

МОНГОЛ УЛСЫН ШИНЖЛЭХ УХААНЫ АКАДЕМИ  
ГЕОЛОГИЙН ХҮРЭЭЛЭН

АБА

Нууцын зэрэглэл "Б"

Улсын бүртгэлийн дугаар:

Санхүүжүүлэгч байгууллага: Шинжлэх Ухаан Технологийн Сан

Тайлан өмчлөгч: ШУА-ийн Геологийн хүрээлэн

ХАТАНБУЛАГ БА ӨМНӨД ГОВИЙН  
ЭРТНИЙ МАССИВУУДЫН СУУРЬ БОЛОН  
ХУЧААС БҮРДЛҮҮД: ГЕОЛОГИЙН  
ХӨГЖИЛ, ХҮДЭРЖИЛТ

**Зөвлөх:** О.Төмөртоогоо (ШУА-ийн Геологийн хүрээлэнгийн захирлын зөвлөх,  
Монгол Улсын Шинжлэх ухааны гавьяат зүтгэлтэн, академич, доктор /Sc.D/)

**Удирдагч:** Ц.Наранцэцэг (Ph.D)

**Гүйцэтгэгчид:** Б.Энхдалай (MSc), Д.Оролмаа (Ph.D), Д.Мөнхжин, Ч.Эрдэнэжаргал (MSc), Б.Мөнхсүрэн (MSc), П.Дэлгэрзаяа (MSc), Б.Ууганцэцэг (MSc), А.Тулга (MSc), О.Энх-Орших (MSc)

Гүйцэтгэгч байгууллагын хаяг:

ШУА-ийн ХХТХ 3-р байр,  
19-р хороо, Сонгинохайрхан дүүрэг,  
Улаанбаатар хот-18080

2022 он

## ГАРЧИГ

РЕФЕРАТ.....	I
ОРШИЛ.....	II
<b>БҮЛЭГ 1. ТӨВ АЗИЙН ОРОГЕН БҮС БА ӨМНӨД МОНГОЛЫН ЭРТНИЙ МАССИВУУД: БАЙРШИЛ, ТЕКТНИК АНГИЛАЛ, НАСЖИЛТ</b>	
1.1. Төв Азийн Ороген Бүсийн эртний массивууд (Ц.Наранцэцэг).....	1
1.2. Монгол орны өмнөд хэсгийн эртний массивууд (Ц.Наранцэцэг, Б.Ууганцэцэг).....	8
<b>БҮЛЭГ 2. СУДАЛГААНЫ АРГА, АРГАЧЛАЛ</b> .....	15
<b>БҮЛЭГ 3. ХАТАНБУЛАГИЙН ЭРТНИЙ МАССИВ</b>	
3.1 Хутаг Уулын блокийн суурь ба хучаас бүрдлүүдийн геологи, геохронологи, геохими.....	17
3.1.1. Хутаг уулын дүүрэг (Ц.Наранцэцэг, Б.Энхдалай).....	18
3.1.2. Баян-Овоо дүүрэг (Б.Энхдалай, Д.Мөнхжин).....	50
3.1.3. Даргиат уулын дүүрэг (Д.Мөнхжин).....	74
3.2. Цагаан Уулын блокийн суурь ба хучаас бүрдлүүдийн геологи, геохронологи, геохими .....	88
3.2.1. Цагаан уулын дүүрэг (Ц.Наранцэцэг, Ч.Эрдэнэжаргал, Б.Ууганцэцэг, Б.Мөнхсүрэн).....	90
3.2.2. Хөрхийн нурууны дүүрэг (Б.Энхдалай) .....	111
<b>БҮЛЭГ 4. ӨМНӨД ГОВИЙН ЭРТНИЙ МАССИВ</b> .....	132
4.1 Нүхтдавааны блокийн суурь ба хучаас бүрдлүүдийн геологи, геохронологи, геохими .....	132
4.1.1. Сүмтнуурын дүүрэг (Ц.Наранцэцэг, Д.Оролмаа, О.Энх-Орших, Д.Мөнхжин).....	132
4.1.2. Алаг баян уулын дүүрэг (Ц.Наранцэцэг, Б.Мөнхсүрэн, Б.Энхдалай, Ч.Эрдэнэжаргал, Б.Ууганцэцэг).....	165
4.2. Говийн Тэнгэр уулын блокийн суурь ба хучаас бүрдлүүдийн геологи, геохронологи, геохими .....	205
4.2.1. Цохиотын дүүрэг (А.Тулга, Ц.Наранцэцэг, Б. Мөнхсүрэн)....	207
4.2.2. Атас богд-Төмөртийн нурууны дүүрэг (П.Дэлгэрзаяа, Ц.Наранцэцэг).....	228
<b>БҮЛЭГ 5. ЭРТНИЙ МАССИВУУДЫН МААГМЫН ИДЭВХШЛИЙН ҮЕ ШАТ БА ГЕОЛОГИЙН БҮРДЛҮҮДТЭЙ ХОЛБООТОЙ ХҮДЭРЖИЛТ</b> (Ц.Наранцэцэг, Д.Оролмаа, Ч:Эрдэнэжаргал, Б.Энхдалай).....	245
<b>БҮЛЭГ 6. ЭРТНИЙ МАССИВУУДЫН ГАРАЛ ҮҮСЭЛ БА ГЕОДИНАМИК ХӨГЖИЛ.</b> (Ц.Наранцэцэг, Ч.Эрдэнэжаргал, Б.Энхдалай).....	262
<b>ЕРӨНХИЙ ДҮГНЭЛТ</b> .....	271
<b>ХАВСРАЛТ 1. ХҮСНЭГТИЙН ЖАГСААЛТ</b> .....	273
<b>АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛЫН ЖАГСААЛТ</b> .....	312
<b>ХЭВЛҮҮЛСЭН БҮТЭЭЛИЙН ЖАГСААЛТ</b> .....	333

## РЕФЕРАТ

### Тайлангийн нэр: “ХАТАНБУЛАГИЙН БА ӨМНӨД ГОВИЙН ЭРТНИЙ МАССИВУУДЫН СУУРЬ БОЛОН ХУЧААС БҮРДЛҮҮД: ГЕОЛОГИЙН ХӨГЖИЛ, ХҮДЭРЖИЛТ”

Хуудас 340, зураг, схем, диаграмм, фото зураг нийт 234, хүснэгт 32, Улаанбаатар, 2022, ШУА-ийн Геологийн хүрээлэн

**Төслийн удирдагч:** Ц.Наранцэцэг (PhD)

**Зохиогчид:** Ц.Наранцэцэг (PhD), Б.Энхдалай (MSc), Д.Оролмаа (PhD), Д.Мөнхжин, Ч.Эрдэнэжаргал (MSc), Б.Мөнхсүрэн (MSc), П.Дэлгэрзаяа (MSc), Б.Ууганцэцэг (MSc), А.Тулга (MSc), О.Энх-Орших (MSc),

**Төслийн удирдагч:** Ц.Наранцэцэг, доктор (PhD)

**Төслийн зөвлөх:** Академич О.Төмөртоогоо

Тайлан нь оршил, 6 бүлэг, ерөнхий дүгнэлт, ашигласан хэвлэлийн жагсаалт, төсөл хэрэгжих явцад хэвлүүлсэн бүтээлийн жагсаалтаас бүрдэнэ.

Тайлангийн “Төв Азийн Ороген Бүс ба Өмнөд Монголын эртний массивууд: байршил, тектоник ангилал, насжилт” хэмээх эхний бүлэгт Төв Азийн Ороген бүсийн хэмжээнд тогтоогддог эртний массив буюу бичил тивүүдийн тархалт, тектоник ангилал, магматизм, хурдас хуримтлал, насны асуудлаар сүүлийн жилүүдэд бий болоод байгаа шинэлэг мэдээллүүдийг нэгтгэн харуулснаас гадна Монгол орны өмнөд хэсэгт ялгагддаг эртний суурь бүтцүүдийн тектоник ангилал геологийн судалгааны эхэн үеэс эхлэн өнөөг хүртэл хэрхэн хийгдэж ирсэн, мөн тэдгээр суурь бүрдлүүдийн хэмжээнд төсөл хэрэгжихээс өмнө бий болоод байсан мэдлэг мэдээллүүдийг тоймлон оруулсан болно.

Тайлангийн 2-р бүлэгт төслийн зорилго, зорилттой уялдуулан хээрийн судалгааны арга аргачлал, судалгаа явуулсан талбайнуудын талаар товч мэдээлэл өгөхийн зэрэгцээ суурин судалгааны ажлын явцад хурдас чулуулгийн петрографи, геохими, геохронологийн судалгааг хэрхэн явуулсан болон нэгтгэн боловсруулсан арга аргачлалуудын талаар дэлгэрэнгүй орууллаа.

3-р бүлэгт Хатанбулагийн эртний массивын Хутаг Уул ба Цагаан Уулын блокийн суурь ба хучаас бүрдэлд хамаарагддаг Хутаг-Уул метакомплекс, Цээл, Даргиат болон Жирэм-Уул формацуудын геологийн судалгааг Хутаг уул, Баян овоо уул болон Даргиат уулын дүүргүүдэд, палеопротерозойн ба силүрийн ангилагдаагүй зузаалаг, Цагаан-Уул, Хөхморьт формацуудын судалгааг Цагаан уул ба Хөрхийн нурууны дүүргүүдэд тус тус явуулж хурдас чулуулгуудын петрографи, геохими болон геохронологийн нарийвчилсан шинжилгээний дүнгүүдтэй нэгтгэн дүгнэж метакомплекс болон формацуудын нас, гарал үүсэл, хурдас хуримтлалын орчин, магматизм, үүслийн геодинамик нөхцлийн талаар олон тооны шинэлэг үр дүн бий болгосон талаар өгүүлсэн болно.

4-р бүлэгт Өмнөд говийн эртний массивын Нүхтдаваа ба Говийн Тэнгэр уулын блокийн суурь ба хучаас бүрдэлд хамаарагддаг Сүмтнуур метакомплекс,

Шогшоохонгор формац болон тэдгээрийг түрсэн Сүмт ба Нүхэтдаваа бүрдлийн геологийн судалгааг Сүмт нуурын дүүрэгт, Хутаг-Уул метакомплекс, Норовзээг, Хөөвөр формац ба силүрийн ангилагдаагүй зузаалгийн судалгааг Алаг баян уулын дүүрэгт, силүр-девоны Төмөрт, Ундаан болон карбоны формацуудын судалгааг Атас Богд-Төмөртийн нуруу болон Цохиотын дүүргүүдэд тус тус явуулж хурдас чулуулгуудын петрографи, геохими болон геохронологийн нарийвчилсан шинжилгээний дүнгүүдтэй нэгтгэн дүгнэж метакомплекс болон формацуудын нас, гарал үүсэл, хурдас хуримтлалын орчин, магматизм, үүслийн геодинамик нөхцлийн талаар олон тооны шинэлэг үр дүн бий болгосон талаар өгүүлсэн болно.

“Эртний массивуудын маагмын идэвхшлийн үе шат ба геологийн бүрдлүүдтэй холбоотой хүдэржилт” хэмээх 5-р бүлэгт өөрсдийн бий болгосон шинэлэг өгөгдөлд тулгуурлан судалгаа явуулсан талбайнуудын хэмжээнд геологийн бүрдлүүдийн давхрагазүйн ангилалыг шинэчлэн боловсруулсны зэрэгцээ тэдгээр талбайн хэмжээнд тархалттай интрузив бүрдэл, ашигт малтмал, хүдэржилтийн чиглэлээр хэвлэгдсэн материалуудтай харьцуулан нэгтгэн дүгнэсэн талаар харуулсан болно.

“Эртний массивуудын гарал үүсэл ба геодинамик хөгжил” хэмээх 6-р бүлэгт Хатанбулаг ба Өмнөд Говийн эртний массивуудын Хутаг Уул, Цагаан Уул, Нүхтдаваа болон Говийн Тэнгэр уулын блокуудын хэмжээнд тэдгээрийн суурь бүтцүүдийн талаар бий болгосон бүхий л шинэлэг өгөгдлүүдийг нэгтгэн дүгнэж блокуудын гарал үүслийн талаар бодитой таамаглал дэвшүүлсэн талаар өгүүлсэн болно.

## ОРШИЛ

Тус тайланд 2018-2020 онуудад хэрэгжүүлсэн “Хатанбулагийн ба Өмнөд говийн эртний массивуудын суурь болон хучаас бүрдлүүд: Геологийн хөгжил, хүдэржилт” сэдэвт суурь судалгааны төслийн үр дүнг нэгтгэн тусгав. Тус төсөл нь Хатанбулагийн ба Өмнөд Говийн эртний массивуудын суурь, палеозойн хучаас болон интрузив бүрдлүүдийн геологийн тогтоц, структурын хэв шинж, бодисын найрлага, насны асуудлыг нарийвчлан тогтоох замаар тэдгээрийн үүслийн цаг хугацаа ба нөхцлийг тодруулан массивуудын гарал үүсэл, геодинамик хөгжлийн загварыг боловсруулах, геологийн бүрдлүүдтэй холбоотой хүдэржилтийн зүй тогтлыг илрүүлэх үндсэн зорилготой байв.

Төсөл хэрэгжих явцад дэлхий дахиныг хамарсан цар тахлаас үүдэлтэй төслийн санхүүжилт саатсан, улс орнуудын хил хаагдсаны улмаас судлаачдаа гадаадын геологийн мэргэжлийн байгууллагууд руу илгээх боломжгүй болсон, мөн төслийн санхүүжилтэд тусгах боломжгүй өндөр үнэ төлбөр бүхий үнэмлэхүй насны шинжилгээ хийлгэх боломж олгодог гадаад хамтын ажиллагаа хумигдсан зэрэг олон хүндрэлүүд тулгарсан. Иймээс төслийн зорилго, зорилтыг биелүүлэхийн тулд АМГТГ ба Үндэсний Геологийн Албанаас хэрэгжүүлсэн “Монгол орны “К” хавтгайн хэмжээнд зохиогдсон улсын геологийн 1:200000-ны масштабын иж бүрдэл зургуудыг нэгтгэх төсөл”-ийн бүрэлдэхүүнд ажиллан зарим талбайд хээрийн судалгааны ажил явуулж холбогдох дээж сорьцуудаа цуглуулах, шаардлагатай зарим геохими, геохронологийн шинжилгээг хийлгэх, судалгаа шинжилгээний үр дүнгээ боловсруулан хамтарсан эрдэм шинжилгээний өгүүлэл хэвлүүлэх, төслийн тайланд тусгах зэрэг бүхий л боломжит хувилбараар хамтран ажилласан. Мөн Монголын Стратиграфийн Комиссийн бүрэлдэхүүнд ажиллаж 1:50000 масштабын геологийн эрэл, зураглалын ажил гүйцэтгэж буй компаниудын геологичдод зөвлөлгөө өгөх явцад төслийн зарим талбайнуудад ажиллаж холбогдох дээж сорьцуудыг цуглуулсан болно.

Тайлангийн хугацаанд төслийн гүйцэтгэгчид нийт 5 удаагийн (үүнээс 3 нь төслийн санхүүжилтээр) хээрийн геологийн судалгааг Хатанбулагийн эртний массивын Хутаг Уул ба Цагаан Уулын блокийн Хутаг уул, Баян овоо, Даргиат уул, Цагаан уул ба Хөрхийн нурууны дүүргүүдэд, Өмнөд Говийн эртний массивын Нүхтдаваа ба Говийн Тэнгэр уулын блокийн Сүмт нуур, Алаг баян уул, Цохиот ба Атас Богд-Төмөртийн нурууны нийт 8 тулгуур дүүргийн хэмжээнд тус тус төвлөрөн явуулж нас, найрлага, үүслийн геодинамикийн асуудлууд бүрэн шийдвэрлэгдээгүй суурь ба хучаас бүрдлүүдийн чулуулгуудын эрдсийн бүрэлдэхүүн, бодисын найрлага, насны асуудлуудыг нарийвчлах зорилгоор холбогдох 500 гаруй дээж сорьцуудыг цуглуулснаас гадна давхраажсан хурдсын хил заагийг тодруулах, боломжтой тохиолдолд геологийн зүсэлтүүд хийх, геологийн зураг зохиох зэрэг ажлуудыг хийж гүйцэтгэсэн болно.

Суурин боловсруулалтын ажлын явцад метакомплекс, формац, бүрдлүүдийн 200 гаруй петрографийн шлифийн судалгааг явуулж, тэдгээрийн литологи, эрдэслэг бүрэлдэхүүний талаарх мэдээллүүдийг бий болгосон бөгөөд төслийн эрдэм шинжилгээний зардлаар хийлгэсэн 11.7 сая гаруй төгрөгний өртөг бүхий 190 дээжний геохимийн бүрэн шинжилгээнээс гадна гадаад хамтын ажиллагааны шугамаар 50, “Монгол орны “К” хавтгайн хэмжээнд зохиогдсон улсын геологийн 1:200000-ны масштабын иж бүрдэл зургуудыг нэгтгэх төсөл”-ийн санхүүжилтээр 40, нийт 280 гаруй дээжний геохимийн шинжилгээний үр дүнг боловсруулан тайланд тусгасан болно. Мөн түүнчлэн гадаад хамтын ажиллагааны шугамаар 28 дээжинд U-Pb-ны геохронологи, 50 дээжинд Sm-Nd ба Rb-Sr-ийн изотопийн шинжилгээг

хийлгэж анхдагч өгөгдлүүдийг боловсруулснаас гадна “К” төслийн шугамаар хийгдсэн 15 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээг тус тайланд ашигласан болно.

Тайлангийн хугацаад бидний бий болгосон геологи, стратиграфи (давхрагазүй), геохими, геохронологийн эдгээр цогц мэдээллүүд нь Хатанбулаг ба Өмнөд Говийн эртний массивуудын судалгаанд хамрагдсан суурь ба хучаас бүрдэл болох метакомплекс ба формацуудын насыг тогтоож давхрагазүйн ангиллыг шинэчлэн боловсруулах, тэдгээрийн үүслийн геодинамик нөхцөл, гарал үүслийн асуудлыг шийдвэрлэх, улмаар өмнөх судалгааны өгөгдлүүдтэй харьцуулан бүс нутгийн хэмжээнд явагдсан маагмын идэвхшлийн үе шатуудыг тодруулах, хүдэржилтийн ерөнхий зүй тогтлыг илрүүлэх боломжийг бүрдүүлсэн юм.

