Хар нуурын, Сээрийн нурууны, Завхан сумын хойд хэсгээр тархсан жижиг гранитууд, Тогтохын шил нурууны гранитууд болон Намир формацын вулканоген-тунамал хурдсаар илэрхийлэгдсэн ордовикийн үеийн магмын нум, 5-рт мөн кембрийн өврийн хотгорын хурдас болон ордовикийн магмын нум дээр давхцан явагдсан девон-карбоны эх газрын нумын арын хотгорын Халзан (D₁₋₂), Шивээн гол (D₃) Хархираа (C₁) бүрдлийн шүлтлэг гранитууд болон Тээл формацаар илэрхийлэгдсэн давхацмал структур (энэ давхацмал бүсийг зурагт үзүүлээгүй).



III.1-р зураг. Төслийн талбайн палеогеодинамикийн загвар, зүсэлт 1



III.2-р зураг. Төслийн талбайн палеогеодинамикийн загвар, зүсэлт 2



III.3-р зураг. Төслийн талбайд ялгаж болох доод палеозойн геодинамикийн орчны план зураг

I бүс: Тоглой формац нь базальт бөмбөлөгөн лава, диабаз, туффожен цахиурлаг чулуулгаар илэрхийлэгдсэн байх ба сүүлийн үеийн судалгаагаар Руднев нарын (Rudnev et al., 2022) габбро, диорит, ихэвчлэн плагиогранитын жижиг биетүүд дээр хийсэн насны судалгаа нь кембрийн өмнөх (542 ± 2 , 559 ± 2 , 544 ± 7 , 555 ± 2 , 543 ± 2 сая жил) насуудыг заасан нь кембрийн арын хотгорын далайн М-төрлийн плагиогранитын нас байх боломжтой. Учир нь Тоглой формац нь арын хотгорт үүсдэг чулуулгийн бүрэлдхүүнийг агуулж байх ба габбро диорит, плагиогранитын биетүүд нь жижиг хэмжээтэй, суурилаг чулуулагтай хамт илэрдэг, хуучин спиллит-керотофирийн формацид (далайн) Тоглойн хурдсыг хамааруулдаг байсан зэрэг нь арлан нумын геологийн нөхцөлтэй тохирохгүй байна. Мөн нумын арын хотгорын үүсэл нь субдукцлэгдэж байгаа хавтантай холбоотой тул магмын чулуулаг нь геохими, изотопын шинжээр арлан нумын шинж үзүүлэх нь аргагүй юм. Түүнчлэн Тоглой формацын хоёр талд силурын цаг үед хамаарагдах субдукцийн гранит байгаа нь нумын арын хотгор хаагдсаныг заадаг.

II бүс: Манай судалгаагаар Шар толгой, Хар нуурын массивт кембрийн нас (519 ± 8 , 529 ± 6 , 507 ± 2.2) тодорхойлогдсон бөгөөд геологийн тогтоц, геохимийн үр дүнгээр далайн арлан нумын нөхцөлд үүссэн интрузивүүд байна. Мөн хэдийгээр судалгаанд хамрагдаагүй боловч кембрийн бүсийн үргэлжлэлд байгаа Ханхөхий нуруунд тархсан Ичээт (C_1), Ханхөхий формацууд нь андезит түүний туф, рифийн шохойн чулуу зэргээс тогтсон амьтны үлдэгдэлтэй байгаа нь энэ магмын бүсийн харьцангуй бага элэгдсэн хэсэг болохыг харуулж байна гэж үзлээ.

III бүс: Түүнчлэн энэ магмын нумаас баруун тийш Алтанхөхийн бүсэд хүртэл тархсан дундлаг, суурилаг найрлагатай вулканоген чулуулаг түүний туф, археоциатын үлдэгдэлтэй шохойн чулуу зэргээс тогтсон Цулуул, Бургастай, Баатар, Цагаанцахир формацууд нь нумын өврийн хотгорын фацын шилжилтүүд бүхий зүсэлтүүдийг үзүүлж байна. Эдгээрийн геохимийн шинжилгээний үр дүнгээр нумын өврийн хотгорт үүссэн болох нь батлагдана.

IV бүс: Ордовикийн давхацмал бүс: Кембрийн өврийн хотгорын хурдас дээр давхцан байрласан Тогтохын шил бүрдэлд хамрагдах гранитуудад (447 ± 4.4 , 453 ± 4.1 , 453.4 ± 3.2 , 455.1 ± 2.1 , 455.9 ± 1.7 , 461.8 ± 3.1 , 462.9 ± 3.1 , 432.1 ± 4.3 , 455.8 ± 4.3) нас тодорхойлогдсон ба геохимийн шинжээрээ I-төрөлд хамаарагдаж байгаагаас

үзэхэд ордовикийн цаг үеийн магмын нум болох нь тодорхой байна. Мөн эдгээр гранитуудтай байрлалын хувьд давхцаж Намир формацад хамрагдах дацид, андезитын найрлагатай вулканоген тунамал хурдас байдаг. Энэ хурдсаас авсан дээжинд насны судалгаа хийж 453 ± 4.1 , 453.4 ± 3.2 сая.жил болохыг тогтоосон.

V бүс: Девон, карбоны давхацмал эх газрын нумын арын хотгор: Судалгааны талбайд тархсан шүлтлэгдүү гранитууд нь (345, 347, 357, 393.9, 400, 380 сая жил) дээрх насыг заасан бөгөөд геохимийн шинжээр А-төрлийн гранитад хамаарагдаж байна.

Эдгээрээс үзэхэд Төв Азийн далай нь Завханы бичил эх газраар хиллэж байсан бөгөөд харьцангуй залуу далайн царцдас байсан байна. Харин кембрийн эхэн үед энэ далайд далай дундын арлан нум үүсч субдукцэд орж, үүнтэй холбоотойгоор Завханы эх газар ба арлан нумын хооронд хаалттай тэнгис үүсч нумын арын магматизм явагдаж байсан нь Тоглой формацын вулканоген-цахиурлаг хурдас, габбро, плагиогранитын жижиг биетүүд зэргээр илэрхийлэгдэнэ. Кембрийн магмын нум нь геохимийн нөхцлөөс харахад далайн царцдасаас (MORB) үүссэн, нөгөө нь далайн плато (OIB) субдукцэд ороход үүссэн гэж 2 ялгаж болохоор байна. Энэ магмын нумын өврийн хотгор нь бараг 150 км өргөнтэй, кембрийн цаг үеэс хойш сайн хадгалагдсан, баруун талдаа Цагаан шувуутын гүний хагарлаар Алтанхөхийн бүсээс тусгаарлагддаг боловч энэ бүсэд нь мөн өврийн хурдас (Бургастай формац) хадгалагдаж байдаг. Хурдас нь суналын дагуу болон суналд хөндлөнгөөр фацын ихээхэн өөрчлөлттэй, гэхдээ вулканоген, вулканоген-тунамал, рифийн шохойн чулуу агуулж байдгаар нь бид нумын өврийн хотгор болохыг тодорхойлж байна. Энэ хурдаст хийгдсэн үлдэгдэл цирконы нас кембрийн өмнөх (570 сая жил) үеийг заадаг. Мөн Цагааншувуутын бүсэд байдаг метаморфизмд орсон Харгайт формац нь магадгүй аккрецийн шаантагны үлдэгдэл байж болох юм.

Харин ойролцоогоор 32 сая жилийн (495 сая жил - 463 сая жил) тасалдалтайгаар ордовикийн магмын нум кембрийн нумын өврийн хурдас дээр давхцан үүссэн байна. Энэ нь ордовикийн үед явагдсан субдукцийн ухралттай холбоотой юм. Ордовикийн магмын нум нь I-төрлийн гранитуудаар болон Намир формацын андезит дацитын вулканизмаар илэрхийлэгдэж хил хязгаар нь маш тодорхой бүсийг үүсгэдэг байна. Энэ бүс нь Баатар хайрхан, Жаргалант хайрхан, Хар

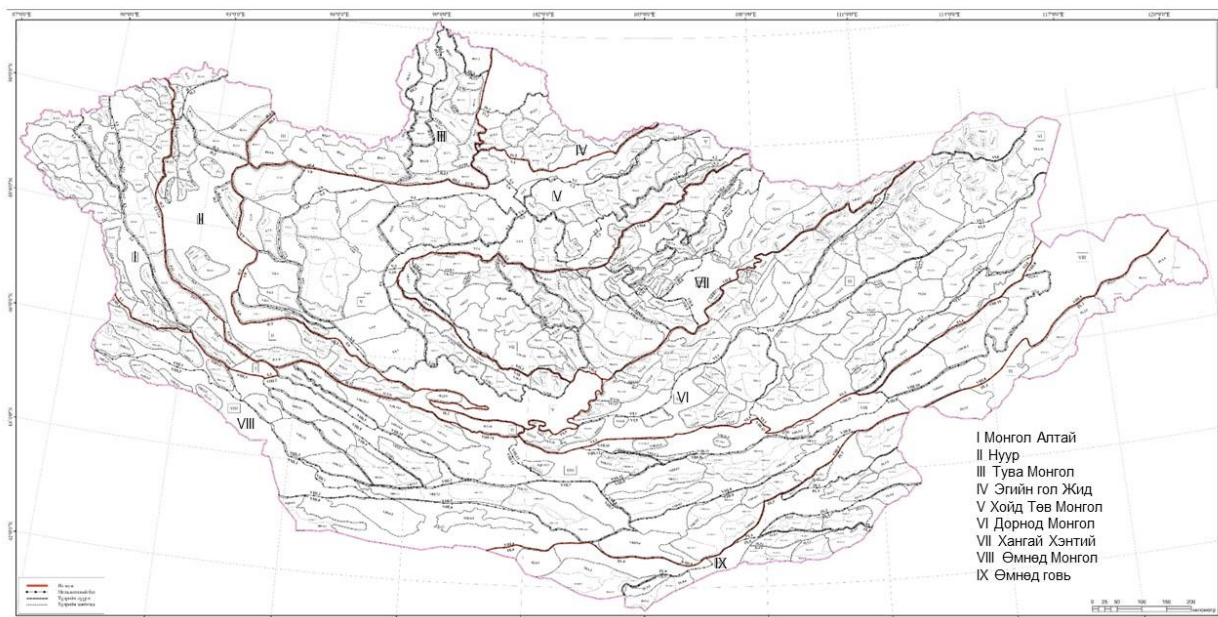
нуурын баруун эрэг, Сээрийн нуруу, Завхан сумын баруун хойд талын гранитууд Ханхөхий нурууны Тогтохын шил уулаар тархсан байдаг. Иймд Ордовикийн цаг үеийн субдукцийг давхацмал структур болгон авч үзэж болно.

Субдукцийн нөхцөл ордовикоос силурын хооронд харьцангуй тогтвортой байснаа силурын цаг үед Тоглой тэнгис Завхан болон кембрийн арлан нум хоёрын хооронд хоёр тийш субдукцлэн хаагдаж байсныг 434 ± 6 сая жил бүхий Завханы бичил тив дээрх I-төрлийн гранит, Хар нуурын массивын мөн 432 ± 4 , 430 ± 5 сая.жил настай I-төрлийн гранитууд илтгэнэ. Мөн энэ хаагдалттай холбоотойгоор Тоглой тэнгисийн 2 эргийн дагуу хөгжиж байсан рифийн шохойн чулуу нь Тоглой формац дээгүүр тохорч гарчээ. Энэ цаг үед кембри ба ордовикийн өврийн хотгорт гүехэн тэнгисийн терриген хурдас хуримтлагдаж байсныг Чаргатай формацын хурдас илэрхийлдэг. Энэ үед Төв Азийн далай баруун тийш шилжиж ордовикийн сүүл, силурын цаг үеийн идэвхгүй захын турбидит хурдас хуримтлагдаж байжээ.

Одоогийн Алтай нуруунд явагдаж байсан девон ба карбоны субдукцийн нөлөөгөөр судалгааны талбайн баруун талаар тархсан A төрлийн гранитууд нь 345, 347, 357, 393.9, 400, 380 сая жил настай байдаг нь эх газрын нумын арын хотгорын магматизмыг заадаг. Геохимийн үр дүнгээр эдгээр гранитууд нь шүлтлэг, эх газар дундын, европигоор (Eu) шавхагдсан шинжийг үзүүлдэг. Мөн үүнийг дагаж Тээл формацын суурилаг найрлагатай чулуулаг тэдгээрийн туф, конгломерат, элсэн чулуу, аргиллит, алевролит, шохойн чулууны багц үеэс тогтсон 900-1200 м зузаантай алаг өнгийн хурдас байдаг нь бас рифтийн шинжийг харуулна.

III.2. Нуурын бүсийн ашигт малтмалын судалгааны тойм, хүдэржилтийн хэтийн төлөв

Судалгааны талбай нь Монгол орны металлогений их мужийн ангиллаар Нуурын их мужид хамаарах ба дотроо Цагаан шувуут, Нуур, Хан Хөхий, Дааган дэлийн бүсүүдэд хуваагдана (Дэжидмаа нар, 2020) (III.4-р зураг).