Тайлангийн хугацаанд төслийн гүйцэтгэгч нар нийт ном товхимол 4, “Journal of Asian Earth Science”, ‘Gondwana Research’, ‘American Mineralogist’, ‘Mongolian Geoscientist’ “Стратиграфия, Геологическая Корреляция” зэрэг олон улсын мэргэжлийн нэр хүнд бүхий сэтгүүлүүдэд 18, үндэсний мэргэжлийн сэтгүүлүүдэд 17, нийт 35 бүрэн хэмжээний өгүүллийг хэвлүүлснээс гадна 25 илтгэлийг олон улсын болон үндэсний эрдэм шинжилгээний хурлуудад хэлэлцүүлэн нийтийн хүртээл болгосон байна. Эдгээрийн дотроос төслийн талбайн судалгааны ажлын үр дүнгээр олон улсын мэргэжлийн сэтгүүлд 3, үндэсний мэргэжлийн сэтгүүлд 9, нийт 12 өгүүлэл хэвлүүлж 5 эрдэм шинжилгээний илтгэлийг хэвлүүлсэн болно. Мөн тус төслийн 2 ажилтан АМГТГ ба Үндэсний Геологийн Албанаас хэрэгжүүлсэн “Монгол орны “К” хавтгайн хэмжээнд зохиогдсон улсын геологийн 1:200000-ны масштабын иж бүрдэл зургуудыг нэгтгэх төсөл” болон “Гемэдээлэл-2019” төслүүдэд оролцон ажиллаж нийт 6 геологийн зурагзүйн бүтээл, тайлбар бичиг, 2 сэдэвчилсэн судалгааны тайланг тус тус хамтран боловсруулсан байна. Түүнчлэн тус төслийн 2 залуу судлаач “Палеозойн Ундаан формацын вулканоген чулуулгийн геохими, геохронологи”, ‘Tectono-magmatic evolution of Late Mesozoic Erdenesant-Unjuul extensional granitic domes in Central Mongolia and it’s geologic significances’ сэдвүүдээр МУИС болон Хятадын Ухань хотын Геологийн Шинжлэх Ухааны Их сургуульд магистрийн зэрэг амжилттай хамгаалснаас гадна 1 залуу судлаач Монгол улсын ууган геологич Ж.Дүгэрсүрэнгийн нэрэмжит “Залуу судлаач-2021” эрдэм шинжилгээний бага хуралд “Жирэм-Уул формацын тунамал чулуулгийн геохими, геохронологийн үр дүн” сэдэвт илтгэлээр тэргүүн байр эзэлсэн байна. Мөн төсөл хэрэгжих явцад давхардсан тоогоор 4 судлаач Хятадын ГШУА-ийн Геологийн хүрээлэн, Японы Окаяма, Акитагийн Их сургууль зэрэг геологийн мэргэжлийн байгууллагуудад ажиллаж төслийн талбайгаас авагдсан дээж сорьцнуудад U-Pb геохронологийн шинжилгээг явуулснаас гадна өнгөлсөн тунгалаг шлифэнд микрозондын буюу эрдсийн бүрэлдэхүүний шинжилгээг явуулсан болно.

Одоогийн байдлаар тус төслийн 4 залуу гүйцэтгэгч Умард ба Өмнөд Монголын кембрийн өмнөх метаморф чулуулаг болон палеозойн тунамал вулканоген чулуулгуудын геологи, геохими, геохронологи, микропалеонтологийн судалгааны чиглэлээр ШУТИС, ОХУ болон Хятадын их сургуулиудын докторантурт суралцаж байгаа болно. Мөн төслийн хэмжээнд бий болсон үр дүнгээр 4-5 эрдэм шинжилгээний бүрэн хэмжээний өгүүлэл бичигдэж байгаа болно.

# БҮЛЭГ 1. ТӨВ АЗИЙН ОРОГЕН БҮС БА ӨМНӨД МОНГОЛЫН ЭРТНИЙ МАССИВУУД: БАЙРШИЛ, ТЕКТНИК АНГИЛАЛ, НАСЖИЛТ

## 1.1. ТӨВ АЗИЙН ОРОГЕН БҮСИЙН ЭРТНИЙ МАССИВУУД

Эртний массив, бичилтив болон блок гэх зэргээр нэрлэгдэж ирсэн эртний бүтцүүдийн тухай ойлголт геологийн шинжлэх ухаанд өнгөрсөн зуунд бий болсон бөгөөд түүнд атриат бүслүүрүүдийн доторхи кембрийн өмнөх боржинлог-метаморф суурьтай, тэнгисийн тунамал ба вулканоген-тунамал хучлага бүхий геологийн биетүүдийг хамааруулдаг.

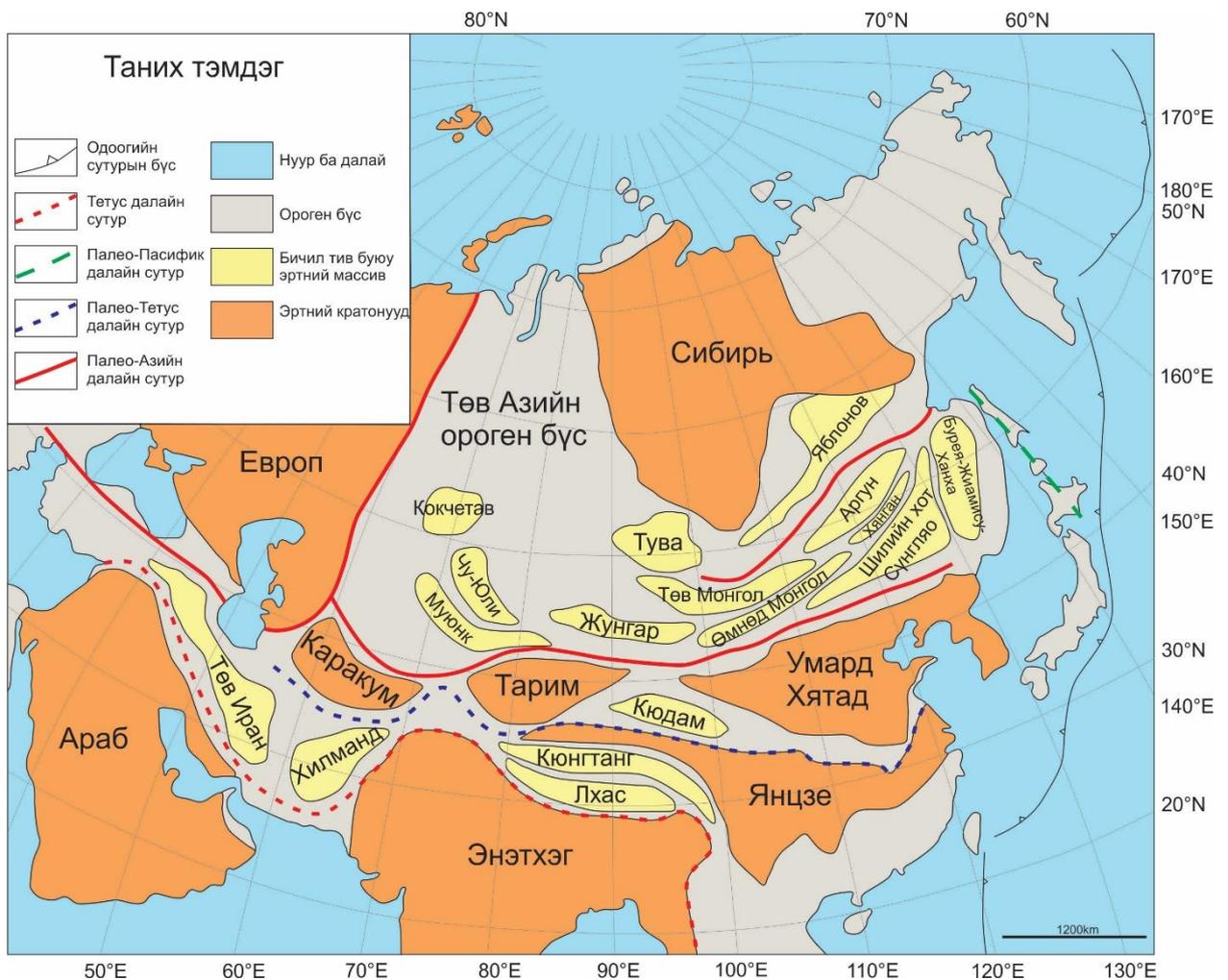
Төв Азийн Ороген Бүс (цаашид ТАОБ) нь Сибирь, Балти, Умард Хятад болон Таримийн кратонуудын дунд орших өргөн уудам нутгийг хамрах бөгөөд олон тооны эртний массив (бичилтив), арланнум-нумын арын хотгор, далайн арланнум, офиолит ба субдукц-аккрецийн бүрдлүүдийг агуулдаг (Sengör et al., 1993; Jahn et al., 2000; Jahn, 2004; Windley et al., 2007; Kröner et al., 2005, 2009, 2011, 2013).

ТАОБ-ийн бичил тив буюу эртний массивуудыг Палеоазийн далайн дунд блок хэлбэрээр байрлаж байсан архейгаас неопротерозойн настай эртний эх газрын царцдасын үлдэц хэмээн үздэг бөгөөд зарим тохиолдолд тэдгээр нь аккрецийн эх газрын өсөлтийн цөм болж байсан бол зарим нь эртний кратонд аллохтон террейн хэлбэрээр аккрецлагдсан байдаг (Kröner et al., 2005, 2009, 2011, 2013; Demoux et al., 2009a, b; Khain et al., 1995, 2003; Kovach et al., 2005, 2011, 2007; Degtyarev et al., 2007, 2015).

Сүүлийн жилүүдэд ТАОБ-ийн эртний массивуудын тархалт, тектоник ангилал, структурын хувьсал өөрчлөлт, эртний соронзоншилт, магматизм, хурдас хуримтлал, геохронологи, геохимийн талаар олон арван шинэлэг мэдээлэлүүд бий болжээ (Sengör et al., 1993; Ren et al. 1999; Wu et al., 2001, 2011; Wilde et al., 2000, 2003, 2010; Kröner et al., 2009, 2011, 2013; Demoux et al., 2009a, b; Khain et al., 1995, 2003; Kovach et al., 2005, 2011, 2007; Degtyarev et al., 2007, 2015; Zhou et al., 2009, 2010a, b; Zhou and Wilde., 2013; Xiao et al., 2009, 2010, 2013; Buriánek et al., 2017).

Эдгээр шинэлэг мэдээлэлийг тусгасан сүүлийн үеийн ангилалаар ТАОБ-ийн бүрэлдэхүүнд хойноос урагш 1) Тува-Монгол ба Аргун; 2) Жунгар ба Хянган; 3) Казакстан-Юли-Төв Тяньшан, Бейшан ба Суньяляо; 4) Жиабуси-Ханха (Бурей) хэмээх нэрлэгддэг эртний 4 том бичилтив буюу томоохон блокууд багтдаг бөгөөд эдгээр нь хойноос урагш 1) Эрчис-Өмнөд Монгол-Тоадожан-Шинлин; 2) Умард Тяньшан-Сулинхээр-Хегеншан-Хейхе, 3) Өмнөд Тяньшан-Бейшан-Хармөрөн-Чангчун сутур ба 4) Жилин-Шейложан өндөр даралтат бүсүүдээр тус тус зааглагддаг. Мөн ТАОБ нь газарзүйн байршлаараа Казакстан-Юли, Төв Тяньшан ба Жунгар блокуудаас тогтох *Баруун Сегмент*, Тува-Монгол ба Бейшан блокоос тогтох *Төв Сегмент*, Зүүнхөйд Хятадын блокуудаас тогтох *Зүүн Сегментэд* тус тус хуваагддаг байна (Zhou et al., 2017) (Зураг 1).

Дээр дурдсан ТАОБ-ийн бүрэлдэхүүнд ялгагддаг эртний массивуудын бүтэц, насны шинэлэг өгөгдлүүдийн талаар олон улсын түвшинд бий болоод байгаа мэдээллүүдээс сегмент тус бүрийн хэмжээнд товч авч үзье.



Зураг 1. Евроази тивийн тектоникийн схем зураг (Liu et al., 2016)

- **ТАОБ-ИЙН ЗҮҮН СЕГМЕНТ.** Тус сегментэд дээр дурдсанчлан Зүүн Хойд Хятадын Аргун, Хянган, Суньяляо, Жиямуси-Ханха зэрэг эртний блокууд багтдаг.

**А. АРГУН БЛОК.** Тус блок нь Их Хянганы нурууны баруун хойд хэсгийг хамрах бөгөөд баруун талаараа Монгол-Агнуурын бүсээр, харин зүүн талаараа Шинлин-Шигуити (Xinlin-Xiguitu) сутурын бүсээр тус тус зааглагдах (Зураг 1) бөгөөд баруун урагш Тува-Монголын блоктой холбогдоно (Badarch et al., 2002). Аргун блокийн эртний суурийн үлдэц баруун хойд талд Мохе хот орчимд, зүүн өмнөд талд Аргун голын дагууд тус тус илэрдэг (Zhou et al., 2017). Мохе хот орчимд илэрдэг Мохе метакомплексын бүрэлдэхүүнд гранат ба силлиманит агуулсан парагнейстэй салаавчилсан шохойн чулуу, амфиболит, гранит-гнейс тохиолдох бөгөөд парагнейсийн бүрэлдэхүүнд 828 с.ж настай цирконууд зонхилдог (Zhou et al., 2011). Парагнейсийн зөөгдмөл цирконууд нь 1370 с.ж-ээс эртний настай бөгөөд зузаалаг 495 с.ж орчимд амфиболит/гранулитын фаацын метаморфизмд автсан болох нь тогтоогдсон (Zhou et al., 2011). Аргун голын дагууд илрэх Мохе метакомплексын бүрэлдэхүүнд  $927 \pm 13$  с.ж-ээс  $792 \pm 5$  с.ж настай гранитоидууд багахан хувийг эзлэх (Wu et al., 2011) бол  $851 \pm 6$  с.ж-ээс  $737 \pm 5$  с.ж настай сиеногранит ба гранодиоритоор үүссэн гнейс зонхилох хувийг эзэлнэ (Tang et al., 2013). Тэдгээрээс

зарим гнейсжсэн гранитоид нь 1680-1060 с.ж-ийн неодимийн изотопийн загвар настай бөгөөд энэ нь Хянган ба Суньяо блокийн ижил төрлийн чулуулгаас насны хувьд хөгшин байсныг тогтоожээ (Wu et al., 2003). Сүүлийн жилүүдэд Аргун блокийн Белуяа хөндийд өрөмдсөн өрмийн цооногийн 226 м-т илрэх гранит-гнейсийн цирконы U-Pb-ны геохронологийн шинжилгээгээр  $2606 \pm 17$  с.ж нас тогтоогдоод байгаа нь тус бүс нутагт тогтоогдсон хамгийн эртний нас юм (Shao et al., 2015).

**Б. ХЯНГАН БЛОК.** Тус блок нь Их Хянганы нурууны ихэнх хэсгийг хамрах бөгөөд зүүн талаараа Хегеншан-Хейхе (Hegenshan-Heihe) бүсээр, баруун хойд ба өмнө талаараа Шинлин-Шигуити (Xinlin-Xiguitu) ба Хар Мөрөн-Чангчун сутурийн бүсүүдээр тус тус зааглагдана (Zhou et al., 2017). Хянганы блокийн суурийг Шинхуадукоу (Xinghuadukou) метакомплекс бүрдүүлэх бөгөөд Хума орчимд тархсан гранит-гнейсийн нас  $1837 \pm 5$  ба  $1741 \pm 30$  с.ж-ээр тогтоогдсон (Sun et al., 2013b). Мөн тус метакомплексын бүрэлдэхүүнд гранат ба силлиманит агуулсан гнейс, эвэрхуурмаг-плагиоклазат гнейс ба хүчиллэг парагнейс тохиолдоно. U-Pb-ны геохронологийн шинжилгээгээр гранит-гнейс ба амфиболитод  $\sim 770$  с.ж нас тогтоогдсон бол биотит-плагиоклазат гнейсийн цирконы өгөгдлүүдээр тус метакомплекс нь  $494 \pm 2$  с.ж орчимд амфиболит/гранулитын фаацын метаморфизмд автсан болохыг илрүүлсэн, мөн парагнейсийн зөөгдмөл цирконуудын нас  $881 \pm 11$  с.ж-ээс  $2791 \pm 18$  с.ж хооронд хэлбэлзэж байгаа зэрэг нь Хянган блокийн эртний суурийн бүрэлдэхүүнд неопротерозойн настай эх үүсвэр зонхилж байгааг харуулна (Zhou et al., 2011b).

**В. СУНЬЛЯО БЛОК.** Тус блок нь баруун талд Их Хянганы нурууны өмнөд хэсэг, зүүн хойд талд Бага Хянганы нуруу, зүүн талд Занггуансай (Zhangguangcai) нуруу, төв хэсэгтээ Суньяо хотгорыг тус тус хамрах бөгөөд баруун хойд талаараа Хегеншан-Хейхе (Hegenshan-Heihe) сутур, зүүн ба өмнөд талаараа Шейложан өндөр даралтын бүс ба Өмнөд Тяньшан-Бейшан-Хармөрөн-Чангчун сутурын бүсүүдээр тус тус зааглагддаг (Зураг 1). Блокийн ихэнх хэсэг нь Суньяо хотгорын тунамал хурдсаар хучигдсан байх бөгөөд өрмийн цөмрөгийн өгөгдлүүдээр тус блокийн суурь бүтцэд  $\sim 1800$  с.ж настай гранит-гнейс тогтоогдсон байдаг (Wang et al., 2006). Тус блокийн суурь бүтцийн асуудал ихээхэн маргаантай боловч одоо байгаа өгөгдлүүдээр Бага Хянганы ба Занггуансай (Zhangguangcai) нуруунд Фенгшуигоу (Fengshuigou) ба Донгфеншан (Dongfengshan) групп тус тус ялгагддаг (Zhou et al., 2017). Донгфеншан группийн гранат-биотитот занарт  $\sim 757 \pm 9$  с.ж, гранат агуулсан хоёр гялтгануурт занарт  $\sim 757 \pm 9$  с.ж нас тус тус тогтоогдсон нь тус группийг неопротерозойн цаг үед үүссэн болохыг харуулна (Quan et al., 2013; Wang et al., 2013; Gao et al., 2013). Мөн тус блокийн баруун талд илрэх Шилинхот метакомплекс (Xilinhote Complex) нь 1390 с.ж настай гранит-гнейс агуулах (Sun et al., 2013b) бөгөөд тус метакомплексын гнейсжсэн гранитын 4 дээжинд 1397–1360 с.ж-ийн талсжилтын нас тогтоогдсон нь тэдгээрийн эртний эх газрын царцдасын үлдэц болохыг харуулж байна (Han et al., 2016).

**Г. ЖИАМУСИ-ХАНХА БЛОК.** Тус блокийг хойд зүгт Хятад ба ОХУ-ын хил орчимд тогтоогддог Жиабуси-Бурей блоктой холбоотой гэж үздэг бөгөөд нийтэд нь Ханха-

Жиамуси-Бурей блок буюу массив хэмээн нэрлэдэг (Wilde et al., 1999, 2000, 2003, 2010).

Жиамуси блокийн суурийг урьд өмнө нь архей-протерозойн настай хэмээн үздэг байсан гнейс болон метатунамал чулуулгаас тогтох Машан групп бүрдүүлдэг. Геохронологийн судалгаагаар тус метачулуулгийн эх үүсвэрт мезопротерозойгоос неопротерозойн настай чулуулаг (гол пик нь ~1100 с.ж орчимд төвлөрөх 700, ~900, ~1050, ~1300 ба 1600 с.ж настай цирконы бүлгүүд) тогтоогдсон бөгөөд ~500 с.ж орчимд өндөр түвшний метаморфизмд автсан байна (Wilde et al., 1999, 2000, 2003, 2010; Wilde and Zhou, 2015). Мөн урьд өмнө нь архей-протерозойн настай хэмээн үздэг байсан деформацад эрчимтэй автсан гранитоид чулуулгууд нь 530 - 515 с.ж-ийн настай болохыг сүүлийн үеийн судалгаагаар илрүүлсэн бөгөөд тэдгээр нь мөн ~500 с.ж орчимд гранулитын фаацын метаморфизмд автсан болохыг тогтоожээ (Wilde et al., 2000, 2003).

Ханха блокийн суурийг урьд өмнөх зураглалын ажлуудаар урьдкембрийн настай гэж үзэж байсан гнейс болон метатунамал чулуулаг, гантиг, графитат занар, гранит-гнейс зэрэг чулуулгууд бүрдүүлдэг. Сүүлийн үеийн судалгаагаар Жиамуси блокт тогтоогдсны нэгэн адилаар гранит-гнейст 520 - 515 с.ж-ийн талсжилтын нас тогтоогдсоноос гадна тэдгээр нь ~500 с.ж орчимд гранулитын фаацын метаморфизмд автсан байна (Wilde et al., 2010; Zhou et al., 2010a). Силлиманитат гнейсийн зөөгдмөл цирконы судалгаагаар цирконуудын бүрэлдэхүүнд неопротерозойн настай цирконууд (~616 с.ж) зонхилох бөгөөд  $1073 \pm 35$  с.ж-ээс  $972 \pm 14$  с.ж буюу Гренвиллийн настай цирконууд тохиолдоно (Zhou et al., 2010a, b). Ийнхүү тус блокийн бүрэлдэхүүнд одоогийн байдлаар кембрийн өмнөх настай чулуулгууд баттай тогтоогдоогүй байна.

- **ТАОБ-ИЙН БАРУУН СЕГМЕНТ.** Төв Азийн ороген бүсийн баруун хэсгийн эртний эх газрын царцдасын бүрэлдэхүүнд Умард Тяньшаны сутурийн бүсээр хоорондоо зааглагдсан Казакстан-Юли-Төв Тяньшан ба Жунгар блокууд багтдаг (Zhou et al., 2017). Казакстан-Юли-Төв Тяньшан Блок нь Казакстан-Юли, Төв Тяньшан болон бусад хэд хэдэн жижиг блокуудаас тогтдог (Levashova et al., 2011) бол Жунгар Блок нь Жунгар ба Тюрпаны хотгорууд болон тэдгээрийн дундах хэд хэдэн жижиг метакомплексуудаас бүрддэг (Zhou et al., 2017).

**А. КАЗАКСТАН-ЮЛИ БЛОК.** Тус блокийн суурийг деформацад эрчимтэй автсан талст занар, мигматитжсан пара ба ортогнейс, гантиг, гранит гнейс, амфиболитийн ба занар-гнейсийн зузаалаг, ховроор доломит ба графитат гантиг агуулсан серицит-кварцат занар, кварцат элсэн чулуу, кварцитын зузаалаг, ногоон занарын фаацын түвшинд хувирсан тунамал болон метаморфжсон вулканоген тунамал чулуулгууд бүрдүүлнэ. Ортогнейс ба гранит-гнейс нь 1170-1140 с.ж-ийн настай бөгөөд 2500 – 2200 с.ж-ийн загвар настай эх үүсвэрээс үүссэн болох нь тогтоогдсон (Degtyarev et al., 2005, 2015, 2017; Kovach et al., 2017) бол кварцит-занарын зузаалгийн насны дээд хязгаар  $1136 \pm 4$  с.ж болохыг тогтоожээ (Kovach et al., 2017). Түүнчлэн Казакстаны өмнөд хэсэгт архей ( $2791 \pm 24$  с.ж) ба палеопротерозойн настай (2187 ба 1789 с.ж) гранит-гнейс тогтоогдсон (Kröner et al. 2009) бол Төв Казакстанд

неопротерозойн (720 - 690 с.ж) настай чулуулгууд илэрсэн байна (Degtyarev et al., 2005, 2015, 2017; Levashova et al., 2011; Kovach et al., 2017). Энэ блокийн зүүн хэсгийг Юли блок эзлэх бөгөөд түүний суурийн Венгуан (Wenquan) групп нь шохойн чулуу, хэмхдэст чулуулаг, амфиболитийн фаацын түвшинд хувирсан метаморф чулуулгаас тогтоно (Wang et al., 2007, 2014; Hu et al., 2000). Тус группийн гранит-гнейс ба мигматитжсан гнейсийн протолитийн талсжилтын нас нь 926 ба 780 с.ж (Chen et al., 2009, Hu et al., 2010, Gao et al., 2015), түүнийг зүссэн габброгийн дайк ба гранитийн найрлагатай судлуудын нас 776 – 778 с.ж болохыг тогтоожээ (Wang et al., 2014). Сүүлийн үеийн судалгаагаар баруун өмнөд блокийн хэмжээнд 742-844 с.ж настай чулуулгууд, умард блокт 790 - 919 с.ж настай чулуулгууд тус тус зонхилон тохиолдож байгааг илрүүлсэн. Мөн неопротерозойн диамиктит агуулсан тунамал зузаалгийн зөөгдмөл цирконы судалгаагаар 1900 – 1400 с.ж, 1300 – 1150 с.ж ба 700 – 580 с.ж дээр гол пик нь төвлөрөх гурван үндсэн бүлэг (популяци) ялгагдсан бөгөөд мөн бага хэмжээгээр 2600 с.ж, 1000 ба 850 с.ж хооронд нас нь хэлбэлзэх цирконууд тогтоогдсон байдаг (He et al., 2015).

**Б. ТӨВ ТЯНЬШАН БЛОК.** Тус блокийн суурийг Шиншианшиа (Xingxiangxia), Кавабулаке (Kawabulake) ба Тианху (Tianhu) группүүд бүрдүүлэх бөгөөд тэдгээр нь мигматит, гнейс ба хэмхдэст чулуулгаас тогтдог. Хэвлэгдсэн материалаас үзэхэд 4 насны чулуулгууд тогтоогдсон байдаг. Хамгийн эртний ортогнейс нь  $2466 \pm 51$  с.ж бөгөөд  $1812 \pm 19$  с.ж орчимд метаморфизмд автсан болохыг тогтоожээ (Wang et al., 2014). Мөн Умард Тяньшанд риолит нь  $1365 \pm 6$  с.ж ба  $1373 \pm 5$  с.ж (Kröner et al., 2013), рифтийн гаралтай хүчиллэг вулканит нь  $1380 \pm 20$  с.ж настай болохыг тус тус тогтоожээ (Kiselev et al., 1993). Түүнчлэн 1101 - 1186 с.ж настай метакомплекс Умард Тяньшан Киргизийн өмнөд хэсэгт тогтоогдсон бөгөөд энд 2 шатны маагмын идэвхжил тогтоогдсон. Эхний шатны маагмын идэвхжил нь  $\sim 1100$  ба  $\sim 1200$  с.ж орчимд явагдаж дараагийн шатны магматизм 1150 ба 1050 с.ж орчимд түрсэн бөгөөд энэ цаг үед метаморфизм ба деформацад автсан болохыг илрүүлжээ (Kröner et al., 2013). Неопротерозойн (969 - 722 с.ж) насны өгөгдлүүд гол төлөв гнейсжсэн гранитоид, бимодаль интрузив бүрдлүүдийн болон риолитийн туф зэрэг чулуулгуудад тогтоогдсон байна (Degtyarev et al., 2015, 2017; Kovach et al., 2017; Gao et al., 2009; 2015; Huang et al., 2005; Kröner et al., 2013; Zhou et al., 2017).

**В. ЖУНГАР БЛОК.** Тус блок нь Жунгар, Тюрпаны сав газар болон Умард Тяньшаныг хамрах бөгөөд Эрчис-Өмнөд Монгол-Тоадожан-Шинлин ба Умард Тяньшан-Сулинхээр-Хегеншан-Хейхе сутурийн бүсүүдийн дунд байрлана. Суурь бүтцийн асуудал нь удаан хугацааны турш маргаантай байсаар ирсэн бөгөөд үүнд гарал үүслийн хоёр загвар дэвшигдсэн байдаг. Эхний загварт Жунгар террейнийг кембрийн өмнөх эх газрын царцдас (Zhang et al., 1984; Li et al., 2007) хэмээн үзсэн бол хоёрдугаар загварт түүнийг палеозойн далайн царцдас (Dobretsov et al., 2003; Windley et al., 2007; Zheng et al., 2007), эсвэл далайн арланнумын бүрдэл (Jahn et al., 2000, 2004), Алтаидын палеозойн чулуулаг (Sengör et al., 1993; Xiao et al., 2004, 2013) хэмээн тус тус үзсэн байдаг. Ийнхүү судлаачдын үзэл баримтлал олон янз байгаа нь тус блокийн суурь чулуулаг газрын гадаргууд илрээгүй, палеозойгоос кайнозойн настай тунамал чулуулгаар хучигдсан байдаг оршино. Эх газрын царцдас оршин байгаа баталгаа нь дунд девоны Каламаили (Kalamaili) формацын

зөөгдмөл цирконы бүрэлдэхүүнд 327 - 3073 с.ж настай цирконууд тогтоогдсоны дотор неопротерозой (1083 - 827 с.ж), палеопротерозой (1700 - 1512 с.ж, 2051 - 1994 с.ж, 2490 - 2464 с.ж) ба архейн (3073 - 2876 с.ж) настай бүлэг цирконууд тогтоогдсон явдал юм (Li et al., 2007). Мөн Жунгар блокийн зүүн хэсгийн палеозойн грауваккийн зөөгдмөл цирконы бүрэлдэхүүнд ~500 с.ж, 950 - 740 с.ж, 2000 - 1700 с.ж, ~ 2700 с.ж настай цирконууд тогтоогджээ (Long et al., 2012). Мөн түүнчлэн сүүлийн үед бий болсон өөр нэгэн өгөгдөл бол деформацад эрчимтэй автаж метаморфжсон ордовикийн вулканоген зузаалгийг түрсэн диоритийн дайк дахь диорит-гнейсийн ксенолит нь  $2522 \pm 16$  с.ж бөгөөд метаморфизмын нас нь  $1877 \pm 10$  с.ж-ээр тогтоогдсноос гадна магнетит агуулсан кварцитийн ксенолит нь  $1916 \pm 5$  с.ж настай эвэрхуурмаг-плагиоклазат гнейстэй салаавчилсан байгаа нь тогтоогдсон явдал юм (Xu et al., 2015b).

Жунгар блокийн палеозойн тунамал чулуулгийн 390 зөөгдмөл цирконы насны өгөгдлөөр 530 - 450 с.ж (гол пик 480 с.ж), 920-580 с.ж (гол пик 647 с.ж ба 835 с.ж), 1240 - 1000 с.ж (гол пик 1105 с.ж), 2150-1650 с.ж (гол пик 1890 с.ж), 2700 - 2310 с.ж (гол пик 2510 с.ж) хооронд нас нь хэлбэлзэх үнэмлэхүй насны 5 бүлэг тогтоогдсон. Жунгар блокийн өмнөд ба умард хил заагууд нь ордовикоос өмнө нээгдэж карбон ба түрүү пермийн цаг үед хаагдсан (Gao et al., 2009; Xiao et al., 2009; Xu et al., 2013, 2015b) болох нь тогтоогдсонд үндэслэн судлаачид түрүү палеозойн зөөгдмөл цирконууд Жунгар блокийн эх үүсвэрээс үүссэн байх боломжтой тул тус блокийн эртний суурь чулуулаг нь палеозойгоос кайнозой хүртлэх насны хучаас доор оршин байх боломжтой хэмээн үзэх болжээ.

- **ТАОБ-ИЙН ТӨВ СЕГМЕНТ.** Тус сегментэд Тува-Монгол-Өмнөд Говийн ба Бейшан блокууд ялгагдах бөгөөд тэдгээр нь Сибирийн кратоны өмнөд хэсэг ба Умард Хятадын кратоны баруун хойд хэсгийн хооронд байрлаж Умард Тяньшан-Сулинхээр-Хегеншан-Хейхе ба Эрчис-Өмнөд Монгол-Тоадожан-Шинлин сутурийн бүсүүдээр зааглагддаг (Зураг 1).

**А. БЕЙШАН БЛОК.** Умард Хятадын кратоны баруун хойд хэсэгт ялгагддаг энэ блок нь дотроо Бейшан ба Шиншианшиа (Xingxiangxia) блокуудад хуваагддаг ба мөн жижиг хэдэн блокууд ялгагддаг. Тус блок нь өмнө ба хойд талаараа Бейшан ба Сулинхээрийн сутурийн бүсээр зааглагдана (Xiao et al., 2010, 2014). Бейшан блокийг Төв Тяньшан блокийн зүүн хэсэгт хамааруулж ирсэн бол сүүлийн үеийн судалгаагаар ТАОБ-ийн хамгийн өмнөд талын бие даасан нэгж болгон ялгах болсон (Jian-Bo Zhou et al., 2017). Тус бүсийн хэмжээнд офиолит, аккрецийн комплексаас гадна “Бейшан метакомплекс” хэмээн нэрлэгдсэн эртний эх газрын царцдасын үлдэц чулуулгуудыг тогтоосон байдаг (Xiao et al., 2010; Fang et al., 2015; Liu et al., 2015; Song et al., 2013a, b). Бейшан метакомплекс нь амфиболитийн фаацын метаморфизмд автсан гранит-гнейс, мигматит, амфиболит ба занаруудаас тогтох бөгөөд тэдгээрийн протолитийг палеопротерозойд үүссэн гэж үздэг (Fang et al., 2015; Liu et al., 2015; Song et al., 2013a, b). Гэвч гранит-гнейс ба мигматитийн U–Pb-ны геохронологийн судалгаагаар протолитийн нас нь неопротерозойн түвшинд тогтоогдоод байна (Fang et al., 2015; Liu et al., 2015; Song et al., 2013a, b, Jian-Bo Zhou et al., 2017). Мөн Шиншианшиа (Xingxiangxia) гранит-гнейст  $1014 \pm 15$  с.ж,  $903 \pm 2$  с.ж,  $934 \pm 1$  с.ж,  $923 \pm 5$  с.ж,  $930 \pm 4$  с.ж, Жубаогуан (Gubaoquan) ортогнейст 871

$\pm 5$  с.ж ба  $905 \pm 6$  с.ж-ийн нас тус тус тогтоогдсноос гадна парагнейсийн хурдас хуримтлалын насны доод хязгаар  $871 \pm 9$  с.ж болохыг тогтоожээ (Liu et al., 2015; Gao et al., 2015; Huang et al., 2015).

**Б. ТУВА-МОНГОЛ-ӨМНӨД ГОВИЙН БЛОК.** Уг блок нь ТАОБ-ийн томоохон блокийн нэг бөгөөд Сибирийн кратон ба Сулинхээрийн сутурийн бүсийн дунд байрлана (Kozakov et al., 2012, 2014, 2015; Kröner et al., 2005, 2011, 2015; Demoux et al., 2009a, b). Энэхүү нийлмэл блок нь хойд талд Тува-Монголын блок, өмнө талд Өмнөд Говь-Тотошан блок, төв хэсэгт Завхан блокийг өөртөө багтаах бөгөөд мөн жижиг хэд хэдэн блокууд байх боломжтой гэж судлаачид үздэг (Kuzmichev, 2005, 2007, 2011; Levashova et al., 2010, 2011; Kröner et al., 2005, 2011, 2015; Demoux et al., 2009a, b).

**Тува-Монголын блок.** Блокийн суурь нь Гарган блокийн архейгаас палеопротерозойн настай талстат чулуулаг ба түүний эх газрын идэвхтэй зах (Kovach et al., 2005, 2011, Bold et al., 2019), Дүнжгэр офиолит эвшил (Kuzmichev et al., 2005) ба протерозойн карбонат ба терриген-карбонат тунамал хурдсаас тогтдог (Kuzmichev et al., 2007) бөгөөд эдиакари-доод кембрийн хучаас бүрдлээр үл нийцлэгээр хучигддаг.

**Завхан блок.** Тус блок нь Тува-Монголын блокийн өмнөд хэсэгт орших бөгөөд суурь метакомплекс нь амфиболит ба пироксен агуулсан суурилаг гнейсийн мэшил бүхий мигматитжсан тоналит гнейсээс голлон тогтдог. Эдгээр чулуулгууд нь амфиболит ба гранулитийн фацийн метаморфизмд автсан (Demoux et al., 2009a, b; Kozakov et al., 2007, 2011, 2014, 2015) бөгөөд гранитоид нь  $2664 \pm 15$  с.ж ба  $1854 \pm 5$  –аас  $1825 \pm 5$  с.ж (Kovach et al., 2005; Kozakov et al., 2007, 2011, 2014) настай болохыг тогтоосон. U-Pb геохронологийн ба Sm-Nd-ийн изотопийн шинжилгээний дүнгээр метаморфизмын цаг хугацаа нь 1300 - 860 с.ж-ээр тогтоогджээ (Kozakov et al., 2012, 2014). Тус блокийн Завхан формацын риолитийн насыг U-Pb аргаар  $803 \pm 8$  ба  $773 \pm 4$  с.ж (Levashova et al., 2011; Zhao et al., 2006), тус формацын доод ба дээд талд байрлах риолитийн насыг  $802.11 \pm 0.45$  ба  $799.9 \pm 1.1$  с.ж (Bold et al., 2016a) болохыг тус тус тогтоожээ. Мөн Завхан формацын доод хэсгийн элсэн чулууны цирконуудын хамгийн залуу гол пик нь 800 с.ж дээр төвлөрч байснаас гадна конгломератын кварцитийн найрлагатай хайрганы бүрэлдэхүүнд 2000, 2350, 2450, ба 2550 с.ж настай цирконууд голлох пикүүдийг үүсгэдэг байна (Bold et al., 2016a). Түүнчлэн Kozakov et al (2017) судалгаагаар тус формацын терриген хурдсыг түрсэн трондьемитийн талсжилтын нас  $862 \pm 3$  с.ж болохыг тогтоосон байдаг.