III.4-р зураг. Монгол орны минерагений мужийн ангилал (Дэжидмаа нар, 2020)

Кембрийн цаг үеийн далай дундын арлан нум хөгжсөнтэй холбоотойгоор вулканоген-тунамал Fe; магмын арлан нумын гранитоидтой холбоотой штокверк/метасоматит Au, Cu хүдэржилт үүсэх боломжтой. Нумын ард үүссэн суурилаг-хэт суурилаг чулуулгийн подиформ Cr; суурилаг-хэт суурилаг чулуулгийн Fe-Ti; үеллэг габброгийн Ni-Cu (\pm PGE): скарны Fe Cu хүдэржилтүүд үүснэ. Бусад судлаачдын судалгааны үр дүнгээс үзэхэд Нуурын бүсийн офиолит эвшлийн хэт суурилаг чулуулагтай гарал үүсэл, орон зайн холбоотой хромит түүнийг дагасан алт болон цагаан алтны ядуу агуулгатай хүдэржилт үүссэн байдаг. Оргил уул, Ихэр толгой зэрэг хэд хэдэн илрэл, эрдэсжсэн цэгүүд тогтоогдсон. Мөн Цулуул, Бургастай, Баатар, Цагаанцахир, Цагааннуур зэрэг формацуудтай холбоотой алт, алт зэс, холимог металлын орд илрэлүүд тогтоогдоод байна. Арлан нумын арын хотгорт үүссэн тэнгисийн хурдаст Zn-Pb цул сульфид, Cu, Ni, Co орд хүдэржилт үүсэх боломжтой.

Ордовикийн эх газрын идэвхтэй захын магмын нумтай холбоотой дундлаг болон хүчиллэгдүү найрлагатай чулуулаг голчлон үүсэх бөгөөд энд судал, порфир, пегматит хэлбэрийн Cu, Au, Ag, Pb, Zn, Sn, Mo хүдэржилт үүсэх боломжтой.

Девоны цаг үеийн нумын арын хотгорын тэлэлтэд үүссэн шүлтлэг сиенит-граниттай холбоотой Nb-Zr-REE (D₃-C₁) хүдэржилтүүд илрүүлэгдэн судлагдаад байна. Дунд-хожуу девоны Халзан бүрдлийн сиенит, микросиенит, трахириолит, трахит, диорит, монцонит, андезит, андезит-порфирын дэл судлуудын чулуулгууд нь гидротермаль-метасоматоз хувиралд өртөж, калийн ба натрийн шүлтээр баяжиж, циркон-ГХЭ-ийн хүдэржилт агуулсан байна ([Оюунбат нар, 2018](#); [Oyunbat, 2020](#)).

Дэжидмаа нарын (2020) тэмдэглэснээр Баруун шувуун уул, Борц уул, Цагаан толгой зэрэг алтны үндсэн болон шороон ордууд, Номинт, Цагаантолгой, Шувуун хар уул, Дулаан хар алтны илрэлүүд, Хонголт уул, Эрдэнэ хайрхан, Нүхт, Үзүүр хөх толгой, Алаг уул зэрэг зэсийн илрэлүүд, Гурвалжин уул, Модот хар цайрын илрэл, Нүхт уул хар тугалганы илрэл тогтоогдоод байна. Мөн хүчиллэг чулуулагтай холбоотой судлын Au (Ямаат, Бургастайн гол, Шунхат Уул, Шархоолой), галт уулын чулуулагт агуулагдсан Au-Ag-Pb-Zn; Ачит нуур орчмын судал/штокверк W-Mo-Be, Скарн Cu-Sn Тонхил-Цэцэг орчмын судлын W-Mo хүдэржилтүүд ч тохиолдоно.

Тус судалгааны талбайд субдукцийн магматизм неопротерозойн цаг үеэс силурын цаг үе хүртэл хэд хэдэн удаагийн давтамжтай явагдсан гэж үзэж байгаа ба энэ цаг үеүдэд үүссэн магмын болон вулканоген тунамал чулуулгуудтай холбоотой хүдэржилт бүхий эрдэсжилт, илрэл, ордуудын товч бичиглэлийг өмнөх судлаачдын тогтоосноор энд орууллаа. Мөн хээрийн судалгаанд хамрагдаж судлагдсан ашигт малтмалын илрэлийн дээжийн минераграфийн судалгааны үр дүнг танилцуулж байна.

III.1-р хүснэгт. Нуурын бүсийн ашигт малтмалын орд, илрэлийн товч мэдээлэл

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	№	Орд, илрэлийн нэр	Ашигт малтмалын төрөл	Аймгийн нэр	Сумын нэр	Координат						Тайлангийн дугаар
						Уртраг			Өргөрөг			
2	Орд											
3	1	Баруун шувуун уул	Au (үндсэн)	Завхан	Завханмандал	94	37	15	48	11	0	5664
4	Илрэл											
5	1	гаж иг №653	Au	Ховд	Чандмань	92	55	0	48	1	0	4185
6	2	141-Г-6	Fe	Завхан	Дөрвөлжин	94	24	0	48	1	0	3576
7	3	142-В-25	Fe	Завхан	Ургамал	94	30	50	48	1	39	3576
8	4	номинт	Au	Завхан	Завханмандал	94	23	17	48	2	10	5414
9	6	144-В-18	W	Завхан	Эрдэнэхайрхан	95	37	30	48	3	55	3576
10	7	илрэл №67	Cu	Завхан	Ургамал	94	25	0	48	4	0	2933
11	8	цагаантолгойн	Au	Завхан	Завханмандал	94	14	0	48	4	40	5414
12	9	урт уул	Au	Завхан	Дөрвөлжин	94	15	50	48	5	0	5414
13	10	143-Г-8,9	V	Завхан	Завханмандал	95	21	0	48	5	0	3576
14	11	айраг уул	Au	Завхан	Завханмандал	95	28	0	48	5	0	3576
15	12	бүрхээр хар уул	Au	Завхан	Завханмандал	94	41	0	48	6	0	3576
16	13	142-В-Х-3-1-10 /далавчийн худаг/	Au	Завхан	Завханмандал	94	37	2	48	6	34	4965
17	14	таван ташир	Au	Завхан	Ургамал	94	24	13	48	6	57	5414
18	15	нэргүй №26	Pb	Завхан	Эрдэнэхайрхан	95	32	0	48	7	0	1755
19	16	улаан алаг уул	Au	Завхан	Завханмандал	94	35	48	48	7	10	4965
20	17	хайрхан бор толгой	Au	Завхан	Дөрвөлжин	94	9	51	48	7	39	5414
21	18	143-В-6	Au	Завхан	Завханмандал	95	32	30	48	8	30	3576
22	19	гурвалжин уул	Zn	Завхан	Эрдэнэхайрхан	95	45	25	48	8	55	3576
23	20	худгийн харын баруун ам	Au	Завхан	Завханмандал	94	36	30	48	9	10	4892
24	21	шувуун хар уул	Au	Завхан	Завханмандал	94	36	0	48	10	0	3576
25	22	хонгилт уул	Cu	Завхан	Завханмандал	95	10	0	48	10	0	4200
26	23	142-А-Х-3-1-2	Au	Завхан	Завханмандал	94	38	5	48	10	32	4965
27	24	худгийн хар уул	Au	Завхан	Завханмандал	94	37	7	48	10	35	4965
28	25	142-А-20	Fe	Завхан	Ургамал	94	37	20	48	11	0	3576
29	26	дулаан хар	Au	Завхан	Ургамал	94	19	30	48	11	10	5414
30	27	эрдэнэ хайрхан	Cu	Завхан	Эрдэнэхайрхан	95	44	30	48	11	20	3576
31	28	141-А-3	Fe	Завхан	Дөрвөлжин	94	0	50	48	11	33	3576
32	29	их хөл улаан уул	Cu	Завхан	Эрдэнэхайрхан	95	46	20	48	11	37	4966
33	30	их өтөг уул	Au	Завхан	Ургамал	94	10	0	48	12	0	5414
34	31	зүүн шувуун уул	Au	Завхан	Завханмандал	94	41	0	48	12	0	3576
35	32	бага ембүү толгойн	Au	Завхан	Завханмандал	94	25	35	48	12	35	5414
36	33	142-А-14	Au	Завхан	Завханмандал	94	39	0	48	13	0	3576
37	34	илрэл №68	Cr	Завхан	Ургамал	94	24	6	48	15	0	2933
38	35	худгийн цахир	Au	Завхан	Ургамал	94	27	30	48	15	0	5414
39	36	хоолойн хяр	Cu	Завхан	Завханмандал	95	11	0	48	15	0	3576
40	37	овгорын хөндий	Au	Завхан	Ургамал	94	14	56	48	15	6	5414
41	38	илрэл №142	Cu	Завхан	Завханмандал	94	32	0	48	16	0	3576
42	39	грейзен судлын	Mo	Завхан	Завханмандал	94	42	0	48	16	0	4364
43	40	битүү цахир /139-Б-4/	Au	Ховд	Дөргөн	93	19	44	48	17	7	5793
44	41	сэтэрт уул	Cu	Завхан	Завханмандал	94	43	31	48	17	10	4965
45	42	143-А-2, 3	Au	Завхан	Завханмандал	95	1	30	48	17	21	3576

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
46	43	142-Б-6	Fe	Завхан	Завханмандал	94	45	30	48	17	45	3576
47	44	нүхт	Cu	Завхан	Завханмандал	94	59	0	48	17	50	4966
48	45	үзүүр хөх толгой	Cu	Завхан	Завханмандал	94	45	40	48	17	58	4965
49	46	бургаст	Pb	Завхан	Эрдэнэхайрхан	95	5	0	48	18	0	3576
50	47	нүхт уул №73	Pb	Завхан	Завханмандал	94	58	17	48	18	5	2933
51	48	142-Б-4	Au	Завхан	Завханмандал	94	59	0	48	18	30	3576
52	49	улаан богоч / нэргүй	Au	Завхан	Завханмандал	95	0	20	48	18	55	4966
53	50	хар үзүүр	Cu	Завхан	Завханмандал	94	45	0	48	19	0	2933
54	51	цагаан хайрханы ам	Au	Завхан	Ургамал	94	22	59	48	19	4	5414
55	52	дугуй нурамт	Au	Завхан	Завханмандал	94	38	35	48	19	15	4993
56	53	алаг толгой	Au	Ховд	Дөргөн	93	16	55	48	20	30	5793
57	54	паглагар	Au	Завхан	Завханмандал	94	38	14	48	21	0	4993
58	55	цахир толгойн	Au	Завхан	Ургамал	94	6	40	48	21	4	5414
59	56	өрхт уул	Au	Ховд	Дөргөн	93	9	42	48	22	7	5793
60	57	өндөр тайшир уул	Au	Завхан	Ургамал	94	6	0	48	23	0	3576
61	58	дааган дэл өмнөт	Cu	Ховд	Дөргөн	93	53	5	48	23	55	3576
62	59	дунд хуудас	Au	Завхан	Завханмандал	94	40	47	48	25	22	4993
63	60	дарцаг нуруу	Au	Ховд	Дөргөн	92	55	5	48	25	30	5793
64	61	мүхэр хуудасны ам	Au	Завхан	Завханмандал	94	40	40	48	25	37	4993
65	62	дааган дэл уул	Cu	Ховд	Дөргөн	92	54	0	48	26	0	3576
66	63	тэвэг уул	Cu	Увс	Завхан	93	1	0	48	27	0	2938
67	64	ханын худаг	Au	Завхан	Дөрвөлжин	93	38	0	48	27	0	3576
68	65	модтой хар	Zn	Ховд	Дөргөн	92	55	45	48	29	0	5793
69	66	топлойн худаг	Cu	Завхан	Ургамал	93	44	0	48	30	0	3576
70	67	хүнгийн гол	элс	Завхан	Ургамал	94	18	0	48	30	0	4581
71	68	скарн	Fe	Завхан	Ургамал	93	44	0	48	32	0	2938
72	69	үнэгтийн уул	Cu	Завхан	Ургамал	93	32	0	48	36	0	3576
73	70	117-Г-9	Fe	Завхан	Ургамал	94	18	45	48	42	30	3576
74	71	цэцэн хайрхан уул	Fe	Завхан	Цэцэн-Уул	95	39	5	48	43	3	4655
75	72	баян хайрхан	Au	Завхан	Ургамал	94	26	25	48	43	45	5519
76	73	Хульж гол 3	Fe	Завхан	Ургамал	94	17	30	48	46	20	3576
77	74	117-Г-5	Fe	Завхан	Ургамал	94	17	0	48	46	30	3576
78	75	сарнилын хүрээ №30	Cu	Завхан	Сантмаргац	95	37	20	48	46	52	2473
79	76	117-Г-3	Fe	Завхан	Ургамал	94	15	30	48	47	0	3576
80	77	117-Г-4	Fe	Завхан	Ургамал	94	16	20	48	47	0	3576
81	78	хагийн нуур	Au	Завхан	Ургамал	94	6	7	48	48	7	4819
82	79	Хульж гол 2	Fe	Завхан	Ургамал	94	17	20	48	48	40	3576
83	80	Хульж гол 1	Fe	Завхан	Ургамал	94	17	0	48	49	0	3576
84	81	цул уул	Au	Увс	Цагаанхайрхан	94	5	40	48	52	52	5519
85	82	оргил уул	Cr	Увс	Цагаанхайрхан	94	17	29	48	53	10	5519
86	83	илрэл №12	Ag	Увс	Өндөрхангай	95	10	0	48	54	0	2473
87	84	хөх алаг	Cu	Увс	Цагаанхайрхан	93	58	0	48	57	0	2938
88	85	хүйтэн	Cu	Увс	Зүүнхангай	95	21	0	48	58	0	2473
89	86	хуучин / хурганы нуруу /	Cu	Увс	Цагаанхайрхан	94	7	53	48	58	8	2330
90	87	бут уул	Fe	Увс	Цагаанхайрхан	94	6	30	48	59	42	3576
91	88	алаг уул	Cu	Увс	Цагаанхайрхан	94	3	0	49	1	0	2933
92	89	салхитын даваа	Mo	Увс	Ховд	94	4	0	49	3	0	2983
93	90	илрэл №15 /морьт/	Au	Увс	Цагаанхайрхан	94	20	43	49	3	7	2330
94	91	104-В-2	Cu	Увс	Завхан	93	44	0	49	3	20	3576
95	92	илрэл 104-Г-1.2	Cu	Увс	Цагаанхайрхан	93	54	30	49	3	30	3576
96	93	морьт уул /улаан толгой/	W	Увс	Цагаанхайрхан	94	15	41	49	3	32	2330
97	94	дөрвөлжин толгой	Au	Увс	Цагаанхайрхан	94	7	15	49	4	50	5519