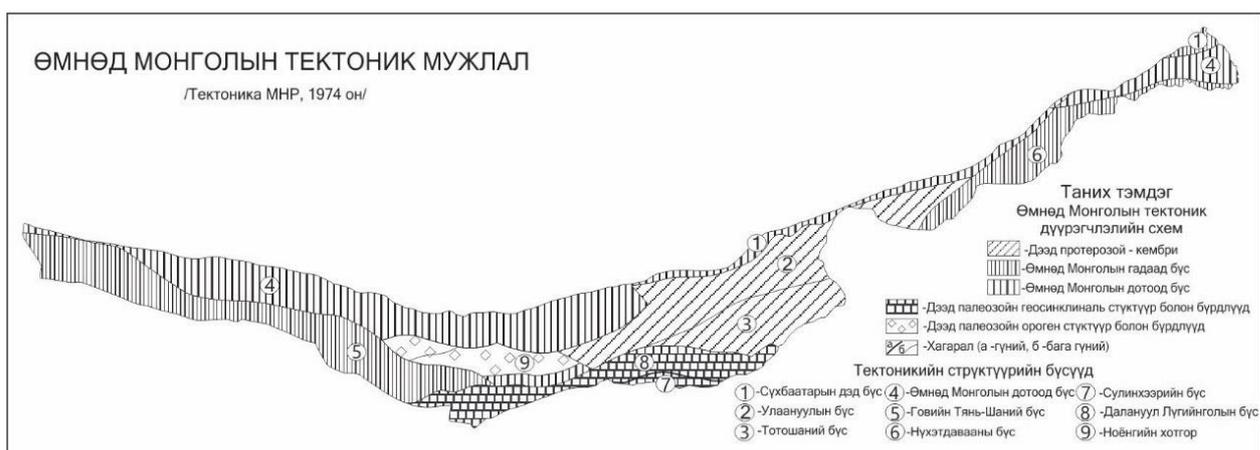
**Өмнөд говь-Тотошаны блок.** Тус блок нь Монгол Хятадын хилийн дагуу байрлах бөгөөд суурь бүрдэлд нь гнейс, кварцит, гялтгануурт-кварцат занарууд ба шохойн чулуу тогтоогддог. Өмнөх судалгаануудаас авч үзвэл Тотошан блокийн гнейсжсэн гранит  $952 \pm 8$  с.ж (Yarmolyuk et al., 2005) байгаа нь Хятадын нутаг дахь Өмнөд Говийн блокийн Ягаан (Yagan) орчмын гнейсжсэн гранитын талсжилтын настай ( $905 \pm 6$  с.ж ба  $916 \pm 16$  с.ж) ойролцоо байна (Wang et al., 2001; Zhou et al., 2013).

## 1.2. МОНГОЛ ОРНЫ ӨМНӨД ХЭСЭГТ ЯЛГАГДДАГ ЭРТНИЙ МАССИВУУД

Дээр дурдсанаас авч үзэхэд сүүлийн жилүүдэд ТАОБ-ийн суурь бүтцэд хамаарагдах эртний эх газрын царцдасуудын үлдэц болох бичилтив, эртний массив болон блок хэмээн янз бүрээр нэрлэгдэж ирсэн структуруудын үнэмлэхүй насны ихээхэн хэмжээний өгөгдлүүд бий болсон нь харагдаж байна. ШУА-ийн Геологийн хүрээлэнд 2018 оноос эхлэн хэрэгжиж ирсэн “Хатанбулаг ба Өмнөд говийн эртний массивуудын суурь болон хучаас бүрдлүүд: Геологийн хөгжил, хүдэржилт” суурь судалгааны төсөл нь өмнөд Монголын нутаг дэвсгэрийг хамарч байгаа тул тус бүс нутгийн хэмжээнд эртний бүтцүүдийн тектоник ангилал хэрхэн хийгдэж ирсэн талаар товч авч үзье.

Монгол орны геологийн судалгааны эхэн үе болох Зөвлөлт-Монголын хамтарсан судалгаагаар Монгол орны нутаг дэвсгэрийн суурь структурийг эх газрын царцдас бүрэлдэн тогтсон цаг хугацаа, геологийн хөгжлийн түүх, структурийн хэв шинжээрээ эрс ялгаатай Умард (Каледонийн) ба Өмнөд (Герцинийн) блокод (мегаблок) тус тус ангилсан бөгөөд тэдгээрийг дотор нь тектоникийн жижиг бүсүүдэд ялгасан байдаг (Амантов, 1961; Хасин и др., 1966; Тектоника МНР, 1973; МНР 1974).

Монголын Голч Тектоник Шугамын өмнүүр орших Өмнөд блокод өргөргийн дагуу сунасан шугаман буюу бага зэрэг өмнө зүг нумарсан структурын хэв шинжтэй, герцинийн (дунд-хожуу палеозойн) орогенезийн явцад үүссэн атриат тогтолцоог хамруулдаг. Өмнөд Монголын блокийн бүрэлдэхүүнд дунд палеозойн геосинклиналь Үенч-Баянлэг-Сүхбаатарын ба Говийн-Тэнгэр уул-Нүхэт давааны гадаад бүсүүд, тэдгээрийн хооронд байрших өмнөд Монголын дотоод бүс ба Монгол орны зүүн өмнөд төгсгөлд, Монгол-Хятадын хилийн дагуух зурвас газрыг хамарсан Сулинхээр ба Далануул-Лугийн голын хожуу палеозойн эвгесинклиналь структурийн бүсүүд болон урьдкембрийн өргөгдлүүд ба зарим ороген хотгоруудыг тус тус ялгасан байдаг (Зураг 2, Тектоника МНР, 1974).



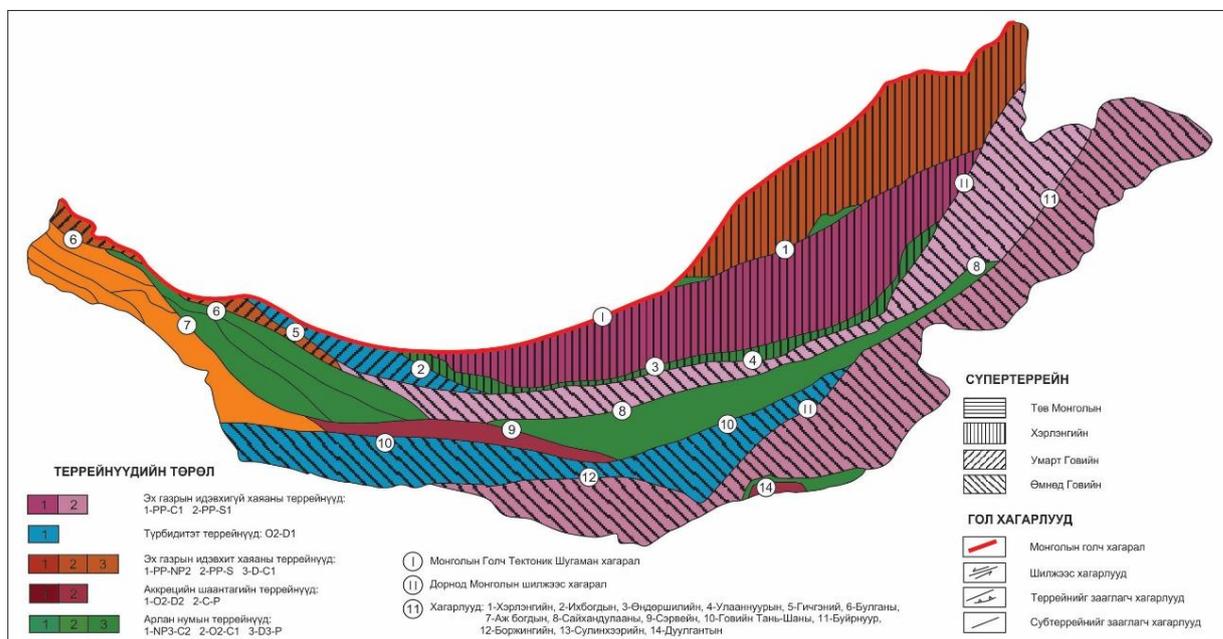
Зураг 2. Өмнөд Монголын тектоник мужлал (Тектоника МНР, 1974)

Эдгээрийн дотроос Улаан уулын ба Тотошаны бүсүүдийн (Улаан уулын өргөгдөл ба Тотошаны нуруу) хэмжээнд урьдкембрийн хурдас ялгагддаг бөгөөд тэдгээрийн гарал үүслийг геологийн судалгааны эхэн үед эртний бичилтивийн үлдэц, эсвэл өмнөд блокийн эвгесинклиналь бүрдэл дээрх аллохтон структур хэмээн янз бүрээр үзэж иржээ (Тектоника МНР, 1974). Эдгээр хурдсын

бүрэлдэхүүнд ихээхэн зузаантай, зарим хэсэгтээ метаморфизмд эрчимтэй автсан терриген-вулканоген ба карбонат зузаалгийг хамруулж насыг нь дээд карбонат зузаалгаас илрүүлсэн дээд протерозойн онколит ба строматолитын үлдвэрт үндэслэн доод протерозойгоос дээд протерозойн түвшинд ангилсан байдаг.

Хожим нь 1990-ээд оноос эхлэн дэлхийн геологи судлалд плит тектоникийн онол нэвтэрсэнтэй холбоотойгоор Монгол орны суурь бүтцүүдийн ангилалд террейний коллажийн үзэл баримтлалд тулгуурласан ангилалууд бий болжээ (Төмөртогоо, 1997, 2002; 2014; Badarch et al., 2002). Террейний коллажийн үзэл баримтлал, террейний задлалын аргачлалд дурдсанаар бүх талаараа тектоник хагарлаар зааглагдах, регионал хэмжээтэй, геологийн хөгжлийн түүхээрээ зэргэлдээх тектоник бүсүүдээс ялгаатай геологийн сртүктүрийг террейн хэмээн тодорхойлдог (Coney et al., 1980; Jones et al., 1983) бөгөөд тэдгээрийг геодинамикийн гарал үүслээр нь кратоны, арланумын, далайн, аккрецийн шаантгийн, эх газрын идэвхит ба идэвхгүй захын зэрэг террейнд ангилан ялгасан байна. Мөн ердийн террейнээс гадна супертеррейн, нийлмэл террейн, террейнүүдийг бүрдүүлэгч, хучигч ба зүйгч бүрдлүүдийг ялгаж өгсөн (Parfenov et al., 1998).

Дээрх террейний ангиллын үндсэн онол дээр тулгуурлан боловсруулсан 1:1000000 масштабын Монгол орны тектоникийн зургийн суурь мужлалын дагуу Өмнөд Монголын блокийн хэмжээнд 3 супертеррейнд хамаарагдах 16 террейнийг тус тус ялгасан байдгаас өмнөд Монголын нутагт гурван супертеррейний 5 террейний хэмжээнд урьдкембрийн суурь бүрдлүүд ялгагдсан байдаг (Зураг 3, Төмөртогоо, 2002).

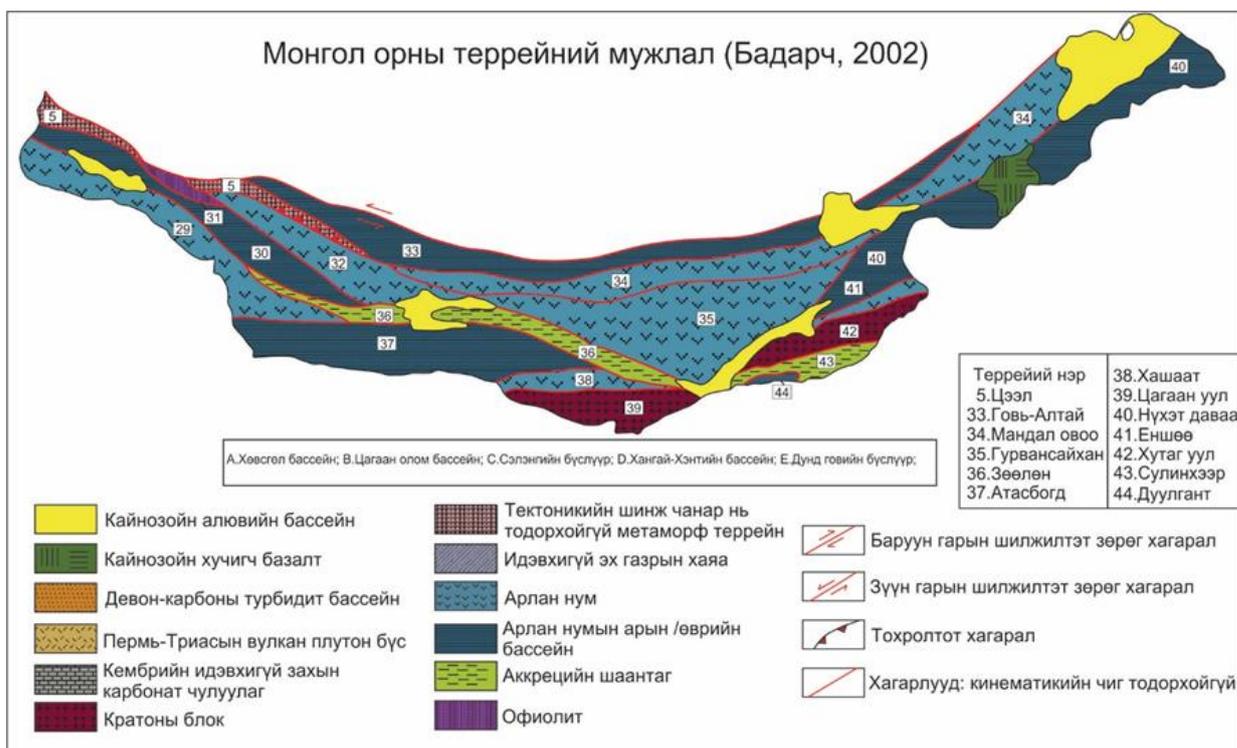


Зураг 3. Өмнөд Монголын тектоник мужлал (Төмөртогоо, 2002)

Үүнд: Хэрлэнгийн супертеррейний Эрэндавааны эх газрын идэвхит хаяаны ба Идэрмэгийн эх газрын идэвхгүй хаяаны террейнууд, Умард говийн супертеррейний бүрэлдэхүүнд багтах Цээлийн эх газрын идэвхит хаяаны террейн, Өмнөд Говийн супертеррейний бүрэлдэхүүнд багтах Баруунцохиотын эх газрын

идэвхгүй хаяаны террейн ба Хутагуулын эх газрын идэвхгүй хаяаны террейн зэрэг болно.

Мөн дээр дурдсан Төмөртогоо (2002)-ийн боловсруулсан Монгол орны тектоник мужлалын ангилалтай цаг хугацааны хувьд ойролцоо боловсруулагдан нийтийн хүртээл болсон өөр нэгэн ангилал бол Монгол орны террейнний ангилал юм (Badarch et al., 2002). Бадарч нар (2002) энэхүү шинээр боловсруулсан ангилалдаа Өмнөд Монголын хэмжээнд эртний талст бүрдлүүдийг агуулсан Цагаан уулын ба Хутаг уулын кратоны террейнүүдийг ялгасан байдаг бөгөөд харин Төмөртогоо (2002)-ийн ангилалд Өмнөд Монголын бүрэлдэхүүнд багтаасан Эрэндавааны террейннийг кратоны бүтцэд ангилсан боловч Умард Монголын ороген мужийн хэмжээнд авч үзжээ (Зураг 4). Хутаг уулын кратоны террейн нь байршлын хувьд Төмөртогоо (2002)-ийн ангилалаас ялгаатай бөгөөд зөвхөн Улаан уул ба Тотошаны уулсын хэмжээнд авч үзсэн байдаг. Бадарч нар (2002) тус дүүрэгт тархалттай урьдкембрийн гнейс, занар, мигматит, гантиг, кварцит, строматолит агуулсан шохойн чулуу, метаэлсэн чулуу бүхий метакомплексыг хил залгаа Өвөр Монголын нутагт  $1025 \pm 41$  с.ж-ийн Sm-Nd изохрон настай (Xu et al., 1996) болох нь тогтоогдсон Шилийнгол метакомплекстэй дүйцүүлэн авч үзсэн. Цагаан уулын кратоны террейн нь байршлын хувьд Төмөртогоо (2002)-ийн Баруунцохиотын террейнтэй дүйцэх бөгөөд суурь бүтэц нь амьтны үлдвэрээр баялаг силурийн тунамал болон девоны вулканоген-тунамал формацуудаар үл нийцлэгээр хучигддаг неопротерозойн гранит-гнейс, кварцит, гантиг, строматолит агуулсан шохойн чулуу зэргээс тогтоно. Бадарч нар (2002) Хутаг уул ба Цагаан уулын террейнүүдийг урьдкембрийн суурь бүрдэл агуулсан, мөн силур-девоны зүсэлтэндээ Сибирээс гаралтай *Tuvealla* брахиопод агуулдаггүй зэргээрээ бусад кратоны террейнүүдээс ялгагдах бөгөөд эртний газарзүйн хувьд хоорондоо ялгаатай хэмээн үзсэн байдаг.