Офиолит эвшлийн хэт сууриал, суурилаг найрлагатай чулуулагтай холбоотой

Оргил уул хромитын илрэл

Илрэлийг анх 1977 онд Ж.Тогтох нар Завханы гүний хагарлын бүсэд илэрсэн уртрагийн дагуу сунасан серпентинитийн биетэд агуулагдсан 50х3м хэмжээтэй мэшил хэлбэрийн хромитын судалтай холбоотойг тогтоосон байна. Серпентинит нь хар ногооноос тод ногоон өнгөтэй, биетийн зүүн урд захад 1км² талбайд цул ба нодуляр хромитын хүдэржилт илэрснийг тэмдэглэсэн байдаг. Оргил уулын хромитын илрэл нь 3х50м хэмжээтэй хромитын судал маягийн хүдрийн биет болон түүнийг агуулагч Завхан комплексын серпентинитийн биеттэй холбоотой үүссэн байна. Хүдэрт химийн шинжилгээгээр Cr 20.4%, рентген-флюоресценцээр Cr₂O₃ 45.48%, минераграфийн судалгаагаар 80% хромит агуулагдсан нь тогтоогдож байна. Харин серпентинитэд Cr 0.28-0.46%, Ni 0.162-0.208%, Pd 0.003-0.007 г/т агуулга илэрсэн. Алтны гэрлийн шинжилгээгээр Au 0.02 г/т агуулга илэрсэн байна (Төмөр нар, 2003).

Хөтөл-Усны хром- никелийн илрэл

Хөтөл-Усны серпентинитийн биет ач холбогдолгүй ч цагаан алтны хүдэржилтийн хувьд эрлийн шалгуур болно. Мөн Дарви уулын хромитын илрэлийг энд дурдаж болно. Шуурай уулын метаофиолит комплексын габброидтой холбоотой цагаан алтны илрэл, Pt 2.2-10.29 г/т хүртэл агуулгатай тогтоогджээ. (Эрдэнэцогт нар, 2001).

Вулканоген-тунамал формацуудтай холбоотой алт, алт зэс, холимог металлын орд илрэлүүд тогтоогдоод байна.

Цул уулын алтны илрэл

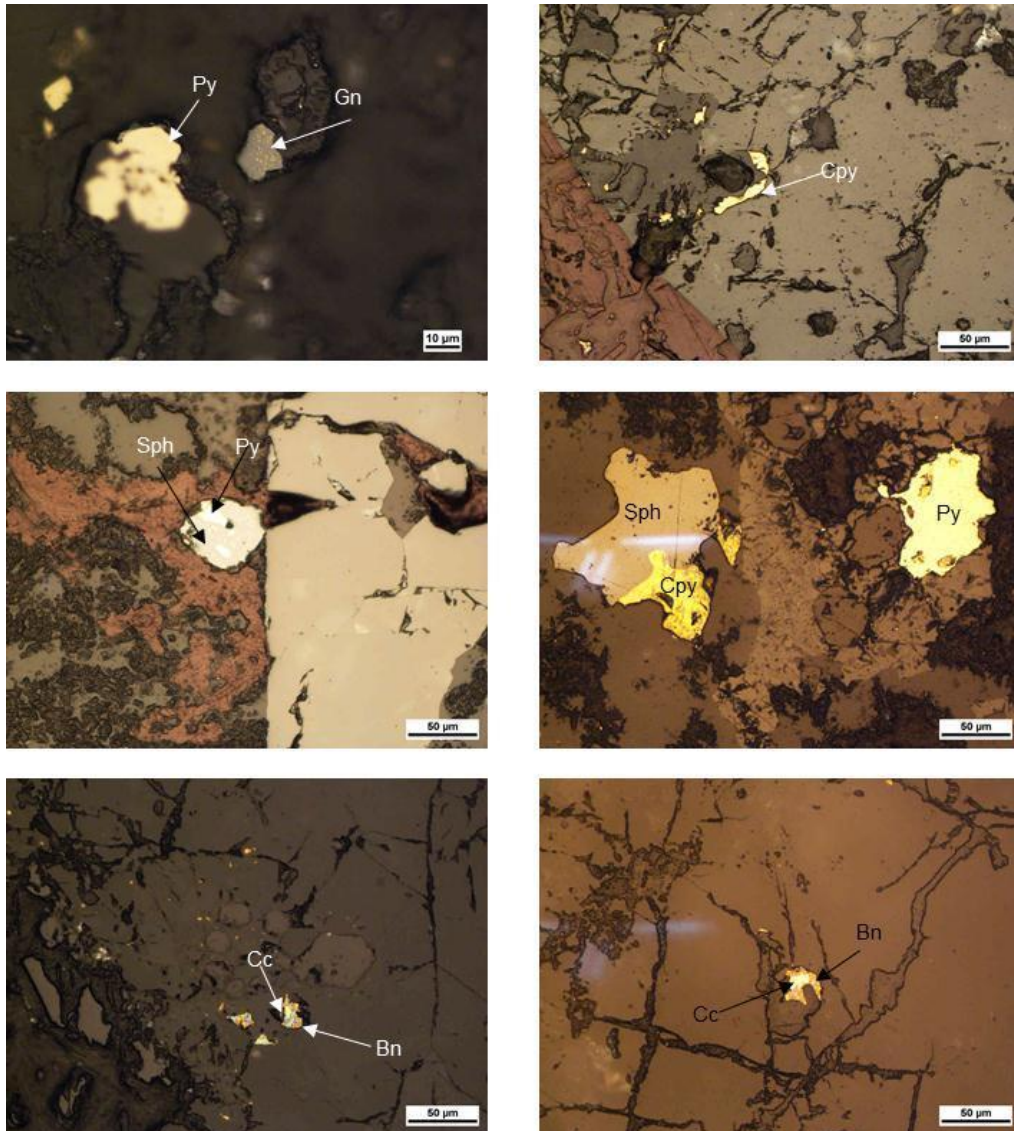
Ургамал-Завхан мандалын хүдрийн дүүргийн хойд үргэлжлэл дэхь Морьтын хүдрийн дүүргийн алтны хүдэржилт нь Цагаанолом формацын ногоон занар, шохойн чулууны үе, давхаргад хянагдана. Илрэлийг Төмөр (2003) нарын судалгаагаар тогтоосон. Илрэл нь Цагаанолом формацын ногоон занарын фацын хувиралтай хлорит-серицитэт занар, карбонатлаг занарын үелэл дотор явагдсан цахиуржилт, лимонитжилт, аргиллитжилт, пиритжилтийн хувирлын бүстэй

холбоотой тогтоогдсон. Хувирлын бүс нь БХ-340⁰ азимутаар агуулагч чулуулгийн үеллийн дагуу байрласан 100-200 м өргөн, 1500 м урт үргэлжлээд хойд талаараа дөрөвдөгчийн хурдсаар хучигдсан, дэл маягийн илэрцтэй тэгш талархаг гадаргуу үүсгэдэг. Хувирсан бүсийг кварцын хэдэн мм-ээс 1.5м хүртэл өргөн судал, судланцар, үүр, мэшил агуулсан улаан шар, цайвар шар өнгийн лимонитжилт, аргиллитжилт, пиритжилтэд өртсөн занар бүрдүүлдэг. Зарим хэсэгт занар нь пиритийн исэлдсэн шигтгээг 5% хүртэл агуулахаас гадна исэлдэлтэнд хүчтэй өртсөн хэсэгтээ цэвэр гематит, лимонит болсон ажиглагддаг. Ийм зосын 0.4 x 3.0м хэмжээтэй мэшил хэлбэрийн биетэд алтны гэрлийн шинжилгээгээр Au 0.2-3.0 г/т агуулга илэрсэн байна. Хувирсан бүсийн дээжлэлтийн үр дүнг нэгтгэн дүгнэхэд хувирсан бүс нь ядуу боловч алтны хүдэржилтийг агуулж байна. Халькопирит, пирит, алт нь чулуулагт маш сийрэг хуваарилагдан холбогч материалын үүрэг гүйцэтгэж буй лимонитын тоосонцор бөөгнөрөлд агуулагдана гэжээ ([Ганцогт нар, 2007](#)).

Хар тугалганы эрдэсжсэн цэг

Цулуул формацын Майхан мэмбэрийн базальт дотор 3 м урттай 0.2-0.3 м зузаан кварцын судалд галенитын шигтгээ бүхий хүдэржилт илрүүлэгдсэн. Pb 0.02%, Zn 0.01%, Ag 0.02 г/т агуулгатай ([Эрдэнэцогт нар, 2001](#)). Хээрийн судалгааны явцад бид 10 ширхэг аншлифийн дээж авсан. Микроскопын судалгаагаар дээжүүдэд пирит, халькопирит, сфалерит зонхилж галенит, борнит, халькозин дагалдах байдлаар тохиолдоно ([III.5-р зураг](#)). Хүдрийн эрдсүүд шигтгээлэг структуртай, жижиг мөхлөгт текстуртай.

Пирит цайвар шаргал өнгөтэй, куб, трапец, олон өнцөгт зэрэг зөв хэлбэртэй, барзгар гадаргуутай шигтгээ байдлаар тохиолдохоос гадна мөн хүдрийн бус эрдсээр коррозирогдон скелет структур үүсгэсэн байна. Пирит нь жижиг сарнимал шигтгээ байдалтай тархсан. Дунджаар 40x30 мкм хэмжээтэй. Халькопирит тод шар өнгөтэй, аллотриоморф структуртай, тод, долгиолог хил заагтай, янз бүрийн хэмжээтэй агрегат үүсгэж, хааяа борнит, халькозиноор түрэгдсэн байна. Пиритийн мөхлөгт реликт структур үүсгэн тохиолдоно. Мөхлөгийн хэмжээ хөндлөн огтлолдоо 0.02x0.01 мм-с 0.4x0.3 мм; 7.4-5.2 мм ба заримдаа толболог агрегат үүсгэнэ.