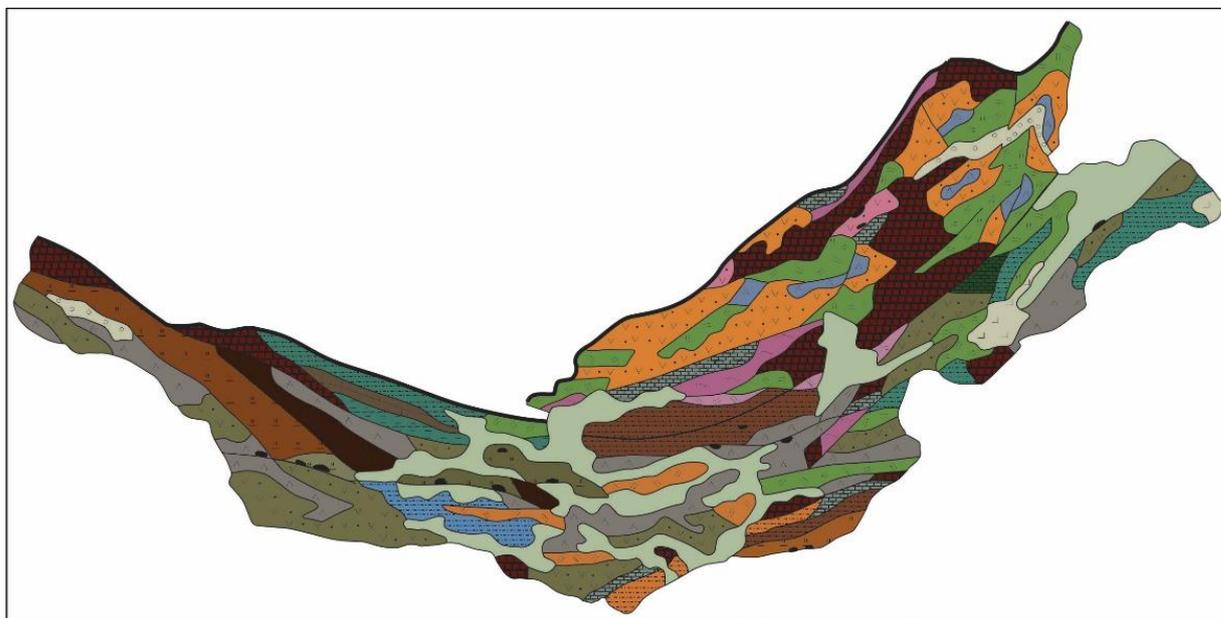


Зураг 4. Өмнөд Монголын тектоник мужлал (Badarch et al., 2002)

Ийнхүү 2000-аад оны үеэс эхлэн Өмнөд Монголын хэмжээнд тархалттай метаморф чулуулгуудаас тогтох урьдкембрийн метакомплексууд нь хоорондоо газарзүйн байршил болон нэршлээрээ ялгаатай террейнүүдэд тус тус ангилагдаж ирсэн нь нэг талаас эртний массивуудын суурь ба хучаас бүрдлүүдийн судалгаанд өнөө үед олон улсын түвшинд өргөнөөр хэрэглэгдэх болсон геохронологи, геохими, изотоп-геохимийн судалгаа бараг хийгдээгүй, нөгөө талаас массивуудын хэмжээнд сүүлийн үед бий болсон цөөвтөр зарим өгөгдлүүд нь өмнөх геологийн зураглал ба сэдэвчилсэн судалгааны ажлаар боловсруулагдсан мэдээлэлүүдтэй зөрчилдөж байгаатай холбоотой юм.

Монгол орны суурь бүтцүүдийн тектоник ангиллын талаар хийгдсэн өөр бусад томоохон ажлуудад МУИС-ийн профессор, шинжлэх ухааны доктор Ж.Бямбын 1996 онд боловсруулсан “Монголын тектоникийн бүдүүвч зураг”, 2012 онд боловсруулсан “Монголын тектоникийн зураг” (Бямба, 2012), мөн академич, шинжлэх ухааны доктор О.Төмөртоогоо агсаны 2012, 2014 болон 2017 онуудад боловсруулсан “Монгол орны атриат мужуудын тектоник мужлалт” зэрэг синтез бүтээлүүдийг дурьдаж болно.

Ж.Бямба тектоникийн зургийг хурдас хуримтлал, маагмын чулуулгийн эвшил буюу геодинамикийн бүрдэл дээр үндэслэсэн гранит-метаморф үе үүсэх ба эх газрын царцдас хэлбэржсэн цаг хугацаагаар дүүрэгчлэх нь аливаа нутаг дэвсгэрийн тектоникийн өөр хоорондоо босоо ба хэвтээ чиглэлдээ учир шалтгааны холбоотой түүхэн үйл явц хадгалагдан үлдэнэ гэсэн үзэл баримтлалын үүднээс Монгол орны нутаг дэвсгэрийн тектоникийн дүүрэгчлэлийг эх газрын царцдас хэлбэржсэн цаг хугацаагаар хийсэн байдаг (Зураг 5, Бямба, 2012).

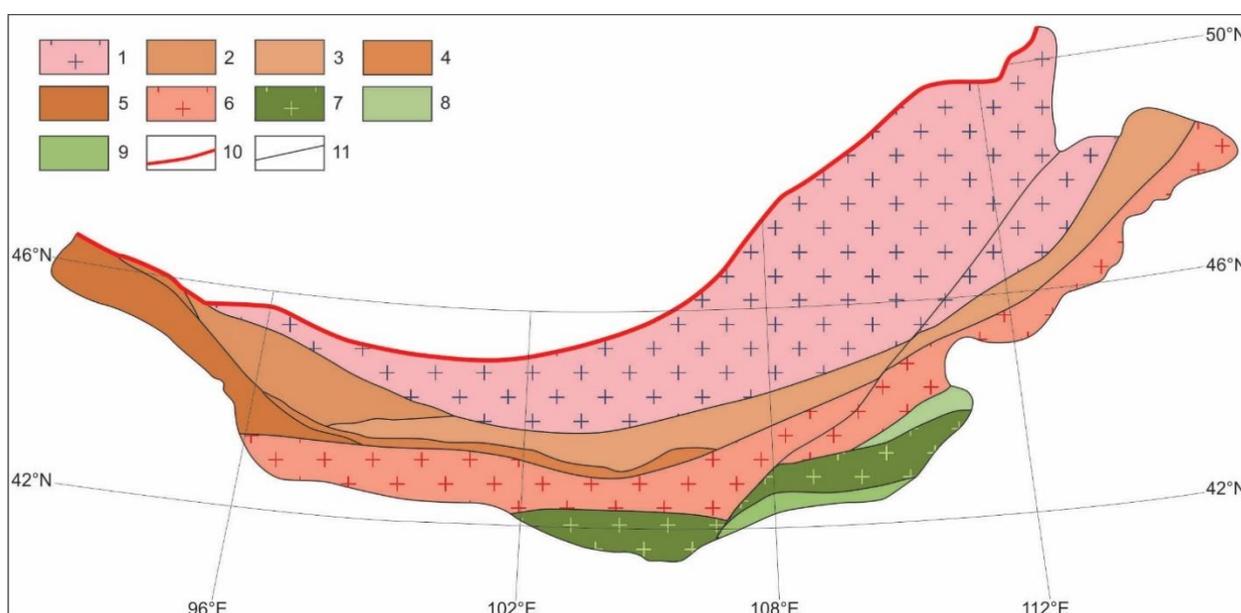


Зураг 5. Монголын тектоникийн дүүрэгчлэл (Ж.Бямба, 2012)

Энэхүү дүүрэгчлэлийн дагуу Монгол орны өмнөд хэсэгт ялгагддаг Өмнөд говийн массивыг хожуу карелийн буюу палеопротерозойн эцэст талст суурь нь хэлбэржсэн структурт хамааруулсан бөгөөд энэ үед хэлбэржсэн талст бүрдлүүд нь атираат байгалийн ба каледоны залуу насны структурын хэмжээнд эртний блок, өргөгдлийг үүсгэх ба ихэнх тохиолдолд бие даасан томоохон дүүргийг үүсгэдэггүй

хэмээн үзсэн (Бямба, 2012). Тэрээр Өмнөд Говийн массивын бүрэлдэхүүнд янз бүрийн гнейс, занар, кварцит, гантиг ба амфиболитоос тогтсон эртний талст чулуулаг нь салангад цухуйгдал хэлбэрээр илэрдэг Цагаан уул, Улаан уул болон Нарангийн өндөрлөгүүд зэрэг томоохон хэмжээний өргөгдсөн структуруудыг хамааруулсан байдаг.

Хамгийн сүүлд буюу О.Төмөртоого агсаны 2014 онд боловсруулж 2017 онд нэмэлт хийсэн “Монгол орны ариат мужуудын тектоник мужлалт”-ын дагуу Монгол орны өмнөд хэсгийн суурь бүтцэд Хэрлэнгийн, Өмнөд Говийн ба Хатанбулагийн хэмээх эртний гурван массив ялгагддаг (Төмөртоого, 2014; 2017). Эдгээрийн дотроос Өмнөд Говийн ба Хатанбулагийн хэмээх эртний хоёр массив нь Зүүнбаянгийн зөрөг хагарлын хоёр талаар өргөрөгийн дагуу нэгэн чиглэлд сунаж тогтсон Говийн Тэнгэр уул, Нүхтдавааны ба Цагаан уул, Хутаг уулын блокуудаас тогтоно (Зураг 6).



Тайлбар: 1-Хэрлэнгийн эртний массив, 2-5-Говийн ариат мегабүс, 6-Өмнөд говийн массив, 7-Хатанбулагийн массив, 8-9-Сулинхээрийн ариат мегабүс (8-Замынүүд террейн болон бусад террейн), 10-11- хагарлууд

Зураг. 6. Өмнөд Монголын тектоник мужлал (О.Төмөртоого, 2014).

Ингээд Өмнөд Говийн эртний массивын Говийн Тэнгэр уул, Нүхтдаваа, Хатанбулагийн эртний массивын Цагаан Уул, Хутаг Уулын блокуудийн хэмжээнд төсөл хэрэгжиж эхлэхээс өмнө бий болоод байсан геологи, геохронологийн өгөгдлүүдийн талаар товч авч үзье.

**Өмнөд Говийн эртний массивын Нүхтдавааны блок** нь палеопротерозой ба мезопротерозойд хамаарагдах магадлалтай кварцит-гнейсийн бүрдэл ба түүнийг үл нийцлэгээр хучсан неопротерозой-түрүү кембрийн метавулканоген-тунамал хурдсаас тогтсон ариат суурьтай болох нь тогтоогддог (Төмөртоого, 2014). Гол цухуйц суурь нь блокийн зүүн хэсэг, Нарангийн өргөгдлийн хэмжээнд илэрдэг Сүмтнуур метакомплекс бөгөөд түүний ерөнхий зүсэлтэнд хоёр пироксент-плагиоклазат, биотит-кварц-плагиоклазат гнейс, хоёр гялтгануурт занар, плагиогнейс, амфиболит, силлиманит-дистен-гранатат парагнейс, төмөрт

кварцитийн харилцан адилгүй зузаантай үеүд оролцдог (Доржнамжаа, 2011). Сүмтнуур метакомплекс доод-дунд девоны Шогшоохонгор формац болон мезокайнозойн вулканоген-тунамал хурдсаар үл нийцлэгээр хучигдаж түрүү-дунд неопротерозойн Сүмт, дунд карбоны Нүхэтдаваа, хожуу триас-түрүү юрийн Егүүзэр бүрдлүүдээр тус тус зүсэгддэг.

**Говийн Тэнгэр уулын блокийн** хэмжээнд атриат суурийн илрэгц одоогоор тогтоогдоогүй боловч тус блокийн баруун хэсэг, Атас богдын дүүрэгт палеозойгоос өмнөх насны талст суурийн метаморф чулуулгийн үлдэгдэл ангилагдах магадлалтай талаар мэдээлсэн нь бий (Лхүндэв нар., 2013). Тус блокийн түрүү палеозойн хучаас бүрдэлд түүний баруун хэсэгт илрэх ордовикийн вулканоген-цахиурлаг-терриген хурдас болон түүнийг зүссэн Нарансэвстэйн тоналит-гранодиоритын интрузив бүрдэл, мөн тэдгээрийг үл нийцлэгээр хучих хожуу силур-доод девоны Төмөрт, Эхийнгол, Ундаан формацуудын вулканоген-тунамал хурдсууд багтана.

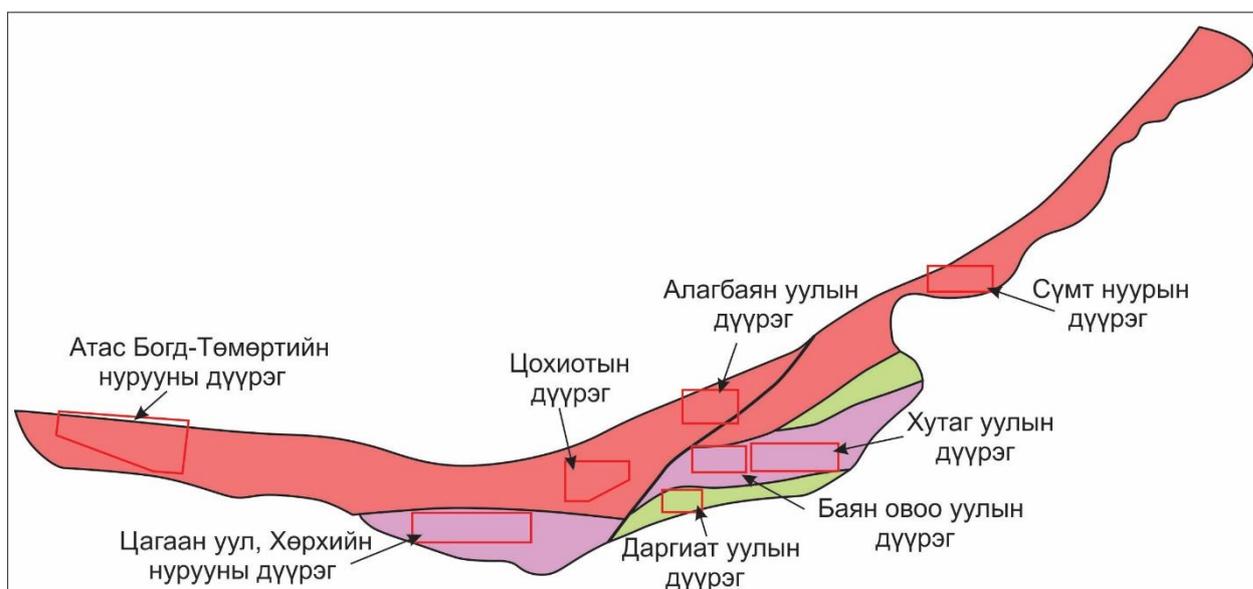
**Хатанбулагийн эртний массивыг Бямба (1987; 1996, 2012), Доржнамжаа нар (2012)** Өмнөд Говийн массивд хамааруулж байсан бөгөөд хожим нь тэдгээрийн завсарт дунд палеозойн аккрецийн бүрдэл бүхий Замын Үүдийн заадсын бүс илэрснээр бие даасан структурт ялгагдах болсон байдаг (Төмөртогоо, 2014). Массивын зүүн хэсэгт илрэх **Хутаг Уулын блок** нь гранит-гнейс, мигматит, гантиг, кварцит, амфиболит, талст занар зэргээс бүрдсэн Хутаг-Уул метакомплексоос тогтох (Маринов и др., 1973; Доржнамжаа, 2011; Бямба, 2012) бөгөөд Гренвилийн атриат тогтолцоонд хамааралтай 1781 ба 952 с.ж настай гнейсжсэн гранитоидуудаар зүсэгдсэн болох нь тогтоогдсноор палеопротерозойн настай болох нь баталгаажсан юм (Төмөрхүү нар., 2008, Ярмолжук и др., 2005). Мөн блокийн хэмжээнд багагүй талбайд тархдаг Цээл формац нь гнейс, амфиболит ба занараас голчлон тогтох бөгөөд зүсэлтэнд нь хадгалалт муутай строматолитын чулуужсан үлдвэр бүхий гантигжсан шохойн чулуу оролцсоноор мезопротерозойн настайд тооцогддог (Далай нар., 2006, 5632Ф). Түүнчлэн эртний суурийн тогтцод Толь группэд хамаарагдах вулканоген ба цахиурлаг формацууд оролцох бөгөөд вулканоген-тунамал хучлага нь силурийн вулканоген ба карбонат вулканоген формацуудаар илэрхийлэгдэнэ (Төмөртогоо, 2014).

Баруун талд байрлах **Цагаан Уулын блок** нь төрөл бүрийн гнейс, гранит-гнейс, амфиболит, гантиг, талст занар зэрэг изоклиналь атриа болон милонитжилтанд эрчимтэй өртсөн бүрдэл бөгөөд неопротерозой (Бадамтулга нар., 2005, 5626Ф) ба палеопротерозойн (Буянбаатар нар., 2011, 6326Ф) ангилагдаагүй зузаалаг хэмээн нэрлэгдэн зураглагдаж иржээ. Түүний дээд талд неопротерозойн шохойн чулуу, доломит, цахиурлаг элсэн чулуу, алевролит, аргиллит зэргээс тогтсон терриген-карбонат Цагаан-Уул формац ялгагддаг. Насны хувьд гнейсийн зузаалгийг зүссэн аплитын дайкийн 770 с.ж-ийн насны тодорхойлолт (Козаков, 1986), мөн Хятадын нутаг дахь үргэлжлэлд тогтоогдсон гнейсийн 916 с.ж-ийн үнэмлэхүй насны өгөгдлүүд зэрэгт үндэслэн палеопротерозой эсвэл мезопротерозойн эхэн хэсэгт хэлбэржсэн хэмээн үздэг (Бямба, 2012; Дамдинжав нар., 2000Ф). Хучаас бүрдэлд нь дээд неопротерозойн Цагаан-Уул формацаас гадна доод ордовикийн Эхэнхаяа, Адагбайшинт, дунд-дээд ордовикийн Дундхаяа, силурын лландовери-венлок серийн Хөхморьт, Өгөөмөр, Элгэн зэрэг формацуудыг хамааруулан зураглаж ирсэн байдаг.