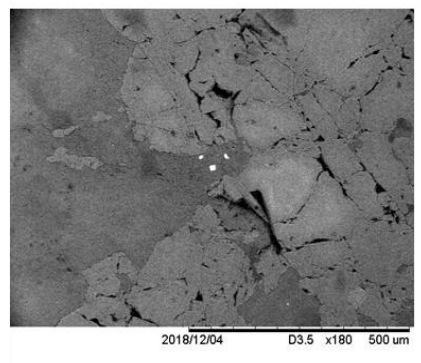
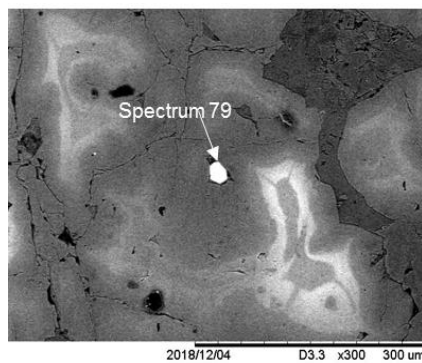
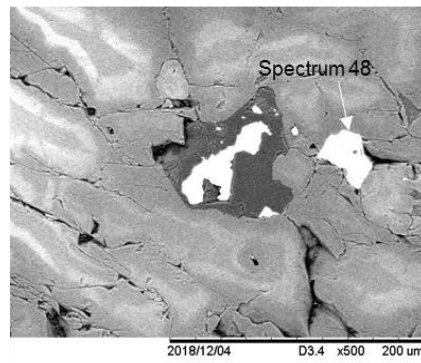
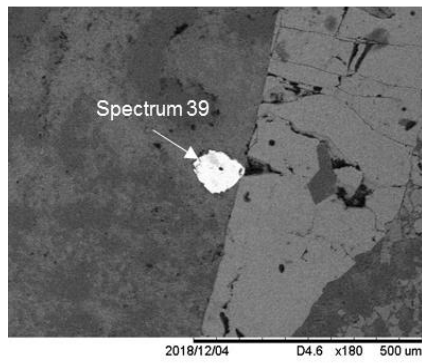
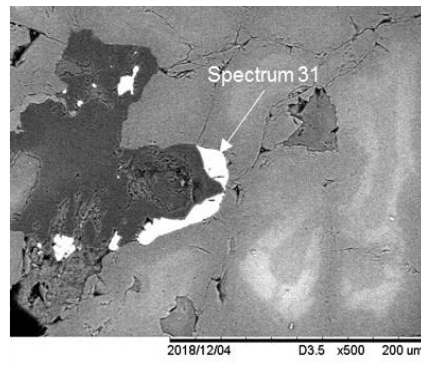
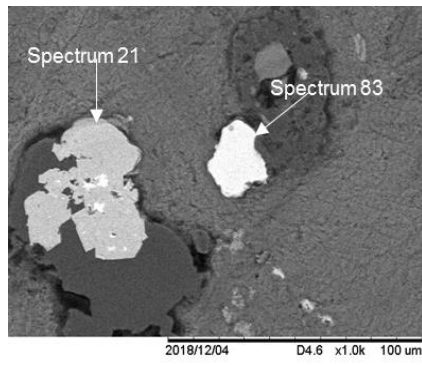


III.5-р зураг. Хүдрийн эрдсүүд (Пирит-Py, халькопирит-Cpy, галенит-Gn, сфалерит-Sph, борнит-Bn, халькозин-Cc).

Галенит нь цагаан саарал өнгөтэй, жижиг ширхэгт гипидиоморф мөхлөгт структуртай. Пиритийн мөхлөгийг түрж реликт структур үүсгэнэ. Мөхлөгийн хэмжээ хөндлөн огтлолд: 0.01x0.01 мм; 0.01x0.02 мм; 0.12x0.10 мм.

Сфалерит нь бараан туяатай саарал өнгөтэй, халькопириттэй ассоциаци үүсгэж эсвэл халькопиритийн бичил пойкилит мөхлөгүүдийг агуулсан тохиолдоно. Мөхлөгийн хэмжээ хөндлөн огтлолдоо 0.6x0.11 мм-с 3.4x4.8 мм хүрнэ.

Дээрх хүдрийн эрдсүүдийн химийн найрлага нарийвчлан тогтоох болон жижиг мөхлөгүүдийн зургийг (III.6-р зураг) авах зорилгоор SEM-EDS багаж ашиглалаа.

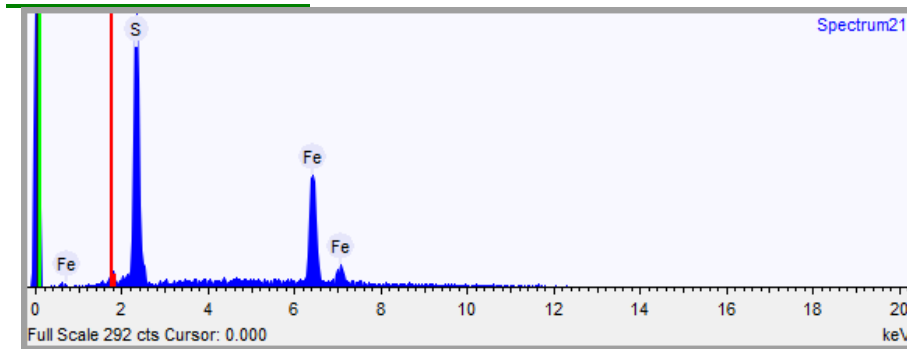


III.6-р зураг. Пирит, халькопирит, сфалерит, галенитийн мөхлөгүүдийн SEM зураг

Тухайн эрдсийн химийн найрлагыг хэмжсэн үр дүнг III.7-р зурагт үзүүллээ.

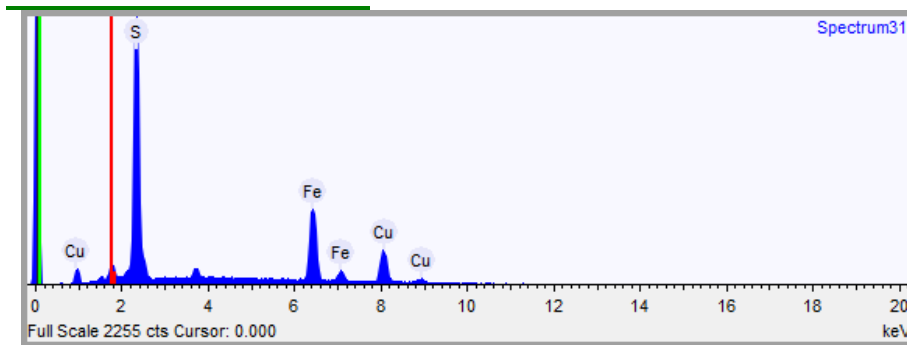
Element	Weight %
Sulfur	33.7
Iron	66.3

Пирит



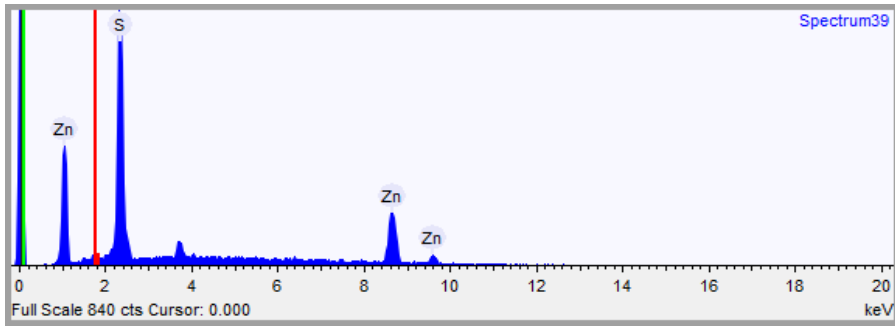
Element	Weight %
Sulfur	33.5
Iron	45.3
Copper	21.2

Халькопирит

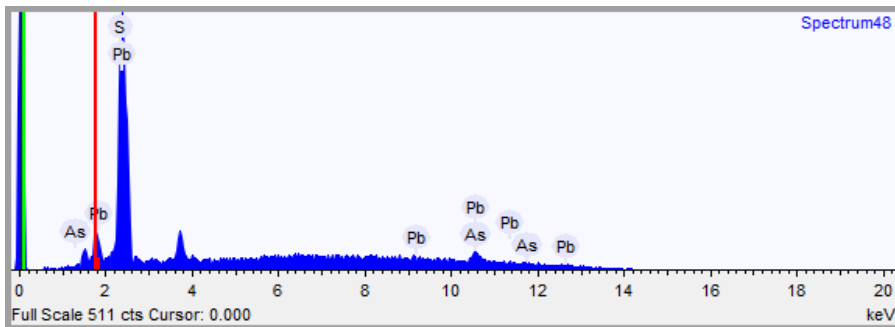


Element	Weight %
Sulfur	44.5
Zinc	55.5

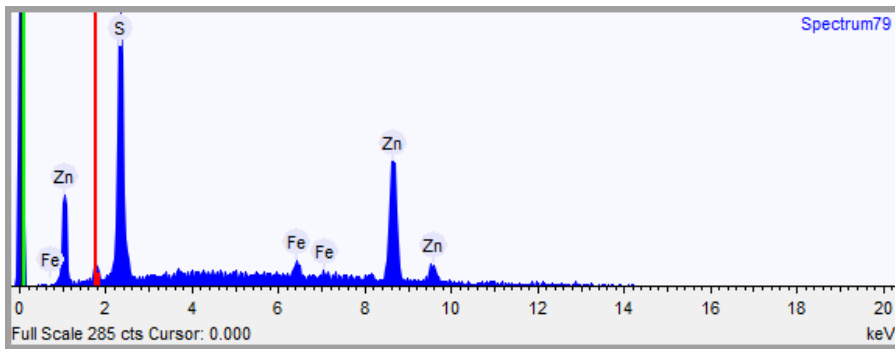
Сфалерит



Element	Weight %
Sulfur	12.8
Arsenic	0.5
Lead	86.7
Галенит	

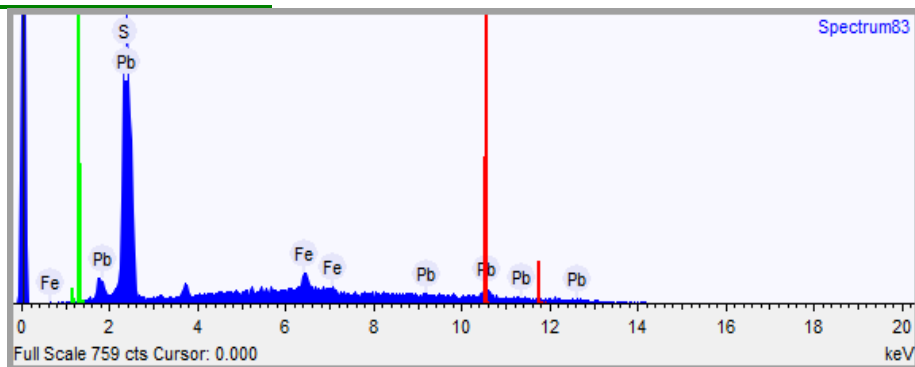


Element	Weight %
Sulfur	42.5
Iron	10.0
Zinc	47.5
Сфалерит	



Element	Weight %
Sulfur	14.2
Iron	11.0
Lead	74.8

Галенит



III.7-р зураг. SEM-EDS хэмжилтийн үр дүн

Пиритийн мөхлөгүүдийг түрж үүссэн сфалерит, галенитын мөхлөгүүдэд төмрийн агуулга 10% хүртэл агуулагдана.

Тогтохыншил бүрдэлтэй холбоотой Тогтохыншил бүрдлийн гранодиорит, Тэс бүрдлийн шүлтлэгдүү гранитоидын гадаад хил заагт алт-зэсийн скарны хүдэржилт бүхий Цахиртын булаг, Бумбан хамар, Алаг уул, Баянхайрханы илрэлүүд хамаарна.

Алаг уулын зэсийн илрэл.

Илрэлийг Д.Тогтох нар 1978 онд анх илрүүлсэн. Тогтохын шил бүрдлийн жижиг дунд ширхэгт гранодиорит болон доод кембрийн Ичээт формацын карбонат-тунамал чулуулгуудын хил заагт үүссэн 20-60х350м эпидоттой скарнтай холбоотой гэж үзжээ. Скарн дахь зэсийн эрдэсжилт нь түүний ан цаваар хөгжсөн малахит азуритын түрхцээр илэрдэг. Скарнаас авсан 2 штуфын сорьцонд зэсийн 1.24-2.63%, цайрын 0.1-0.6%, мөнгөний 1-3г/т агуулга илэрсэн болно.

Д.Магсаржав нар 1997 уг скарнын биет, түүний агуулагч, кварцын судлаас 20 штуфын сорьц авч пробирын шинжилгээ хийлгэхэд алтны 0.01-0.03г/т тогтвортой агуулгатай болох нь тогтоогджээ.

Улаан толгойн алт-шеелитийн илрэл.

Морьтын Өндөр Хар уулын баруун урд, нэр нэгт ууланд байрлана. Илрэлийг анх Д.Тогтох нар (1977) илрүүлж Тогтохыншил бүрдлийн гранодиоритын доторх 560х280м хэмжээтэй кварц-мусковиттой грейзен болон грейзенжсэн гранодиориттой холбоотой гэж үзсэн байна. Грейзенээс авсан 3 штуфын 1-д 0.03% вольфрам илэрсэн байна. Хиймэл шлихэд шеелит 40.7-50г/т, лимонит 1.93-3.58кг/т, ховроор пирит, халькопиритийн тэмдэгтүүд тодорхойлогдсон байдаг.

1997 онд Д.Магсаржав нар илрэлийн хэмжээнд алтны хүдэржилтийг тогтоох зорилгоор эрэл-шалгалтын ажил явуулж хүдрийн биетийг 230х450м хэмжээтэй болохыг нарийвчлан тогтоож грейзенжсэн биет болон түүнд агуулагдсан кварцын судлаас нийт 12 штуфэн дээж авч пробирын шинжилгээ хийлгэхэд кварцад 0.01-0.2г/т, грейзенд 0.01-0.06г/т агуулга өгсөн байна.