Ийнхүү Өмнөд Монголын хэмжээнд ялгагддаг эдгээр эртний массивуудын хэмжээнд өмнө нь хийгдсэн геологийн зураглал болон сэдэвчилсэн судалгаануудаас авч үзвэл эртний бүтцүүдийн үүссэн цаг хугацаа, гарал үүсэл, тогтцын талаар ихээхэн маргаантай, үнэмлэхүй насны хоёр гуравхан өгөгдөлтэй, цаашид нарийвчлан тогтоох, тодруулах шаардлагатай олон асуудлууд байсаар байна (Бямба, 1996; 2012, Доржнамжаа, 1991; 2011, Төмөртоого, 2012; 2014). Хэдийгээр Өмнөд Говийн ба Хатанбулагийн эртний массивуудын суурь структуруудын геологийн тогтцын талаар зарим мэдээлэлүүд бий болж бүрдлүүдийг зүссэн интрузив чулуулгийн цөөвтөр насны өгөгдөлд үндэслэн насны зарим асуудлууд шийдвэрлэгдсэн боловч талст бүрдлүүдийн бүрэлдэхүүнд багтах метаморф чулуулгуудын анхдагч протолитийн найрлага, гарал үүслийн геодинамик нөхцөл болон бүрдлүүдийн насны асуудлын талаар хийгдсэн нарийвчилсан судалгаа байхгүй байсаар өнөөг хүрсэн юм.

Иймээс бид тус хүрээлэн дээр 2018 оноос эхлэн хэрэгжсэн “Хатанбулаг ба Өмнөд Говийн эртний массивуудын суурь болон хучаас бүрдлүүд: Геологийн хөгжил, хүдэржилт” суурь судалгааны төслийн хүрээнд дээр дурдсан эртний массивуудын суурь ба хучаас, мөн түүнчлэн тэдгээрийг түрсэн интрузив бүрдлүүдийн геологи-структурын судалгааг геохронологи, геохими, изотоп-геохимийн судалгаатай хослуулан явуулж эртний массивуудын нас, гарал үүсэл, геологийн хөгжлийн түүхийг тодруулах зорилго тавин ажилласан юм.

Бид төсөл хэрэгжих явцад Хатанбулаг ба Өмнөд Говийн эртний массивын суурь ба палеозойн зарим хучаас бүрдлүүдийн судалгааг Хутаг Уул ба Цагаан Уулын блокийн Хутаг уул, Баян-Овоо уул болон Даргиат уулын дүүргүүдэд, Говийн Тэнгэр уул ба Нүхтдавааны блокийн Сүмт нуур, Алаг баян уул, Цохиот ба Атас Богд-Төмөртийн нурууны дүүргүүдэд тус тус төвлөрөн явуулсан үр дүнг энэхүү эрдэм шинжилгээний тайланд тусган харууллаа (Зураг 7).



Зураг 7. Судалгааны талбайн байршлын зураг.

## БҮЛЭГ 2. СУДАЛГААНЫ АРГА, АРГАЧЛАЛ

Төслийн судалгааг хээрийн ажлын болон суурин боловсруулалтын гэсэн 2 үндсэн үе шаттайгаар явуулсан. Хээрийн геологийн судалгааг Хатанбулагийн эртний массивын Хутаг Уул ба Цагаан Уулын блокийн Хутаг уул, Баян овоо, Даргиат уул, Цагаан уул ба Хөрхийн нурууны дүүргүүдэд, Өмнөд говийн эртний массивын Нүхтдаваа ба Говийн Тэнгэр уулын блокийн Сүмт нуур, Алаг баян уул, Цохиот ба Атас Богд-Төмөртийн нурууны дүүргүүдэд буюу нийт 8 тулгуур дүүргийн хэмжээнд тус тус төвлөрөн явууллаа (Зураг 7).

Хээрийн ажилд өмнөх судалгааны материалд үндэслэн Монгол Улсын 1:200000 масштабын геологийн зургуудад тулгуурлан GIS технологээр боловсруулсан ажлын зураг, байрзүй ба сансрын зургуудыг ашигласан бөгөөд нас, найрлага, үүслийн геодинамикийн асуудлууд бүрэн шийдвэрлэгдээгүй суурь ба хучаас бүрдлүүдийн чулуулгуудын эрдсийн бүрэлдэхүүн, бодисын найрлага, насны асуудлуудыг нарийвчлах зорилгоор холбогдох дээжлэлтүүдийг хийснээс гадна мөн давхраажсан хурдсын хил заагийг тодруулах, боломжтой тохиолдолд геологийн зүсэлтүүд хийх, геологийн зураг зохиох зэрэг ажлуудыг хийж гүйцэтгэсэн болно. Мөн судалгаанд хамрагдсан зарим дүүргийн геологийн зургуудыг өмнөх геологийн судалгааны материал, өөрсдийн явуулсан геологийн ажиглалт, геохронологийн шинжилгээний дүн болон Sentinel-2 хиймэл дагуулын 10 метрийн орон зайн шийд бүхий сансрын зургийн (байгалийн өнгөний хослол RGB432) боловсруулалт дээр үндэслэн шинэчлэн боловсруулсан болно.

Суурин судалгааны ажлын явцад чулуулгуудын эрдсийн бүрэлдэхүүнийг петрографийн судалгаагаар тодруулж хээрийн ажиглалт судалгааг нарийвчлах, хээрийн судалгаагаар цуглуулсан дээж сорьцуудыг геохимийн шинжилгээнд зориулан бутлах, U-Pb геохронологийн шинжилгээнд зориулан циркон ялгах зэрэг ажлуудыг хийж гүйцэтгэсэн. Мөн бий болсон лабораторийн шинжилгээний үр дүнг петрохими, геохимийн диаграмм, графикт оруулах, өмнөх судалгааны материалуудтай харьцуулан дүгнэх, геохронологийн шинжилгээний дүнг боловсруулан чулуулгийн талсжилтын болон хурдас хуримтлалын насыг тодруулах, тодорхой үе шатуудад гарсан үр дүнгээр эрдэм шинжилгээний бүтээл туурвих, хэвлүүлэх, хурал семинарт илтгэл хэлэлцүүлэх зэрэг ажлууд хийгдсэн болно.

Төсөл хэрэгжих явцад дэлхий дахиныг хамарсан цар тахлаас үүдэлтэй төслийн санхүүжилт саатсан, улс орнуудын хил хаагдсаны улмаас судлаачдаа гадаадын геологийн мэргэжлийн байгууллагууд руу илгээх боломжгүй болсон, мөн төслийн санхүүжилтанд тусгах боломжгүй өндөр үнэ төлбөр бүхий үнэмлэхүй насны шинжилгээ хийлгэх боломж олгодог гадаад хамтын ажиллагаа хумигдсан зэрэг олон хүндрэлүүд тулгарсан. Иймээс төслийн зорилго, зорилтыг биелүүлэхийн тулд АМГТГ ба Үндэсний Геологийн Албанаас хэрэгжүүлсэн “Монгол орны “К” хавтгайн хэмжээнд зохиогдсон улсын геологийн 1:200000-ны масштабын иж бүрдэл зургуудыг нэгтгэх төсөл”-ийн бүрэлдэхүүнд орж ажиллан зарим судалгааны талбайд хээрийн судалгааны ажил явуулж холбогдох дээж сорьцуудаа цуглуулах, шаардлагатай зарим геохими, геохронологийн шинжилгээг хийлгэх, судалгаа шинжилгээний үр дүнгээ боловсруулан хамтарсан эрдэм шинжилгээний өгүүлэл хэвлүүлэх, төслийн тайланд тусгах зэрэг бүхий л боломжит хувилбараар хамтран

ажилласан. Мөн Монголын Стратиграфийн Комиссийн бүрэлдэхүүнд ажиллаж 1:50000 масштабын геологийн эрэл, зураглалын ажил гүйцэтгэж буй компаниудын геологичдод зөвлөлгөө өгөх явцад төслийн зарим талбайнуудад ажиллаж холбогдох дээж сорьцуудыг цуглуулсан болно.

Судалгааны талбайн хэмжээнд төслийн санхүүжилтээр 3 удаа, “Монгол орны “К” хавтгайн хэмжээнд зохиогдсон улсын геологийн 1:200000-ны масштабын иж бүрдэл зургуудыг нэгтгэх төсөл”-ийн санхүүжилтээр 2 удаа, нийт 5 удаагийн хээрийн судалгааны ажил явуулж нийт 500 гаруй дээж сорьцуудыг цуглуулснаас петрографийн судалгаанд 200 гаруй дээж сорьцыг хамруулан чулуулгуудын литологи, эрдэслэг бүрэлдэхүүний талаарх шинэлэг мэдээллүүдийг бий болгосон. Мөн 280 гаруй дээжийг геохимийн бүрэн шинжилгээнд хамруулснаас 190 дээжний шинжилгээг төслийн санхүүжилтээр хийлгэж үлдсэн 90 гаруй дээжний шинжилгээ “К” төсөл ба гадаад хамтын ажиллагааны шугамаар хийгдсэн. Түүнчлэн “Монгол орны “К” хавтгайн хэмжээнд зохиогдсон улсын геологийн 1:200000-ны масштабын иж бүрдэл зургуудыг нэгтгэх төсөл”-ийн санхүүжилтээр 15 дээж, гадаад хамтын ажиллагааны шугамаар 28 дээж, нийт 43 дээжинд U-Pb геохронологийн шинжилгээ хийлгэж боловсруулсан үр дүнг энэхүү тайланд ашигласан болно.

Судалгаанд хамрагдсан дээжүүдийн шлиф бэлтгэх, петрографийн судалгааг явуулах, геохронологийн шинжилгээнд зориулан циркон ялгах, геохимийн шинжилгээнд зориулан дээж сорьцуудыг бутлах, нунтаглах, өндөр нарийвчлалтай багажит шинжилгээний үр дүнг боловсруулах зэрэг ажлуудыг ШУА-ийн Геологийн хүрээлэн дээр хийж гүйцэтгэсэн.

Цирконуудын U-Pb геохронологийн шинжилгээг Хятадын ШУА-ийн Гуанжоугийн Геохимийн хүрээлэнгийн Изотоп Геохронологи ба Геохимийн лаборатори, мөн Хятадын Геологийн ШУА-ийн Геологийн хүрээлэнгийн лаборатори, Бээжингийн Их Сургуулийн лаборатори зэрэг газруудад тус тус LA-ICP-MS багаж ашиглан стандарт арга аргачилалын дагуу хийлгэсэн. Үнэмлэхүй насны хэмжилт хийх явцад зарим дээжнүүдийн циркон, ксенотим ба монацитийн мөхлөгүүдэд SiO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub>, P, Ti, Ca, Sr, Y, Nb, U, Th ба ГХЭ зэрэг голлох ба сарнимал элементүүдийн агуулгыг NIST SRM 610 стандарттай харьцуулан тодорхойлуулсан. Цирконуудын үнэмлэхүй насны конкордын диаграмм, харьцангуй тархалтын гистограмм, жигнэсэн дундаж насны диаграмм зэргүүдийг Isoplot3 (Ludwig, 2003) программ ашиглан байгуулсан бөгөөд цирконуудын гарал үүслийн онцлогийг Corfu., et al (2003), Hoskin and Ireland, (2000), Belousova, (2002), Rubatto, (2002), Hoskin, (2005), Whitehouse, (2014) зэрэг бүтээлүүдэд дурдагдсан аргачлалын дагуу тодорхойлсон. Мөн цөөн тооны дээжнүүдийн эрдсийн геохимийн шинжилгээг Японы Акитагийн Их сургуулийн лабораторид EPMA аргаар хийлгэсэн болно.

Төслийн ажлын явцад Sm-Nd ба Rb-Sr-ийн изотопийн шинжилгээг судалгаа хийсэн дүүрэг тус бүрийн эртний хурдсын хэмжээнд явуулахаар төлөвлөсөн боловч цар тахлын улмаас уг ажил хийгдээгүй бөгөөд зөвхөн 2018 оны хээрийн ажлын явцад Цохиотын дүүргээс авагдсан карбоны вулканоген зузаалгийн 50 гаруй дээжинд гадаад хамтын ажиллагааны шугамаар хийгдсэн үр дүнг тус тайланд тусгасан.

Дээжнүүдийн геохимийн шинжилгээг Улаанбаатар хот дахь Швецарийн хөрөнгө оруулалттай Эс Жи Эс лабораторид хийлгэснээс чулуулаг бүрдүүлэгч ислүүдийн агуулгыг XRF буюу рентгенфлуоресценцийн анализийн аргаар,

сарнимал элементүүдийн агуулгыг ICP-MS буюу масс спекстрометрийн аргаар тус тус тодорхойлуулж гарсан үр дүнг стандарт арга аргачилалын дагуу боловсруулсан.

### **БҮЛЭГ 3. ХАТАНБУЛАГИЙН ЭРТНИЙ МАССИВ**

#### **3.1. ХУТАГ УУЛЫН БЛОКИЙН СУУРЬ БА ХУЧААС БҮРДЛҮҮДИЙН ГЕОЛОГИ, ГЕОХРОНОЛОГИ, ГЕОХИМИ**

Хатанбулагийн эртний массивын Хутаг Уулын блокийн хэмжээнд урьдкембрийн хурдас нилээд өргөн зураглагддаг бөгөөд өмнөх геологийн зураглалын ажлуудаар Хутаг уулын бүсийн талст суурийг бүрдүүлэгч доод протерозойн Хутаг-Уул метаморф комплекс (цаашид метакомплекс хэмээн нэрлэв) ба доод-дунд рифейн Цээл формац тус тус ялгагдана (Дагва-Очир нар., 2001; Далай нар., 2006; Бямба, Бөмбөрөө нар., 2003). Тотошаны уулсын төвийн болон өмнөд хэсгүүдэд тархсан 2000 м орчим зузаантай, биотитот, гранат-биотитот, амфибол-биотитот, хоёр гялтгануурт гнейс, талст занар, амфиболит, кварцит, гантиг, боржин-гнейс, мигматит зэргээс тогтсон зузаалгийг Доржнамжаа нар (1991) Хутаг-Уул метакомплексод ялгаж насыг нь геологийн харьцуулалт болон чулуулгийн метаморфизмын зэрэгт үндэслэн протерозойд хамааруулсан байдаг (Геология МНР..., 1973; Суетенко, 1970; Доржнамжаа, Бат-Ирээдүй, 1991; Доржнамжаа нар, 2011). Мөн Цээлийн хөндий орчимд өргөн тархалттай цахиурлаг-карбонат зузаалгийг Бямба нар (1994) анх ялгаж “Цээлийн свит” нэрээр дээд рифей-вендийн түвшинд насыг ангилжээ. Харин Дагва-Очир нар (5384Ф) Хутаг-Уул метакомплексын хурдсыг угаагдал, үл нийцлэгээр хучиж дээд талаараа эдиакари-доод кембрийн Толь-Уул формацын шохойлог хурдсаар хучигдсан гнейс-талст занар, метаэффузив чулуулгаас тогтсон зузаалгийг илрүүлэн Ж.Бямбын ялгасан Цээл формацад ангилжээ (5384Ф). Цээл формацад ангилсан энэхүү метаморф хурдсыг Дагва-Очир нар (5384Ф) кварцит, гантиг, метаэлсэн чулуу, метаалевролитийн үе агуулсан гнейс-талст занарын доод, метаазальт, метаандезит, метариолит, метатүф элсэн чулууны үеүд агуулсан талст занар-ногоон занарын дунд, занар, метаэлсэн чулуу, кварцит агуулсан шохойн чулууны дээд зузаалагт тус тус хуваан үзэж насыг геологийн харьцаанд үндэслэн доод-дунд рифейн түвшинд баримжаалан авч үзжээ. Хожим нь Далай нар (2006) тус формацын шохойн чулууны зузаалгаас хадгалалт муутай строматолитын үлдвэр илрүүлэн мезопротерозойд хамааруулсан байдаг. Харин сүүлд боловсруулагдсан Улсын Геологийн 1:200000-ны масштабын иж бүрдэл зургуудад Хутаг-Уул метакомплексыг палеопротерозой ба доод неопротерозой гэх зэргээр ялгаатай насанд ангилсан бол Цээл формацыг ногоон занар, талст занар, метаэлсэн чулуу, метаалевролит, кварцит, метаандезит, гнейс, гантигжсан шохойн чулуу зэргээс тогтсон цахиурлаг-занар формацад ангилж насыг доод-дунд мезопротерозой, дунд неопротерозой гэх зэргээр мөн л ялгаатай ангилжээ (5737Ф; 5738Ф; 5739Ф; 5861Ф). Түүнчлэн тус метакомплекс ба формацын тархалтын хил заагийг өөрчилснөөс гадна Дагва-Очир нарын Цээл формацад ангилж байсан зарим зузаалгуудыг Хутаг-Уул метакомплексод ангилжээ.

Сүүлийн жилүүдэд хэвлэгдсэн материалуудаас үзэхэд Өмнөд Монголын эртний хурдсын цөөхөн тооны геохронологийн өгөгдлүүд хэвлэгдсэн байдаг. Үүнд:

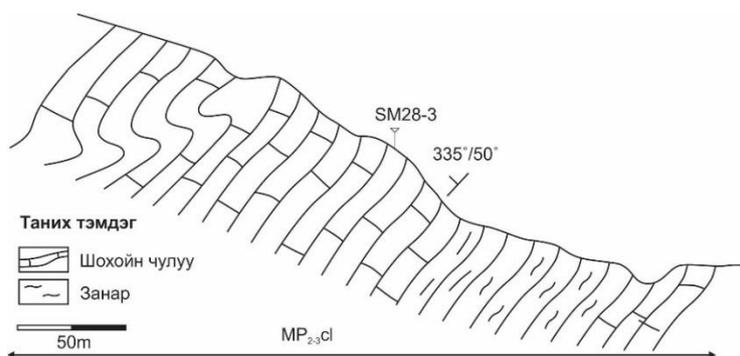
Өмнөд Монголын Ханги Овоо уулын орчимд түрүү-дунд триасаар зураглагдсан кварц-сиенитийн бүрдлийн дээжинд ( $42^{\circ}32'32.6''$ ;  $109^{\circ}28'10.1''$ )  $1780 \pm 10$  с.ж нас тогтоогдсон нь тус бүс нутгийн хамгийн эртний нас төдийгүй, Хутаг уулын блокийн хэмжээнд палеопротерозойн настай суурь бодитойгоор оршин байгааг батлан харуулсан юм (Төмөрхүү нар., 2008). Мөн Ярмолук нар Цээл формац нь Тотошаны уулсын өмнөд хэсэгт  $952 \pm 8$  с.ж настай гнейсжсэн гранитоидын интрузивээр зүсэгдсэнийг тогтоосон (Ярмолук и др., 2005).

Ийнхүү Хутаг-Уул метакомплекс ба Цээл формацын метаморф чулуулгуудын геохронологи, геохимийн нарийвчилсан судалгаа бараг хийгдээгүй, дөнгөж эхлэлийн байдалтай байсаар иржээ. Иймээс бид төсөл хэрэгжих явцад Хатанбулагийн эртний массивын Хутаг уулын блокийн суурийг бүрдүүлэгч эртний метаморф чулуулгуудын эрдсийн бүрэлдэхүүн, бодисын найрлага, нас ба гарал үүслийг тогтоох зорилгоор Хутаг уул, Баян Овоо уул ба Даргиат уулын дүүргүүдэд явуулсан судалгааны ажлын үр дүнгээс тайлангийн энэхүү хэсэгт тусган харууллаа.

### 3.1.1. ХУТАГ УУЛЫН ДҮҮРЭГ

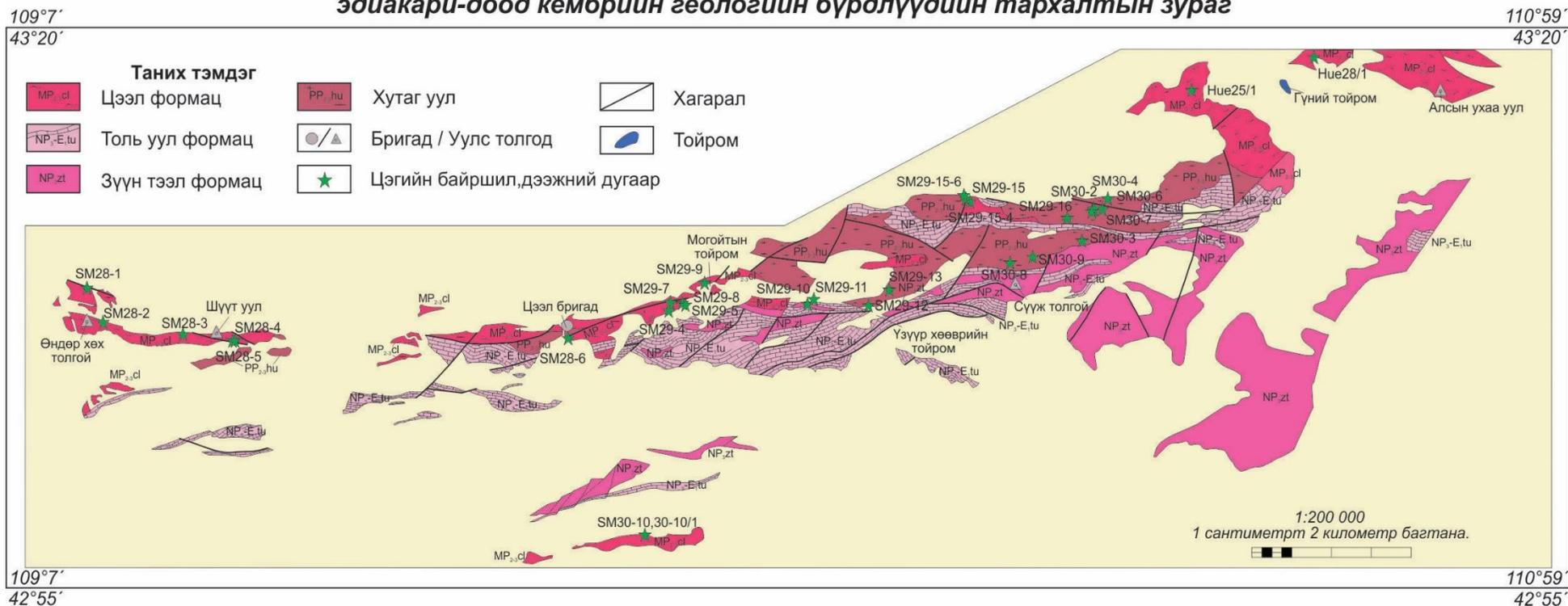
**ГЕОЛОГИЙН ТОГТОЦ.** Хутаг-Уул метакомплекс ба Цээл формацын судалгааг бид Хатанбулагийн эртний массивын Хутаг Уулын блокийн төвийн хэсэгт Хатанбулаг сумын төвөөс зүүн хойш Өндөр Хөх толгой уул, Зүүн нарийн уул, Хутаг уул, Өнгийдөгийн толгод болон Суварга толгой, Үзүүр хөөврийн тойром, Ухаа толгой, Тарганы толгод, Далангийн толгод зэргийг дамнан Алсын Ухаа толгод хүртэл бараг 40 км шахам үргэлжлэх нарийн зурвас талбайд тасалдалтай тектоникийн блок үүсгэн тархсан талбайд төвлөрөн явууллаа (Зураг 8).

**Цээл формац.** Бидний хээрийн судалгаа явуулсан Хатанбулаг сумын зүүн талд Өндөр-Хөх толгой болон Цагаан толгой уулс орчимд Цээл формацын метаморф хурдас нь янз бүрийн түвшинд гантигжсан шохойн чулуунаас (дээж SM28/1, SM28/3) зонхилон тогтох бөгөөд бага хэмжээгээр хар бараан занаржсан элсэн чулуу (дээж SM28/2) ба алевролитийн үеүдийг агуулна (Зураг 9).



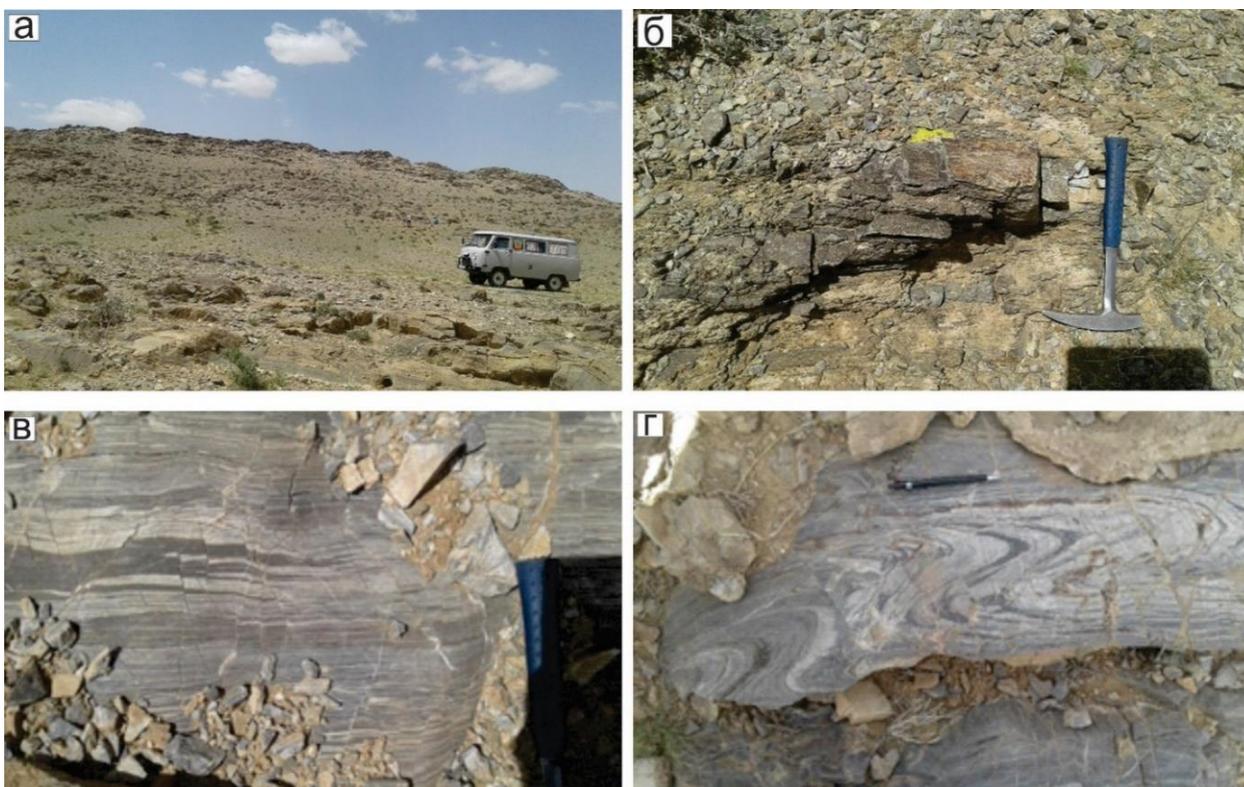
Зураг 9. Цагаан толгой уул орчимд тархалттай Цээл формацын хурдсын зүсэлтийн зураг.

**Хутаг уулын блокийн Хутаг уулын талбайн кембрийн өмнөх ба  
эдиакари-доод кембрийн геологийн бүрдлүүдийн тархалтын зураг**



Зураг 8. Хатанбулагийн эртний Хутаг Уулын блокийн Хутаг уулын дүүргийн Цээл формац ба Хутаг-Уул метакомплексын тархалтын зураг

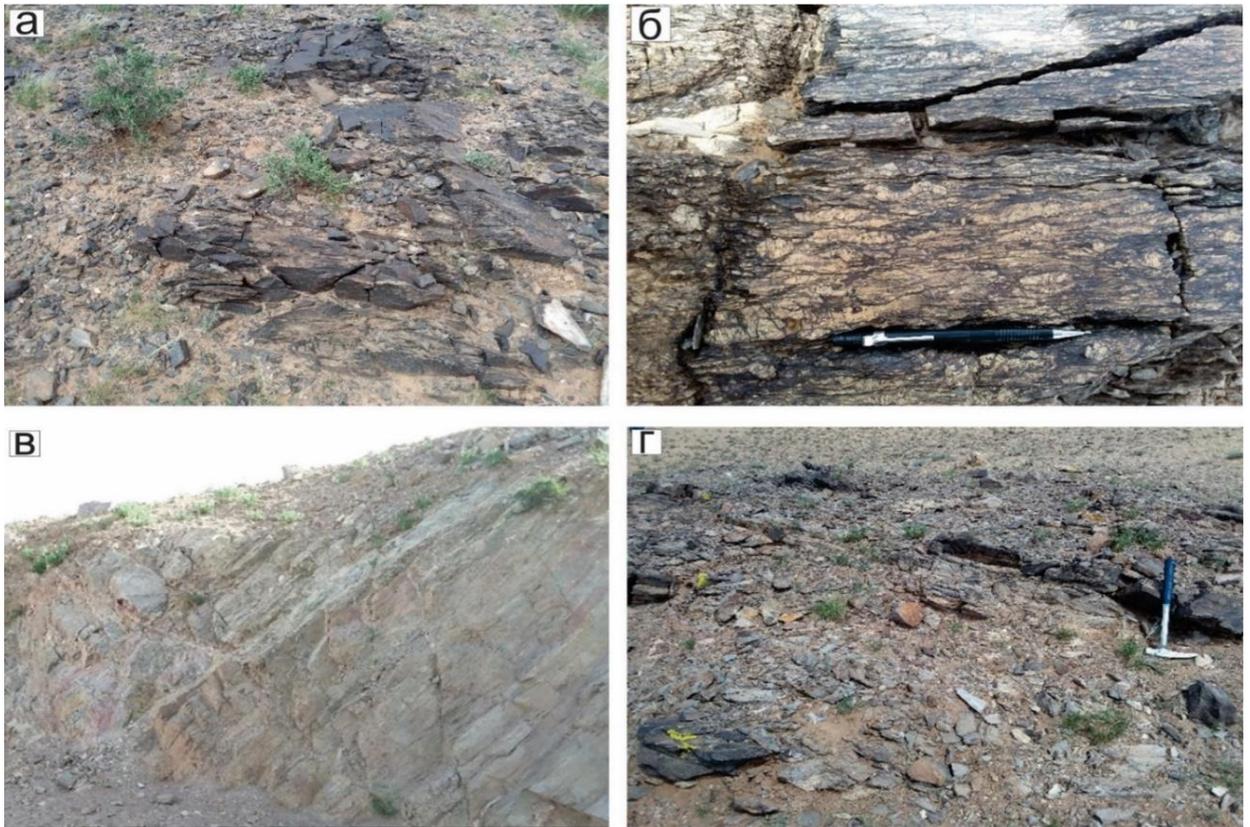
Шохойн чулуу нь хар саарал, хөх саарал болон цайвар саарал өнгөтэй, ихэвчлэн үеллэг тогтоцтой, ерөнхийдөө баруун хойшоо (310-355°, уналын өнцөг 30-50°) уналтай, зарим тохиолдолд деформацад эрчимтэй автаж атираажсан байгаа нь ажиглагдана (Зураг 10).



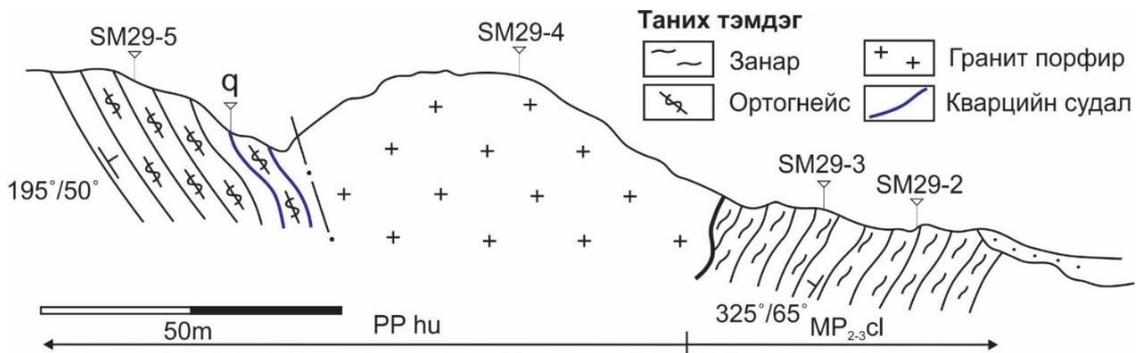
Зураг 10. Өндөр-Хөх толгой ба Цагаан толгой уулс орчимд илэрсэн Цээл формацын хурдсын гаршийн зураг. а) Харагдах ерөнхий байдал, б) Занаржсан элсэн чулуу ба алевролитийн салаавчлал, в) Үеллэг шохойн чулуу, г) Деформацад автаж атираажсан шохойн чулуу

Мөн Шүүт уулын өмнөд талд илэрсэн Цээл формацын бүрэлдэхүүнд хар саарал гялтганууртай занар (Зураг 11а, дээж SM28/4) зонхилох бөгөөд түүнтэй нийцлэг туузшилтай гнейсжсэн гранит (Зураг 11б, дээж SM28/5) илрэх бол Цээлийн бригадын зүүнхойд талд деформацад эрчимтэй автсан ногоовтор саарал ортогнейс (дээж SM28/6-1) ба түүнийг зүссэн жижиг ширхэгт диоритийн дайкууд тогтоогдох бөгөөд тэдгээр нь хамтдаа деформацад автаж гнейсжсэн байгаа нь ажиглагдана (Зураг 11в).

Түүнчлэн Цээлийн бригадаас зүүн тийш Могойтын тойром хүртлэх зурвас талбайд Цээл формацаар зураглагдсан зузаалгийн хэмжээнд ногоовтор саарал ба цайвар саарал серицит-хлориттой занар (Зураг 11г, дээж SM29/2, SM29/3) зонхилох бөгөөд тэдгээр нь цайвар шаргал, жижиг-дунд мөхлөгт гранит-порфирын биетээр (SM29/4) түрэгдсэн байх бөгөөд Хутаг-Уул метакомплексын цайвар шаргал ортогнейсээс (SM29/5) хагаралаар зааглагдана (Зураг 12).

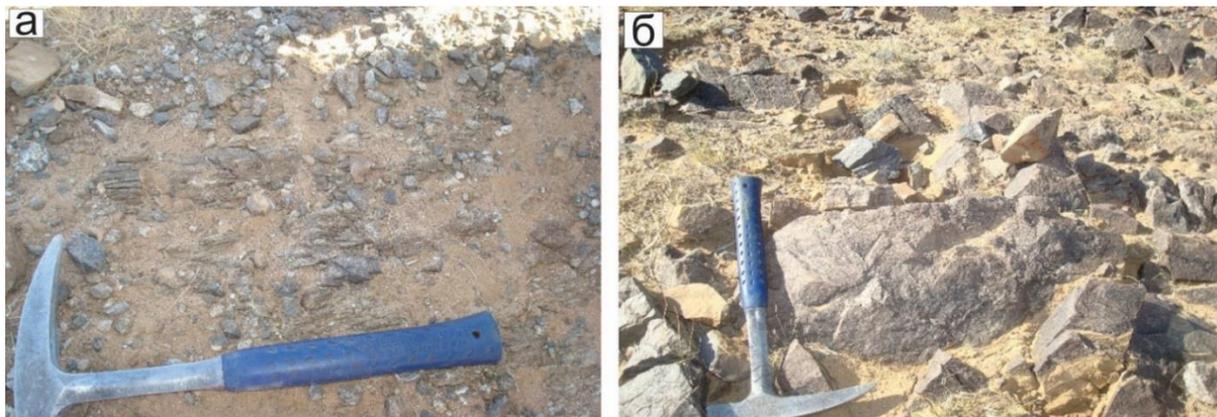


Зураг 11. Цээл формацын хурдсын гаршийн зураг. а) Гялтганууртай занар (SM28/4), б) гнейсжсэн гранит (SM28/5), в) Ортогнейс (SM28/6), г) Серицит-хлориттой занар (SM29/3).