Төмөр нарын 2003 онд хийсэн 1:50000 масштабын геологийн зураг, ерөнхий эрлийн ажлын үр дүнд грейзенжсэн гранит нь Тогтохыншил бүрдэл бус Тэс бүрдлийн шүлтлэгдүү гранит бөгөөд штокын зүүн талын 70-120х250м талбай нь кварц-мусковиттой грейзенд хүдэржилт агуулагдана гэж үзжээ. Грейзен нь баруун зүгт 10-15⁰-ийн налуу уналтай тогтоцыг үүсгэх бөгөөд түүний дотор ан цаваараа төмрийн ислээр баяжсан пиритийн шигтгээ агуулсан 1.0-10см өргөн кварцын нарийн судлууд ховор биш дайралдана. Грейзены зүүн зах орчимд

30x150м талбайд исэлдсэн кварцын хэмхдэсүүд тархсан байх ба энэ нь 0.5м орчим зузаан налуу уналтай кварцын судал байна. Энэ судал алтны 0.15г/т агуулгатай ([Магсаржав нар, 1997](#)) байна. Грейзенжсэн биетээс авсан 7 штуф (АЦ-7667-7670, 2632/0-2) болон түүний зүүн хэсэгт малтсан 41м ул бүхий суваг 08-аас авсан 18 ховил (2м урттай), 1 хэмхдэсэн дээжинд хийсэн гэрлийн шинжилгээгээр вольфрамын 0.0002-0.001%-ын агуулга, фотометрийн шинжилгээнд хамруулсан 15 сорьцонд 0.05> агуулгатай байсан байна. Алтны гэрлийн шинжилгээгээр 12 дээжинд 0.003-0.01г/т, 1 дээжинд 0.15г/т агуулга тогтоогджээ.

Баянхайрханы алт-зэсийн скарны илрэл.

Хойд Баян Улаан уулаас зүүн хойшоо 1000м-т оршино. Илрэлийг анх [В.А.Самозванцев \(1982\)](#) нар илрүүлж 4.3x3000м хэмжээтэй агуулагч хувирмал чулуулгийн суналыг дагасан малахитын түрхэцтэй гранат, магнетит-гранат, магнетит-гематитын скарнжсан бүстэй холбоотой гэж үзжээ. Скарнаас авсан 28 штуфын дээжинд хийсэн гэрлийн шинжилгээгээр зэсийн 0.8-1.0% (3 дээжинд), 0.1-0.3% (3), 0.01-0.06% (11), 0.006-0.008% (11) агуулга, 1 дээжинд алтны 10г/т, 1 дээжинд 1г/т, 9 дээжинд 0.1-0.3г/т, 6 дээжинд 0.01-0.06г/т, 7 дээжинд 0.001-0.006г/т агуулга тодорхойлж хэтийн төлөвийн талаар үнэлэлт дүгнэлт өгөөгүй байна.

[Д.Магсаржав нар \(1997\)](#) алтжилтыг тогтоох зорилгоор эрлийн ажлыг цогцолбороор (уулын малталт, литогеохимийн сорьцлолт, цахилгаан хайгуул) хийж хүдрийн биетийн хэмжээг 3x1800м болгон нарийвчилсан байна.

Хүдрийн биетийн хойд төгсгөлд малтсан суваг 2 огтлолоор алтны 0.95г/т, өмнөд хэсгийн суваг 1 огтлолоор 0.06г/т дундаж агуулга тогтоосон.

Төмөр нар уг илрэлээс хяналт шалгалтын зориулалтаар 1-ээс 5 штуф, 2 протолокч сорьцыг авч шинжилгээнд хамруулахад ААС-аар 1 дээжинд алтны 0.17г/т, 2 дээжинд зэсийн 1.44-3.11% агуулга илэрсэн. Протолокч сорьцонд алтны мөхлөг илрээгүй байна. Скарнжсан бүсийг угаасан хөндлөн жалганаас авсан 5 шлихийн 2-т алтны нэг нэг мөхлөг тодорхойлжээ. Минераграфийн шинжилгээгээр магнетит 40%, халькопирит 2%, аранжин зэс 3%, тенорит 15%,

пирротин ховор, борнит, лимонит, малахит, лейкоксен, эпидот карбонат нийлээд 10% агуулгатай байсан.

Морьтын алтны илрэл.

Морьтын өндөр хар уулаас зүүн урагш 1900м-т, Их зөрүү уулаас урагш 650м-т оршино. Илрэлийг Д.Тогтох анх илрүүлсэн бөгөөд Тогтохын шил бүрдлийн гранодиорит, Ичээт формацын терриген-карбонат чулуулгийн хил заагт үүссэн роговикжилт, скарнжилт, цахиуржилтын хувирал бүхий 40-50м өргөн зурвастай холбоотой тогтоогдсон. Энэ хувирсан бүсийн дотор 1-2см, ховроор 7-10 см өргөн пиритын шигтгээ агуулсан кварцын судланцарууд элбэг тохиолддог. Скарнжсан бүсээс авсан 3 штуфын сорьцын 1-д алтны 18.8г/т, мөнгөний 0.2г/т агуулга илэрсэн байна. Энэ сорьц нь пиритжилт, цахиуржилт, роговикжилтэд хүчтэй өртсөн алевролит байна.

Д.Магсаржав нар хувирсан бүсийн өргөнийг 10-100м гэж тогтоон түүний доторх скарнжсан хэсгүүдэд 50-100м-ийн зайтай 3 суваг нэвтэрч дээжилсэн байна. Эрлийн маршрутын явцад авсан 22 штуф болон сувгийн 19 ховилон сорьцонд хийсэн пробирын шинжилгээгээр алтны 0.01-0.05г/т тогтвортой агуулга тэмдэглэгдсэн болно.

Төмөр нар цаашид уг илрэлд гүний судалгаа явуулах нь зүйтэй гэж дүгнэсэн байна.

Бумбан хамарын зэсийн илрэл.

Цахир толгойгоос баруун урагшаа 300м-т оршино. Тогтохыншил бүрдлийн гадаад хил заагт үүссэн пироксен-гранаттай скарнтай холбоотой гэж үзсэн. Илрэлийг анх Д.Тогтох нар (1977) илрүүлэн тэмдэглэсэн боловч скарнжилтын эрчим, хэмжээ, найрлагын талаар тусгайлан судалсан мэдээ байдаггүй.

Илрэлийн хэмжээнд Д.Магсаржав нар (1997) алтжилтын судалгаа явуулсан бөгөөд хүдрийн биетийн хэлбэр хэмжээний талаар тэмдэглээгүй байна. Харин скарнжсан биетүүд болон түүний агуулагчаас нийт 20 штуфын сорьц авч пробирын шинжилгээ хийлгэхэд зөвхөн нэг сорьцонд алтны 0.07г/т агуулга тогтоогдсон байна.

Төмөр нарын судалгаагаар илрэл нь шохойн чулууны үелэлд жишүү байрласан 3-4м өргөн, 70-150м урттай, ЗХ-10-40-ын суналтай 3 зэрэгцээ скарнжсан биетээс тогтож байна. Скарнжсан биетээс авсан 6 штуфын (биет бүрээс 2 штуф) сорьцонд зэс 0.005%-0.01%, титан 0.3-0.5%, манган 0.02-0.03%, ванади 0.02%, алт 0.003-0.1г/т агуулгатай байна.

Битүү цахир алт-молибден-вольфрамын илрэл.

Тогтохыншил бүрдлийн IV фазын плагиогранит, II фазын гранодиорит, пермийн Хуурайбулаг бүрдлийн диабазын дэл судлуудын хил заагт 30-40° суналтай бүлэг кварцын судал илрүүлсэн. Au 0.2 г/т бага агуулга илэрдэг ч агуулга тасардаггүй тул гүнд нь судлах шаардлагатай гэж Ганцогт (2007) нар дүгнэжээ.

Девоны настай шүлтлэг магмын чулуулаг бүхий Халзан бүрдэлтэй холбоотой газрын ховор элемент, ховор металлын хүдэржилт үүснэ.

Улаан дэл ГХЭ-ийн орд.

Улаан Дэл ГХЭ-ийн орд нь Увс аймгийн Завхан сумын төвөөс БХХ-40км зайд Улаан Дэл нэртэй уулын баруун хэсэгт оршино. Дунд-хожуу кембрийн Тогтохыншил бүрдлийн гүний чулуулаг нь дунд-хожуу девоны Халзан бүрдлийн судлын штокверкээр зүсэгдэж, хил зааг хэсэгтээ КХЖ-жих, цахиржих, эпидотжих хувиралд өртсөн байдаг. Штокверк дэл судлууд нь бие биенээ огтолсон, суурилагаас дундлаг найрлагатай дэл судлуудыг шүлтлэг найрлагатай нь огцом зүсч гарсан, шүлтлэг (трахит, шүлтлэг сиенит, микросиенит) дэл судлууд нь БХ-ЗУ, ЗХ-БУ болон өргөргийн дагуу суналтай байдаг бол суурилаг найрлагатай дэл судлууд нь ихэвчлэн уртрагийн дагуу суналтай байдаг байна. Дэл судлууд нь брекчлэг, порфирлог, туф-лав маягийн, дундлагаас хүчиллэг - шүлтлэг найрлагатай, кварцат сиенит, микросиенит, сиенит, фельзит, трахириолит-порфир, трахириолит, трахит, цөөн тооны кварц, андезит, андезит-базальт, диабаз, гранит, аплитын биетүүдээр төлөөлөгдөнө гэжээ.

Геодинамик нөхцөл нь түрүү палеозойн үеэс эхлэн арлан нум (540-520 сая жил) аккреци, постколлизи (475-450 сая жил) гэх мэтээр өөрчлөгдөж байсан нь урт хугацааны турш явагдсан шүлтлэг магмын идэвхижилтийг илэрхийлнэ. Энэ идэвхижилтийн нөлөөгөөр Улаан Дэл ордын хүдрийн дэл судлуудын чулуулгууд нь

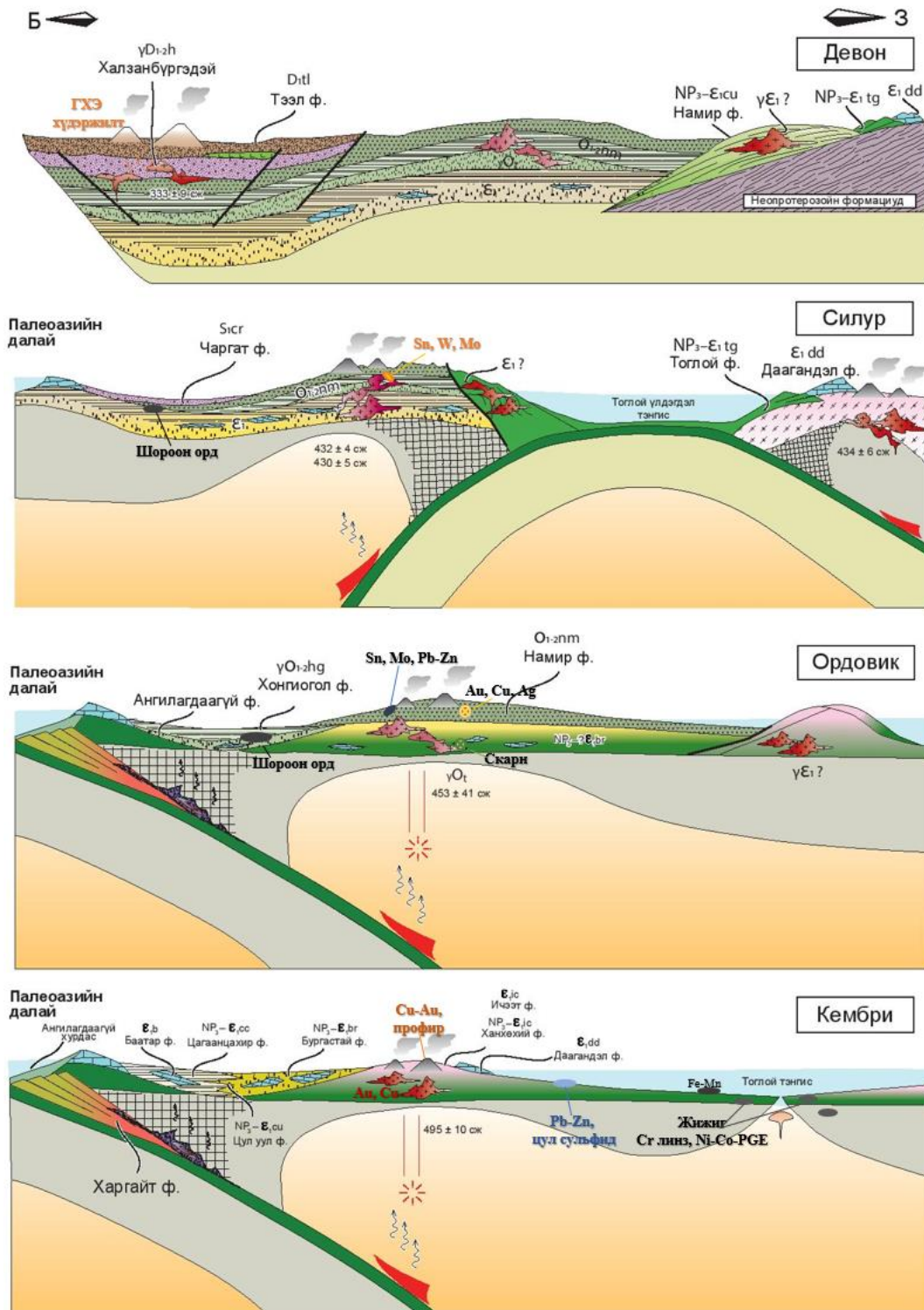
гидротермаль-метасоматоз хувиралд өртөж, калийн ба натрийн шүлтээр баяжиж, циркон-ГХЭ-ийн хүдэржилт агуулсан байна (Оюунбат, 2021; докторын диссертац).

Улаан Дэл ордын ГХЭ агуулагч эрдсүүд нь циркон, апатит, сфен, монацит, ксенотим, синхизит, паризит, флюорит, нийлмэл найрлагатай ГХЭ-ийн эрдэс, пирит, халькопирит, рутил, лимонит, хүдрийн эрдсүүд байна. Циркон нь судалгааны талбайд тархсан дэл судлын биетүүдэд ерөнхийдөө (Zr) 1500ppm-ээс дээш агуулгатай байх бөгөөд дундаж агуулга нь 2000 ppm буюу Zr 0.2% байна. Харин ГХЭ-үүдийн ислүүдийн (12-13 элемент) нийлбэрийн дундаж агуулга нь 900-1000 ppm буюу 0.09-0.1% (La_2O_3 , Ce_2O_3 , Nd_2O_3 , Eu_2O_3 , Gd_2O_3 , Tb_2O_3 , Dy_2O_3 , Ho_2O_3 , Er_2O_3 , Tm_2O_3 , Yb_2O_3 , Lu_2O_3 , Y_2O_3). Хүнд ГХЭ-ээс хамгийн түгээмэл тархалттай нь иттри бөгөөд иттрийн хамгийн бага агуулга нь 100 ppm буюу Y 0.01% байна. Заримдаа циркон Zr 1%, иттри Y 1.1%, диспрози Dy 0.1%, цери Ce 0.19%, лантан La 0.04-0.12%, неодими Nd 0.08-0.14%, самари Sm 0.08%, гадолин Gd 0.08%, терби Tb 0.019%, иттерби Yb 0.06% гэх мэт өндөр агуулгууд тогтоогддог байна (Оюунбат, 2021; докторын диссертац).

Халзан Бүрэгтэй орд

Улаан Дэл орд нь Нуурын бүсийн арлан нумын терреинд орших Халзан Бүрэгтэй Zr-Nb-ГХЭ ордын хүдэржилттэй ерөнхий шинж чанараараа нилээд төсөөтэй. Энэ төсөөтэй шинж чанарыг нь үндэслэн уг хоёр ордын хүдэржилт, гарал үүслийг нь адилтгаж үзэж болох юм. Халзан Бүрэгтэй ордын хүдэржилтийн гарал үүслийн талаарх судалгааны ажилд: Zr, Hf, Nb, Ta, ГХЭ, Y- өндөр цэнэгтэй элементүүдийн (HFSE) хуримтлалыг магмын болон гидротермаль процессын нөлөөтэй холбож үзсэн байдаг. Энэ нь өөр өөр цаг хугацаанд үүссэн өөр өөр шинж чанартай гидротермаль үйл ажиллагаагаар тайлбарлагдах бөгөөд 1) цахиур-карбонатаар баян, түрүү үеийн гидротермаль хувирал; 2) жоншоор баян, Li-F гранитын төрлийн уусмалын идэвхитэй систем байсан гэж үздэг байна (Kempe et al., 2014). Түрүү үеийн гидротермаль хувирал нь Zr, Nb, LREE- хэт баян хуримтлал үүсгэх ба дараа нь иттри (Y), хүнд ГХЭ-ээр (HREE) баяжсан байна. Эдгээр хувирлууд нь Zr-Nb-ГХЭ-ийн өндөр агуулгатай хуримтлал үүсэхэд нөлөөлсөн гэж үзжээ (Kempe et al., 2014).

Төслийн талбайн палеогеодинамикийн шинэчилсэн загварын үндсэн дээр одоо тогтоогдсон болон геодинамикийн орчин нөхцөлтэй уялдан илрүүлэгдэж болох ашигт малтмалын төрлийг схем байдлаар үзүүлэв (III.8-р зураг).



III.8-р зураг. Төслийн талбайн ашигт малтмалын хэтийн төлөвийн схем зураг

Дүгнэлт

Нуурын бүсийн палеозойн магматизм, геодинамик хөгжил, ашигт малтмал төслийн судалгааны ажлаар хээрийн судалгаа, чулуулгийн геохими, шинээр тогтоосон 10 үнэмлэхүй насны (U-Pb) үр дүнгээс дараах дүгнэлт гарч байна.

- Өмнөх судлаачдын болон энэ төслийн хүрээнд хийсэн геологийн хээрийн судалгаа, үнэмлэхүй нас (507.1 сая жил), геохимийн судалгааны үр дүнгээс харахад 531 ± 10 сая жилээс 495 ± 10 сая жилийн хооронд кембрийн далай дундын арлан нум хөгжсөн байна.
- Цулуул, Бургастай, Баатар, Цагаанцахир, Ангилагдаагүй кембрийн хурдас, Харгайт зэрэг формацуудаар илэрхийлэгдсэн 150 орчим км өргөнтэй нумын өврийн хотгор хөгжсөн байна.
- Мөн энэ арлан нум үүссэнтэй холбоотойгоор Завханы эх газрын блок болон арлан нумын хооронд арын тэнгис (Тоглой тэнгис) хөгжиж байсан бөгөөд эргээр нь археоциатын фаунтай шохойн чулуу бүхий кембрийн Даагандэл формац, мөн ижил насны спиллит-кератофирын Тоглой формацаар илэрхийлэгдэнэ.
- Өмнө нь дунд-хожуу кембрийн настай гэж үзэж байсан Тогтохыншил нуруунд тархсан Тогтохыншил бүрдэл нь энэ төслийн хүрээнд тодорхойлсон U-Pb үнэмлэхүй насны шинжилгээний 2 шинэ үр дүнгээр 455,9 - 445 сая жил гарсан нь хожуу ордовикийн нас үзүүлж байна. Тогтохыншилийн нуруунаас урагш, Ханхөхийн хагарлаас урагш тархалттай Тогтохыншил бүрдэл гэж ялгагдаж байсан гранитын биетүүдэд шинээр хийсэн 4 үнэмлэхүй насны үр дүн 461-445 сая жил үзүүлсэн учир Тогтохыншил бүрдлийн насыг дунд-хожуу ордовик гэж үзэх нь зүйтэй.
- Ордовикийн настай Тогтохыншил бүрдэл нь Нуурын бүсэд хөгжсөн эх газрын идэвхитэй захын нумын магматизмыг төлөөлж байна.
- Ордовикийн магмын нум нь өмнө нь байсан кембрийн арлан нумын өврийн хотгорын хурдас дундуур хөгжсөн учраас чулуулгийн төрөл, геохими нь зарим талаар эх газрын идэвхитэй захын шинжийг үзүүлдэг. Энэ үед Тоглой тэнгисд ордовик ? - силурын ангилаагүй терриген хурдас хөгжиж байсны үлдэгдэл нь Даагандэл уулын хойд үзүүрээр тархсан байдаг.

- Силурын цаг үед Тоглой тэнгис нь Завханы эх газрын блок болон ордовикийн нум руу субдукцлэж байсан нь одоогийн Завхан аймгийн Ургамал сумын Тосгуур орчимд тархсан гранитын биет (434 сая жил) болон Харнуурын массивын Оцонуул орчимд тархсан 432.5 ± 4.3 сая жилийн I-төрлийн гранитын биетүүдийн геохимийн шинжээс харагдаж байна.
- Энэ цаг үед кембрий болон ордовикийн нум нь өргөгдөж гүехэн тэнгисийн хурдас хуримтлагдаж байсныг Чаргатай мультэд тархсан доод силурын Чаргат формац илэрхийлнэ.
- Девоны цаг үе эхлэхэд девон-карбоны субдукцийн нумын эх газрын арын хотгорын рифтийн тэлэлт болж 395-420 сая жилийн настай Халзан, Шивээнгол, Хархираа бүрдлийн төрлийн А-төрлийн шүлтлэг гранитууд үүссэн байна.
- Далайн арын хотгор, ордовикийн магмын нум, нумын өврийн хотгор зэрэг геодинамикийн өөр өөр орчин нөхцлүүд ялгагдсан нь одоо байгаа ашигт малтмалын илрэлүүдээр батлагдаж байна. Иймд цаашид дээрх геодинамикийн орчинтой холбоотой үүсэж болох ашигт малтмалын орд, илрэлийг эрж хайхад чухал тектоникийн шалгуур болох юм.

Төслийн судалгааны үр дүнгээс гарах зөвлөмж:

Нуурын бүсэд геодинамикийн 4 ялгаатай үе шатны магматизм хөгжсөн байна.

Үүнд:

1. **Кембрийн далайн арлан нумын магматизм:** Төслийн талбайд ялгасан доод палеозойн геодинамикийн орчныг харуулсан план зурагт (III.3-р зураг) тасархай улаан зураасаар ялгагдсан талбайд багтах габбро – диорит – гранодиорит - гранитууд нь насны хувьд кембри (531 ± 10 - 495 ± 10 сая жилийн хооронд), геохимийн хувьд далайн арлан нумын шинжтэй байгаа нь кембрийн далай дундын арлан нум хөгжсөнийг илэрхийлнэ.

Эдгээр нь Тогтохын шил нуруунд анх ялгасан, энэ төслөөр ордовикийн настай болох нь тогтоогдсон Тогтохыншил бүрдлийн габбро-диорит-гранодиорит-гранитуудаас ялгаатай. Мөн зурагт тэмдэглэгдсэн кембрийн нумын арын хотгорын бүсэд базальт-габбро-диорит-плагиогранитын арын хотгорын голч нурууны магматизм тохиолдоно.

2. **Кембрийн нумын өврийн хотгор дээр давхцан хөгжсөн, эх газрын идэвхтэй захын хэв шинжтэй ордовикийн магматизм:** Нуурын бүсэд Цулуул, Бургастай, Баатар, Цагаанцахир, Ангилагдаагүй кембрийн хурдас, Харгайт зэрэг формацуудаар илэрхийлэгдсэн 150 орчим км өргөнтэй нумын өврийн хотгор хөгжсөн байна (III.3-р зураг, улаан зураасаар хязгаарласан). Хэдийгээр эртний далайн суурийн неопротерозойн настай зөөгдмөл циркон тохиолдож болзошгүй боловч геодинамикийн түүхэн хөгжлийн шинжээрээ эдгээр формацууд зөвхөн доод кембрийн үеэс хуримтлагдсан байх өндөр магадлалтай. Иймд энэ формацуудыг одоо зураглагдсанаар хожуу неопротерозой-кембрийн настай бус, зөвхөн кембрийн настай гэж үзэх нь зүйтэй байна.

Тогтохын шил нуруунд ялгаж, дунд кембрийн настай гэж үзэж байсан Тогтохыншил бүрдэл нь U-Pb үнэмлэхүй насны шинжилгээний шинэ үр дүнгээр 461-445 жил, дунд-хожуу ордовикийн настай болох нь тогтоогдож байна. Ордовикийн настай Тогтохыншил бүрдэл нь Нуурын бүсэд кембрийн арлан нумын өврийн хотгор, магмын нум дээр давхцан хөгжсөн эх газрын идэвхитэй захын нумын магматизмыг төлөөлж байна.

3. **Далайн арлан нум, түүн дээр хөгжсөн эх газрын идэвхтэй захын нумуудын ард Завханы бичил эх газар хоёрын хооронд хөгжиж байсан арын тэнгис хаагдсантай холбоотойгоор үүссэн эх газрын идэвхтэй захын силурын магматизм:** Мөн Даагандэл, Тоглой формацууд ч кембрийн арлан нум үүссэнтэй холбоотой нумын арын хотгорт хуримтлагдсан тул неопротерозойн болон неопротерозой-доод кембрийн настай бус доод кембри-кембрийн настай байж болно (археоциатуудаар баталгаажсан байдаг).

Силурын цаг үед Тоглой тэнгис нь Завханы эх газрын блок болон кембри, ордовикийн нум руу субдукцлэгдсэн байж болохыг одоогийн Завхан аймгийн Ургамал сумын Тосгуур орчимд тархсан, хуучин пермээр зураглагдаж байсан гранитын биетэд 434 сая жил, болон Харнуурын массивын Оцонуул орчимд тархсан 432.1 ± 4.3 сая жилийн нас тодорхойлогдсон, I-төрлийн, субдукцийн геохимийн шинжтэй гранитоид илтгэж байна. Иймд Нуурын бүсийн зүүн тал, Завханы бичил тивийн баруун талаар силурын настай гранитоид илрэх боломжтой.

4. **Нуурын бүс эх газар болсны дараа давхцан хөгжсөн девон-карбоны арын хотгорын плит доторх магматизм:** Девоны цаг үе эхлэхэд девон-карбоны субдукцийн нумын эх газрын арын хотгорын рифтийн тэлэлт болж 395-420 сая жилийн настай Халзан, Шивээнгол, Хархираа бүрдлийн төрлийн А-төрлийн шүлтлэг гранитууд үүссэн байна. Эдгээр нь Монгол Алтайд байсан силур-доод девоны идэвхгүй захын турбидит хурдсан дээр давхцан явагдсан девоны, Ил-Тарвагатайн карбоны субдукцийн арын хотгор гэж ойлгогдож байна.

Далайн арын хотгор, ордовикийн магмын нум, нумын өврийн хотгор, плит доторх зэрэг геодинамикийн өөр өөр орчин нөхцлүүд ялгагдсан нь ашигт малтмалын орд, илрэлийг эрж хайхад туслах чухал тектоникийн шалгуурууд шинээр бий болсон гэж үзэж болно.

Ашигласан материал

- Badarch, G., Cunningham, W.D. & Windley, B.F., 2002. A new terrane subdivision for Mongolia: implications for the Phanerozoic crustal growth of Central Asia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 21, 87-100.
- Boynton, W.V. 1984. Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In: *Rare Earth Element Geochemistry*. (Ed: Henderson, P.E.) Elsevier, Amsterdam, 63-114.
- Dergunov, A.B., Kovalenko, V.I., Ruzhentsev, S.V., Yarmolyuk, V.V. 2001. *Tectonic, Magmatism, and Metallogeny of Mongolia*. Routledge, London, New York
- Don, J., Dumicz, M., 1964. Budowa geologiczna południowej części obszaru górskiego Chasagtu-Chajrchan-uła w zachodniej Mongolii. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego*, 34/4. Kraków.
- Frost B.R., Barnes, C.G, Collins, W.J., Arculus, R.J., Ellis, D.J., Frost, C.D. 2001. A Geochemical Classification for Granitic Rocks. *Journal of Petrology*, vol. 42(11), p. 2033-2048,
- Gibsher, A., Khain, E., Kotov, A., Sal'nikova, E., Kozakov, I., Kovach, V.P., Yakovleva, S. & Fedoseenko, A., 2001. Late Vendian age of the Han-Taishiri ophiolite complex in western Mongolia. *Russian Geology and Geophysics*, 42, 1110-1117.
- Hou, K.J., Yanhe, L.I., Xie G.Q. 2007. Laser ablation-MC-ICP-MS technique for Hf isotope microanalysis of zircon and its geological applications. *Acta Petrologica Sinica*, v. 23, p. 2595–2604. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2014.05.003>
- Irvine, T.N., Baragar, W.R.A. 1971. A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks. *Canadian Journal of Earth Science*, v. 8, p. 523-548.
- Izokh, A.E., Polyakov, G.V., Gibsher, A.S., Balykin, P.A., Zhuravlev, D.Z., Parkhomenko, V.A., 1998. High-alumina stratified gabbroids of the Central-Asian fold belt: geochemistry, Sm–Nd isotopic age, and geodynamic conditions of formation. *Russ. Geol. Geophys.* 39 (11), 1565–1577.
- Janousek, Vojtech & Jiang, Yingde & Buriánek, David & Schulmann, Karel & Hanžl, Pavel & Soejono, Igor & Kröner, Alfred & Altanbaatar, Battushig & Erban, Vojtech

- & Lexa, Ondrej & Ganchuluun, Turbat & Košler, Jan. (2018). Cambrian–Ordovician magmatism of the Ikh-Mongol Arc System exemplified by the Khantaishir Magmatic Complex (Lake Zone, south–central Mongolia). *Gondwana Research*. 54. 122-149. [10.1016/j.gr.2017.10.003](https://doi.org/10.1016/j.gr.2017.10.003).
- Jian P, Kröner A, Jahn BM, Windley BF, Shi Y, Zhang W, Zhang F, Miao L, Tomurhuu D, Liu D (2014) Zircon dating of Neoproterozoic and Cambrian ophiolites in West Mongolia and implications for the timing of orogenic processes in the central part of the Central Asian Orogenic Belt. *Earth Sci Rev* 133: 62-93. <http://doi.org/10.1016/j.earscirev.2014.02.006>
- Kempe, U., Belyatsky, B., Dandar, S. 1996. Datierung der Nb-Zr-REE Mineralisationen von Khaldzan Buregte (Mongolischer Altai). *Europ. Jour. of Mineral*, v.8(1), p.135
- Kempe, U., Mockel, R., Graupner, T., Kynicky, J. 2015. The genesis of Zr–Nb–TR mineralisation at Khalzan Buregte (Western Mongolia) reconsidered. *Ore Geology Reviews*, vol. 64(1), p. 602-625.
- Kovach, V. P., Yarmolyuk, V. V., Kovalenko, V. I., Kozlovskiy, A. M., Kotov, A. B., & Terent'eva, L. B. (2011). Composition, sources, and mechanisms of formation of the continental crust of the Lake zone of the Central Asian Caledonides. II. Geochemical and Nd Isotope Data. *Petrology*, 19, 399–425. <https://doi.org/10.1134/S0869591111030064>
- Kovalenko V. I., Yarmolyuk V. V.; Endogenous rare metal ore formations and rare metal metallogeny of Mongolia. *Economic Geology* 1995; 90 (3): 520–529. doi: <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.90.3.520>
- Kovalenko, V.I., Tsareva, G.M., Goreglyad, A.V., Yarmolyuk, V.V., Arakelyants, M.M. 1989. Geology and petrography of alkaline rare-metal granitoids in Khaldzan-Buregteg massif (Mongolian Altai)
- Kovalenko, V.I., Tsareva, G.M., Yarmolyuk, V.V., Troitsky, V.A., Farmer, D.L., Chernyshev, I.V., 1992. Isotope composition of Sr and Nd and absolute age of the rare-metal alkaline granitoids in Western Mongolia. *Dokl. Akad. Nauk* 327 (4–6), 570–574 (in Russian).

- Kovalenko, V.I., Tsaryeva, G.M., Goreglyad, A.V., et al. 1995. The peralkaline granite-related Khaldzan-Buregtey rare metal (Zr, Nb, REE) deposit, western Mongolia, *Econ. Geol.*, 1995, vol. 90, pp. 530–547
- Kovalenko, V.I., Tsaryeva, G.M., Goreglyad, A.V., Yarmoluk, V.V., Troitsky, V.A. (1996). The peralkaline granite-related Khaldzan-Buregtey rare metal (Zr, Nb, REE) deposit, Western Mongolia. *Econ. Geol.*, v.90, p.530-547. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.90.3.530>
- Kovalenko, V.I., Tsaryeva, G.M., Goreglyad, A.V., Yarmolyuk, V.V., Troitsky, V.A., Hervig, R.L., & Farmer, G.L. (1995). The per-alkaline granite-related Khaldzan-Buregtey rare element (Zr, Nb, REE) deposit, western Mongolia. *Economic Geology*, 90, 520–529.
- Kovalenko, V.I., V.V. Yarmolyuk, I. S. Pukhtel', et al., (1996c) "Igneous Rocks and Magma Sources of the Ozernaya Zone Ophiolites, Mongolia," *Petrologiya* 4 (5), 453–495 (1996c) [*Petrology* 4, 420–459
- Kovalenko, V.I., V.V. Yarmolyuk, I.K. Kozakov, et al., (1996b) "Sm–Nd Isotope Provinces of the Earth's Crust in Central Asia," *Doklady Akad. Nauk* 348 (2), 220–222 (1996b) [*Dokl. Earth Sci.* 348, 559–561
- Kovalenko, V.I., V.V. Yarmolyuk, O. Tomurtogo, et al., (2005) "Geodynamics and Crust-Forming Processes in the Early Caledonides of the Bayanhongor Zone, Central Mongolia," *Geotektonika*, No. 4, 55–76 [*Geotectonics* 39, 298–316
- Kovalenko, V.I., V.V. Yarmolyuk, V. P. Kovach, et al., (1996a) "Sources of Phanerozoic Granitoids in Central Asia: Sm–Nd Isotope Data," *Geokhimiya*, No. 8, 699–712 (1996a) [*Geochem. Int.* 34, 628–640
- Kovalenko, V.I., Yarmolyuk, V.V., Kovach, V.P., Kotov, A.B., Kozakov I.K., Salnikova, E.B, Larin, A.M. 2004. Isotope provinces, mechanisms of generation and sources of continental crust in the Central Asian Mobile Belt: geological and isotopic evidence, *Journal of Asian Earth Sciences*, vol. 23, p. 605-627.
- Kovalenko, V.I., Yarmolyuk, V.V., Kovach, V.P., Salnikova, E.B. 2004a. Multiple magma sources for the peralkaline granitoids and related rocks of the Khaldzan Buregte

- Group of massifs, Western Mongolia: isotopic (neodymium, strontium, and oxygen) and geochemical data, *Petrology*, vol. 12(6), pp. 497-518
- Le Maitre, R.W. 1989. *A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms*. Blackwell, Oxford.
- Ludwig, K.R., 2003. *Isoplot 3: a geochronological toolkit for Microsoft Excel*. Berkeley Geochronology Center Special Publication 4.
- Martin, H., Smithies, R.H., Rapp, R., Moyen, J.F., Champion, D., (2005) An overview of adakite, tonalite–trondhjemite–granodiorite (TTG), and sanukitoid: relationships and some implication for crustal evolution. *Lithos* 79, 1–24. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2004.04.048>
- McDonough, W.F., Sun, S.S. 1995. The composition of the Earth. *Chemical Geology*, v. 67(5). p.1050-1056. *Teleosts. J. Exp. Biol.* 78, 167–179. <https://doi.org/10.1242/jeb.78.1.167>
- Middlemost, E.A.K. 1985. *Magma and Magmatic Rocks. An Introduction to Igneous Petrology*. Longman Group Ltd., London, New York, 266 p.
- Mullen, E.D. 1983. MnO/TiO₂/P₂O₅: A Minor Element Discriminant for Basaltic Rocks of Oceanic Environments and Its Implications for Petrogenesis. *Earth and Planetary Science Letters*, 62, 53-62.
- Oyunbat, S. (2020). Petrology and mineralogy of the Ulaan Del Zr-Nb-REE deposit, Lake Zone, Western Mongolia. *Mongolian Geoscientist*, 50, 45–62. <https://doi.org/10.5564/mgs.v50i0.1328>
- Pearce, J.A. 2008. Geochemical Fingerprinting of Oceanic Basalts with Applications to Ophiolite Classification and the Search for Archean Oceanic Crust. *Lithos*, 100, 14-48. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2007.06.016>
- Pearce, J.A., Harris, N.B., Tindle, A.G., 1984. Trace element distribution diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, v.25, p.956–983.
- Rudnev S.N., Gibsher A.S., Semenova D.V. Vendian Island-Arc Intrusive Magmatism of the Lake Zone of Western Mongolia (Geological, Geochronological, and

Petrochemical Data). *Russ. Geol. Geophys.* 2021; 62 (6): 619–632.
doi: <https://doi.org/10.2113/RGG20194153>

Rudnev S.N., Izokh A.E., Borisenko A.S., Gas'kov I.V. 2016. Granitoid magmatism and metallogeny of the Lake Zone in Western Mongolia (by the example of the Bumbat-Hairhan area), *Russian Geology and Geophysics*, Volume 57, Issue 2, 2016, Pages 207-224.

Rudnev, S. N., Izokh, A. E., Kovach, V.P., Shelepaev, R.A., Terent'eva, L.B. 2009. Age, Composition, Sources, and Geodynamic Environments of the Origin of Granitoids in the Northern Part of the Ozernaya Zone, Western Mongolia: Growth Mechanisms of the Paleozoic Continental Crust. *Petrology*, vol. 17(5), p.439-475.

Rudnev, S.N., 2009. Early Paleozoic gabbro-norite series in eastern Tuva: stages and formation conditions, in: Proc. Third Intern. Conf. "Ultrabasic-Basic Complexes of Folded Areas and Associated Deposits" [in Russian]. IGIg UrO RAN, Yekaterinburg, Vol. 2, pp. 150–154

Rudnev, S.N., 2013. Early Paleozoic Granitoid Magmatism of the Altai–Sayan Folded Area and Lake Zone in Western Mongolia [in Russian]. Izd. SO RAN, Novosibirsk.

Rudnev, S.N., Gibsher, A.A., Semenova, D.V., 2021. Vendian island arc intrusive magmatism of the Lake Zone of Western Mongolia (geological, geochronological, and petrochemical data). *Russ. Geol. Geophys.* 62 (6), 619–632, doi: [10.2113/RGG20194153](https://doi.org/10.2113/RGG20194153).

Rudnev, S.N., Izokh, A.E., Kovach, V.P., Shelepaev, R.A., Terent'e-va, L.B., 2009. Age, composition, sources, and geodynamic environments of the origin of granitoids in the northern part of the Ozernaya zone, Western Mongolia: growth mechanisms of the Paleozoic continental crust. *Petrology* 17 (5), 439–475, doi: [10.1134/S0869591109050026](https://doi.org/10.1134/S0869591109050026).

Rudnev, S.N., Turkina, O.M., Mal'kovets, V.G., Belousova, E.A., Serov, P.A., & Kiseleva, V.Y. (2022). Intrusive Complexes of the Late Neoproterozoic Island Arc Structure of the Lake Zone (Mongolia): Isotope Systematics and Sources of Melts. *Russian Geology and Geophysics*. DOI:[10.2113/RGG20204252](https://doi.org/10.2113/RGG20204252)

- Rudnev S. N., Vladimirov A. G., Ponomarchuk V. A., et al., "Kaakhemskii Polychronous Granite Batholith (E. Tuva): Composition, Age, Sources, and Geodynamic Setting," *Litosfera*, No. 2, 3–33 (2006).
- Rudnev S. N., Ponomarchuk V. A., Kiseleva V. Yu., et al., "Sr Isotopes in the Granitoids of the Kaa-Khem Granitoid Batholith, Eastern Tuva," in *Proceedings of 18th Vinogradov International Symposium on Isotope Geochemistry, Moscow, Russia, 2007 (GEOKHI, Moscow, 2007a)*, pp. 229–230 [in Russian].
- Soejono Igor, David Burianek, Martin Svojtka, Vladimir Zacek, Pavel Cap, Vojtech Janousek (2016) Mid-Ordovician and Late Devonian magmatism in the Togtokhinshil Complex: new insight into the formation and accretionary evolution of the Lake Zone (western Mongolia), *Jour. of Geosc.*, 61, 5-23. <https://doi.org/10.3190/jgeosci.208>.
- Tomurtogoo, O., 1989. Ophiolites and formation of folded belts in Mongolia, D.Sc Thesis. Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, 371 (in Russian).
- Vorontsov, A.A., Yarmolyuk, V.V., 1993. Petro-geochemical peculiarities of basic rock from Devonian graben of northwest Mongolia. *Dokl. Akad. Nauk* 328, 494–497 (in Russian).
- Wiedenbeck M. (1995) An example of reverse discordance during ion microprobe zircon dating: An artifact of enhanced ion yields from a radiogenic labile Pb. *Chemical Geology* 125, pp.197-218.
- Wood, C.M., McMahon, B.R., McDonald, D.G. 1979a. Respiratory Gas Exchange in the Resting Starry Flounder, *Platichthys Stellatus*: A Comparison With Other
- Wood, D.A. 1980. The application of a Th–Hf–Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary Volcanic Province. *Earth Planetary Science Letters*, 50, 11-30.
- Yarmolyuk, V. V., Kovach, V. P., Kovalenko, V. I., Salnikova, E. B., Kozlovskii, A. M., Kotov, A. B., Fedoseenko, A. M. (2011). Composition, sources, and mechanism of continental crust growth in the Lake zone of the Central Asian Caledonides: I.

Geological and geochronological data. *Petrology*, 19, 55–78.
<https://doi.org/10.1134/S0869591111010085>

Yarmolyuk, V.V., Kovalenko V.I., Kovach V.P., et al., (2003) “Geodynamics of Caledonides in the Central Asian Foldbelt,” *Doklady Akad. Nauk* 389 (3), 354–359

Yuan, H.L., Gao, S., Liu, X.M., Li, H.M, Gunther, D., Wu, F.Y. 2004. Accurate U-Pb age and trace element determinations of zircon by laser ablation-inductively coupled plasma Mass spectrometry. *Geostandards Newsletter*, v. 28. p. 353-370.

Беззубцев В.В. 1963. О стратиграфии докембрия и кембрия бассейна р. Дзабхан. Сб.: Материалы по геологии МНР. М.: Гостоптехиздат. С. 29-42.

Гаврилова, Н.С., Зайцев и др. 1975. Гранитоидные и щелочные формации в структурах Западной и Северной Монголии. Наука, Москва, стр. 288.

Геология Монгольской Народной Республики. 1973. Гл. Ред. Н.А.Маринов. Том II. Магматизм, метаморфизм, тектоника. Москва. Недра. стр.336-355

Гэрэл О. (2012) Интрузив чулуулаг III боть. Ер. Ред.: Ж.Бямба. Монголын геологи ба ашигт малтмал 8 боть, Уул уурхайн яам, Эрдэнэт үйлдвэр ХХК. 463х.

Дергунов А.Б., Лувсанданзан Б., Павленко В.С. 1980; Геология восточной Монголии. Вып. 31, Москва, Наука, 195с.

Дергунов А.Б. 1989. Каледониды Центральной Азии. Москва, Наука, 192с.

Ковач В.П., Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Козловский А.М., Котов А.Б., Терентьева Л.Б. (2011) Состав, источники и механизмы формирования континентальной коры Озерной зоны каледонид Центральной Азии. II. Геохимические и Nd-изотопные данные // *Петрология*, т. 19, № 3, с. 1–29.

Коваленко В.И., Ярмолюк В.В., Ковач В.П. и др. 2006. Типы магм и их источники в истории Земли. Часть II, М, ИГЕМ, РАН, 275с.

Лувсанданзан, Б. 1976. Өрнөд Монголын палеозойн атираат бүтцүүд ба боржинлог формациуд. ШУ-ны докторын диссертаци.

- Маринов Н.А., Зоненшайн Л.П., Благонравов В.А. 1973. Геология Монгольской Народной Республики. Т.1. М: Недра.
- Маркова Н.Г., 1975. Стратиграфия нижнего и среднего палеозоя Западной Монголии, Москва, Наука.
- Матросов, П.С., Полевая, Н.И., Спринцсон, В.Д. 1963. Абсолютный возраст некоторых интрузивных пород западной Монголии. В.кн.: материалы по региональной геологии и металлогений Корейского полуострова и Монголии. Труды Всес науч иссл геол ин-та т. 100. Стр. 145-153
- Минжин, Ч. 2006. Монголын ордовик силурын давхаргазүйн судалгаа. Монгол улсын шинжлэх ухаан, боть 53, Улаанбаатар, Согоо нуур хэвлэлийн газар. Х. 76-104.
- Мөнхцэнгэл Б., Чимэдцэрэн А., Жавхлан О., Батхишиг Б., Алтанзул Б., Соёлмаа Б., Бүрэнжаргал Ө., Ундармаа Б., Ариунцэцэг Г., Манзшир Б., Мөнх Ж.. Зөвлөхүүд: Гэрэл О., Төмөртоого О. 2018. Субдукцийн бүсийн геологи, магматизм, хүдэржилтийн судалгаа, хэтийн төлөв. (Эрдэнэ, Нуурын бүс, Өмнөд Монголын Мандах Манлай, Баруун өмнөд Монголын Эдрэн-Суман хад) УУХҮЯ-ны захиалгаар БСШУСЯ, ШУТС-ийн санхүүжилттэй, Шинжлэх ухаан технологийн төслийн тайлан 2016-2018. ShUTT_012/2015. 450 х.
- Оюунбат, С. 2021. Нуурын бүсийн Улаан Дэл газрын ховор элемент (ГХЭ)-ийн ордын геологи ба бодисын найрлага. Докторын диссертаци, ШУТИС, Хэвлэх үйлдвэр, 110х.
- Руднев С.Н, Изох А.Э, Ковач В.П, Шелепаев Р.А, Терентьева Л.Б. (2009). Возраст, состав источники и геодинамические условия формирования гранитоидов северной части Озерной зоны Западной Монголии, Петрология, том 17, № 5, 470-508.
- Төмөртоого О. 2012. Монгол орны ороген мужуудын тектоник мужлалт. Хайгуулчин, N46. х. 20-35.
- Төмөртоого О. 2017. Монгол улсын нутаг дэвсгэрийн тектоник дүүрэгчлэл. Масштаб 1:3000000.

Эрдэнэчимэг Д., Болдбаатар Г., Энхбаяр Б., Дамдинжав Б., Таванбаатар Ц., Оюунгэрэл Н. 2018. Монгол улсын геологийн зураг. Масштаб 1:500000.

Яшина Р.М (1982) Щелочной магматизм складчато-глыбовых областей. М.: Наука, 1982. 273 с.

Фондын материал:

АМГТГ, Эрдэс баялгийн мэдээллийн технологийн төвийн орд илрэлийн мэдээллийн сан.

Амантов В.А., Ю.А.Борзаковский, И.И.Волчек (1967) БНМАУ-ын геологийн тогтоц ба ашигт малтмал. #1738.

Ганцогт Г., Батбаяр М., Цэдэн Г. ба бусад. 2004. Хулман нуурын талбайд 2002-2004 онд гүйцэтгэсэн 1:50,000-ны масштабын геологийн зураглал, ерөнхий эрэл "Алтай нэгдэл" ХХК, 5605ф

Демин, А.Н. 1990. Монгол Алтайд 1:50,000-ны масштабтай зураглал, эрлийн ажил явуулахад зориулсан давхаргазүй, магматизмын схемийн боловсруулалт "СОВГЕО" геологийн нэгдэл, 4413ф.

Дэжидмаа Г., Жаргалан С., Ариунбилэг С., Ганцэцэг О., Болд-Эрдэнэ Б., Хүрэлбаатар Б., Цацрал У., Гүрбадам Э. 2020. Монгол орны бүс нутгийн металлогени, ашигт малтмалын ордын төрлүүдийн тархалт, байршлын зүй тогтлын 1:1000000-н масштабын зураг зохиох төслийн тайлан. 9790Ф.

Жамъяндорж У., Безпечинский В.С.1977. Их нууруудын хотгорт 1974-1975 онд хийсэн 1:200000-ны масштабтай геологийн зураглалын ажлын тайлан. 2740ф.

Магсаржав Д., Уранчимэг Ю., Зоригт Б., Давгацэрэн Ц. 1997. Увс аймгийн Цагаанхайрхан сумын нутагт орших Төмөр чулуутын төмрийн ордод 2008 онд гүйцэтгэсэн хайгуулын ажлын үр дүнгийн тайлан. 6064ф.

Мустафа Сенел, Явуз Беди, Эركان Куску. 2007. Монгол Алтайн бүсийн төвийн хэсгийн (Ховд) геологи ба металлогени. 6375Ф.

Оюунбат С, Даваасамбуу Д, Гансүх Ц, Азаяа А, Ганчимэг Г, Агар Б. 2018. Увс аймгийн Завхан сумын нутаг дахь "Улаан Дэл" циркони-ГХЭ ордод 2010-

- 2017 онуудад гүйцэтгэсэн хайгуулын ажлын үр дүнгийн тайлан (ордын нөөц 2017 оны 10-р сарын 01-ний байдлаар). ф.8551.
- Самозванцев В.А., А.Б.Цукерник, В.И.Голяков, 1982 он 1:200000-ны масштабтай геологийн зураглал, ерөнхий эрлийн ажил. 3576ф.
- Самозванцев В.А., А.Б.Цукерник, В.И.Голяков, 1982 он 1:200000-ны масштабтай геологийн зураглал, ерөнхий эрлийн ажил.3576Ф.
- Товуудорж Д., Б.Энхтуяа. 2005. Баруун Монгол “УГЗ-200” төсөл. 5734-5736
- Товуудорж, Д., Сумъяа, Т., Саруул, А., нар, 2008. “УГЗ-200 Баруун Монгол II” төслийн 2005-2007 онд зохиосон 1:200,000-ны иж бүрдэл зураг. Геологийн Мэдээллийн Төв, 5863ф.
- Товуудорж, Д., Саруул, А., Сумъяа, Т., Болдбаатар, Ч., Соёлдорж, Д. 2010. “УГЗ-200 Баруун Монгол III” төслөөр 2008-2010 онуудад гүйцэтгэсэн 1:200,000-ны иж бүрдэл зураглал. Геологийн Мэдээллийн Төв, 6327ф.
- Тогтох Д., Гансүх З., Баатархуяг А. 1977. Ханхөхийн районд хийсэн 1:200000-ны масштабын геологийн зураглал, эрлийн ажлын тайлан (М-46-XXIII, XXIV, XXIX, XXX). 2330ф.
- Тогтох Д., Баатархуяг А., Баярдалай С. Тонхилын ангийн 1988-1991 онд хийсэн 1:200000-ны масштабын геологийн бүлэгчилсэн зураглалын ажлын үр дүнгийн тайлан. L46-X, XI, XII, XVI, XVII, XVIII, XXIII, XXIV. 4861ф.
- Төмөр С., нар 2003. Увс аймгийн Цагаанхайрхан, Завхан аймгийн Ургамал сумдын нутаг Хульжийн талбайд 2001-2003 онд хийсэн 1:50000 масштабтай геологийн зураглал, ерөнхий эрэл. 5519ф.
- Чулуунбат Д. Нарийн салааны алтны шороон ордын эрэл-үнэлгээ, хайгуулын ажлын үр дүнгийн тайлан 1998. 5109ф.
- Эрдэнэцогт С., Т.Тогтохбаяр, 2001. 1:50000-ны масштабтай геологийн зураглал, ерөнхий эрлийн ажил. 5414ф.