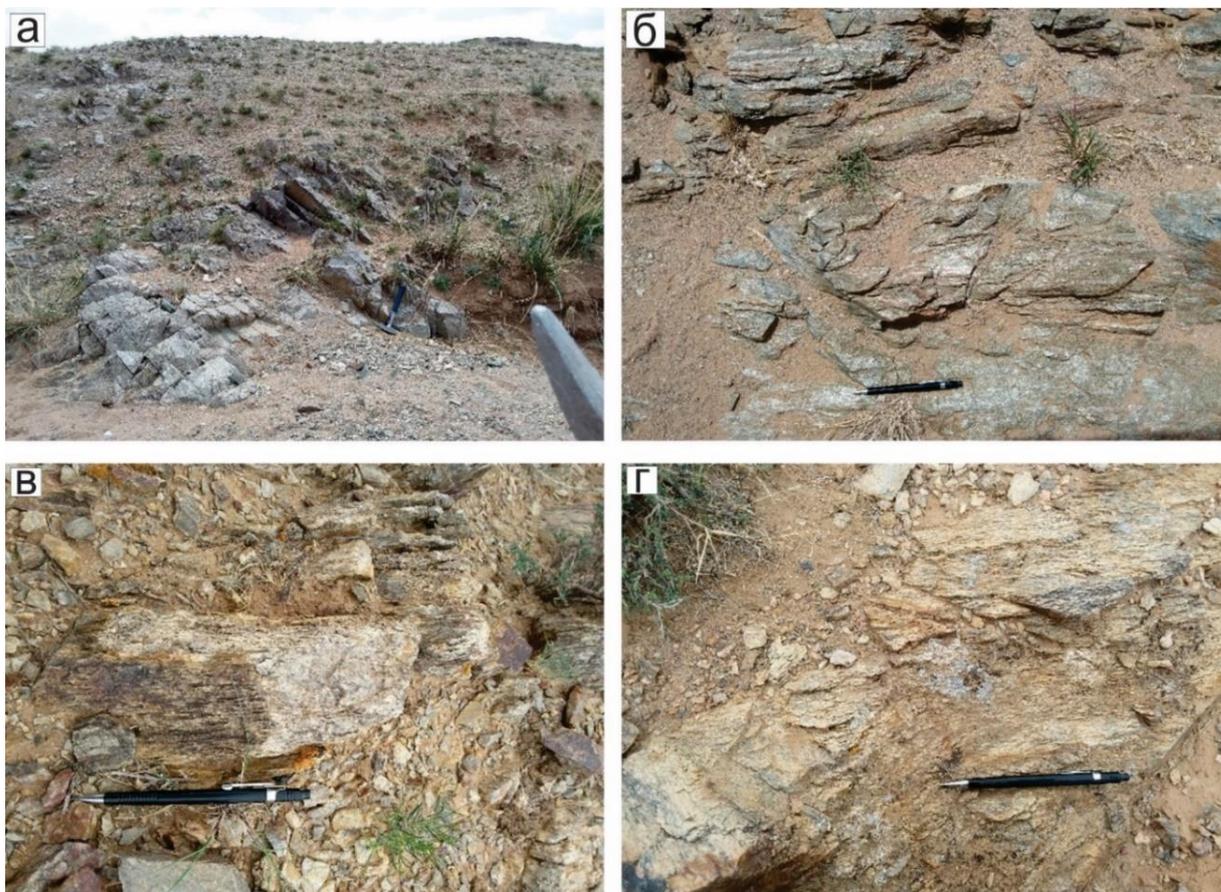
Зураг 12. Цээлийн бригадын зүүн талд тархалттай Цээл формацын метаморф хурдсын зүсэлтийн зураг.

Далангийн толгодын өмнөд тал ба Гүний тойрмын хойд Цээл формац нь гарш илрээц муутай, бүрэн зүсэлт хийх боломжгүй боловч хааяа илрэх гаршнуудад хийсэн хэсэгчилсэн зүсэлтүүдээр бүрэлдэхүүнд нь цайвар саарлаас бараавтар саарал өнгийн кварцит голлон тохиолдох бөгөөд бага хэмжээгээр түүнтэй нийцлэг харьцаа бүхий төрөл бүрийн занар ба гнейс (HuE25, HuE-25/1, HuE28, HuE-28/1) тохиолдоно (Зураг 13).



Зураг 13. Далангийн толгодын өмнөд талд Цээл формацаар зураглагдсан зузаалгийн а) Кварц-хлорит-мусковитот занар (HuE25; HuE25/1) ба б) Кварц-мусковит хлоритот занарын (HuE28) гаршийн зураг.

**Хутаг-Уул метакомплекс.** Хээрийн судалгаа явуулсан Могойтын тойромын баруун урд тал, Үзүүр хөөврийн тойром орчимд Хутаг-Уул метакомплексод зураглагдсан зузаалгуудын бүрэлдэхүүнд цайвар шаргал (дээж SM29/9, SM29/10) өнгийн дунд мөхлөгтэй ортогнейс зонхилон тохиолдох бөгөөд мөн Цээл формацад ангилагдсан цайвар саарал өнгийн мусковиттой занар (дээж SM29/8-1) ба цайвар саарал ортогнейс (дээж SM29/8) илэрнэ (Зураг 14а-г).

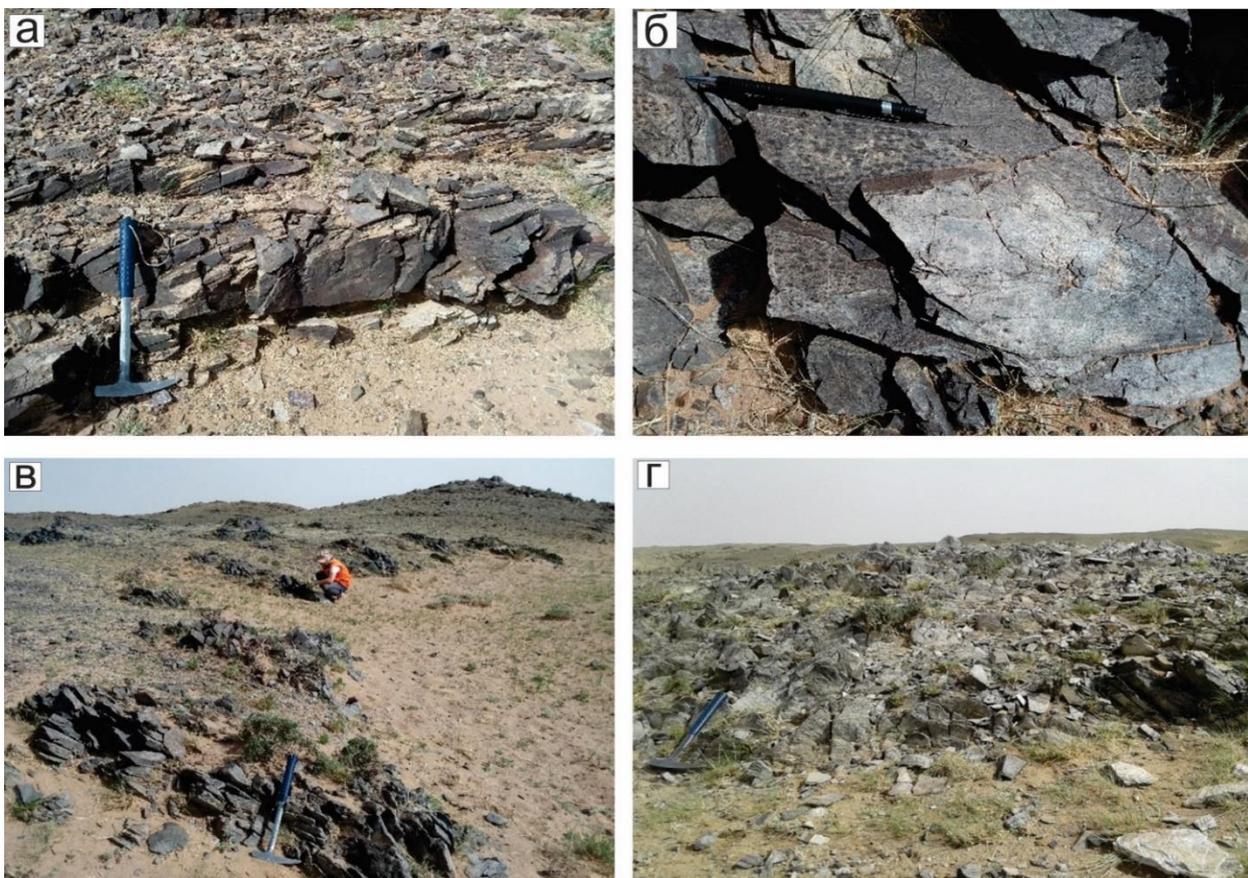


Зураг 14. Цээл формац ба Хутаг-Уул метакомплексийн метаморф хурдсын гаршийн зураг. а) Дунд мөхлөгт ортогнейс (SM29/8), б) Мусковиттой занар (SM29/8-1), в) Ортогнейс (Дээж SM29/9), г) Ортогнейс (SM29/10)

Дараагийн ажиглалт судалгааг Андуугийн худгийн баруун тал (SM29/10; SM29/11), Үзүүр хөөврийн тойром (SM29/12; SM29/13) болон Бүстийн тойрмын өмнөд тал (SM29/15-1 – SM29/15-6) зэрэг газруудад явуулав. Эдгээрийн дотроос нилээд бүрэн зүсэлтийг Бүстийн тойромын өмнөд талд хийсэн бөгөөд энд хоёр талаараа эдиакари-доод кембрийн Толь-Уул формацын шохойн чулуунаас хагарлаар зааглагдсан зузаалгийн бүрэлдэхүүнд шохойлог элсэн чулууны нимгэн үе агуулсан бараавтар өнгийн гранаттай занар ба занаржсан алевроэлсэн чулууны салаавчлал тохиолдоно (Зураг 15, 16).

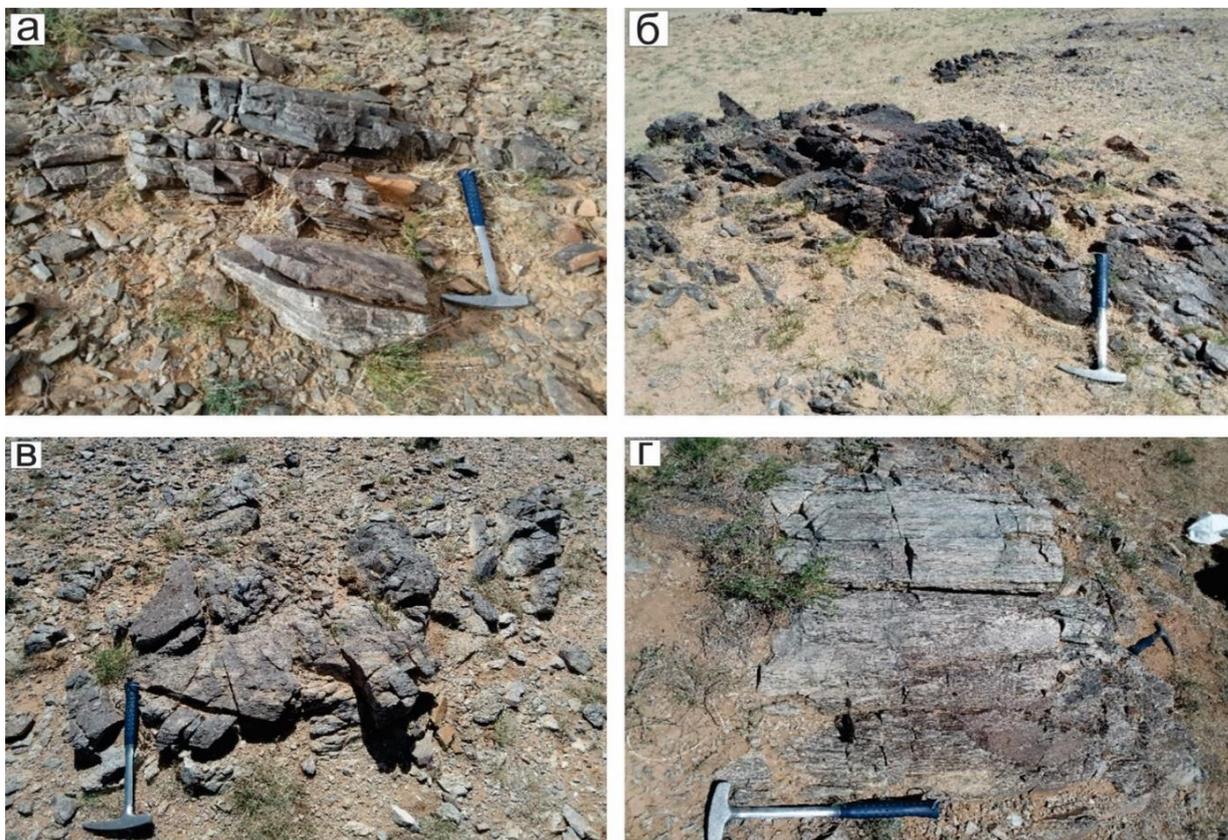


Зураг 15. Бүстийн тойрмын өмнө талд илэрсэн Хутаг-Уул метакомплексийн метаморф хурдсын зүсэлтийн зураг



Зураг 16. Бүстийн тойрмын өмнө талд илэрсэн Хутаг-Уул метакомплексийн метаморф хурдсын гаршийн зураг. а) Гранаттай занар (SM29/15), б) Занаржсан алевроэлсэн чулуу (SM29/15-2), в) Занаржсан элсэн чулуу (Дээж SM29/15-5), г) Гранаттай занар (SM29/15-6)

Харин Андуугийн худгийн баруун тал (SM29/10; SM29/11) болон Үзүүр хөөврийн тойром (SM29/12; SM29/13), Тарганы толгодын баруун тал (SM30/1, SM30/3; SM30/3-1, SM30/5, SM30/6), Ухаа толгойн зүүн урд тал (SM30-7) болон Харгана хөндийн өмнөд талд (SM30-8, SM30-9) Хутаг-Уул метакомплексод хамаарагддаг тектоникийн блокуудын хэмжээнд хөхөвтөр саарал өнгийн ортогнейс зонхилон тохиолдох бөгөөд хааяа бараавтар саарал кварцит (SM30/4) болон хар саарал өнгийн занаржсан элсэн чулуу (дээж SM29/16) тогтоогдоно (Зураг 17).



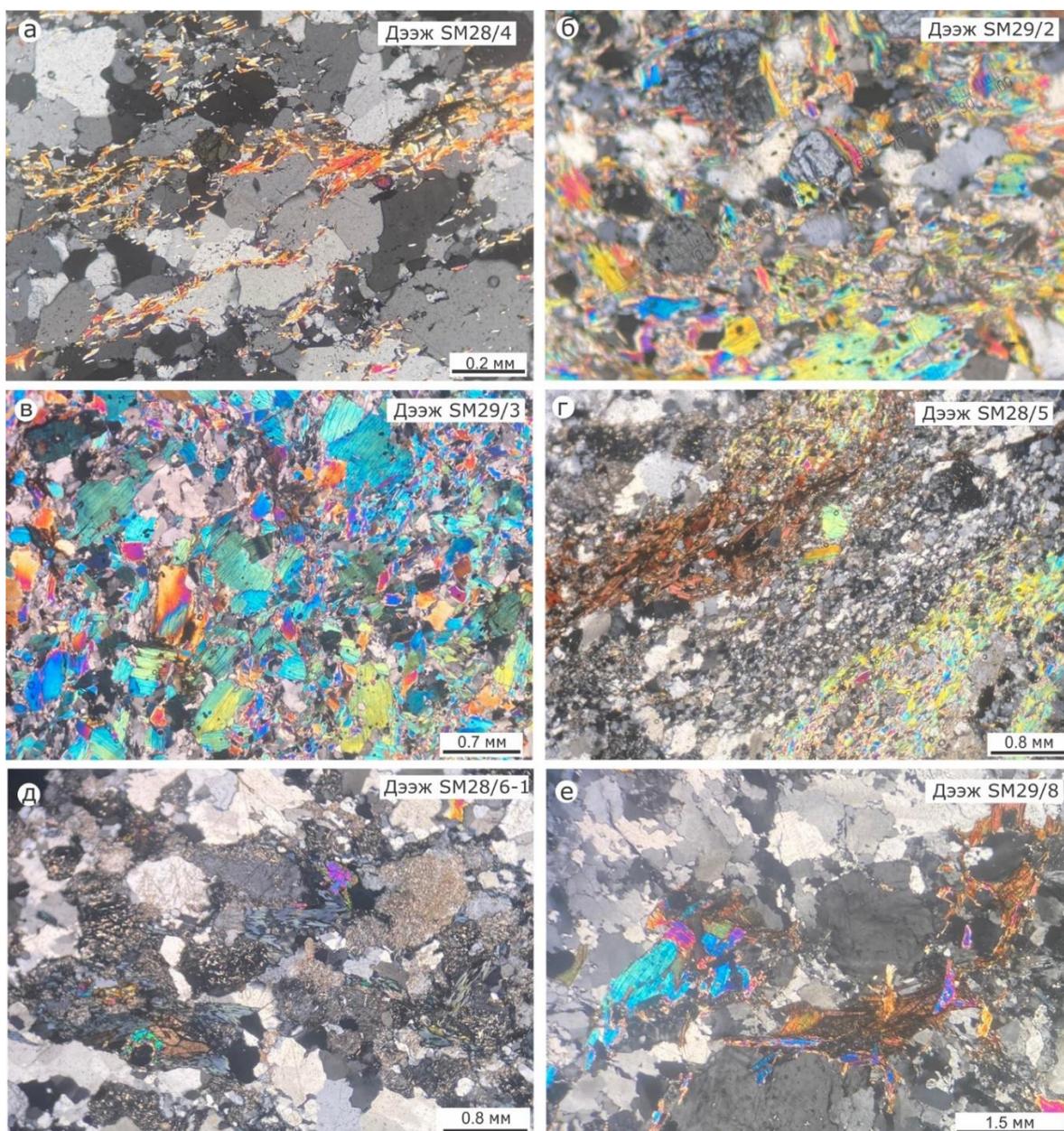
Зураг 17. Ухаа толгой болон Тарганы толгод орчимд тархалттай Хутаг-Уул метакомплексийн метаморф хурдсын гаршийн зураг. а) Занар (SM29/16), б) Кварцит (SM30/4), в) Ортогнейс (Дээж SM30/6), г) Ортогнейс (SM30/9)

## ПЕТРОГРАФИ.

**Цээл формац.** Хээрийн судалгааны явцад хийгдсэн геологийн ажиглалтуудаас авч үзэхэд Цээл формацын бүрэлдэхүүнд янз бүрийн түвшинд гантигжсан шохойн чулуу, занаржсан элсэн чулуу, алевролит болон тунамал чулуулгаар үүссэн занарууд зонхилон тохиолдох бөгөөд гранит-гнейс бага хэмжээгээр тохиолдож байна. Эдгээр чулуулгуудын эрдсийн бүрэлдэхүүний онцлогийг авч үзье.

**Занаржсан элсэн чулуу** (SM28/2, SM28/4) нь жижиг, дунд мөхлөгтэй, кварц (75-80%), мусковит, серицитээс (20-25%) голлон тогтох бөгөөд ховроор эпидотын мөхлөгүүд агуулна. Нэг зүг чиглэсэн мусковит, серицитийн агрегатуудаар илэрхийлэгдсэн занарлаг текстуртай, лепидогранобласт структуртай (Зураг 18а). **Кварц-мусковитот занар** нь кварц (40-45%), мусковитоос (50-55%) зонхилон тогтох

бөгөөд биотитын агрегатаас гадна ховроор плагиоклаз тохиолдоно (Зураг 18в, дээж SM29/3). Мөн заримдаа дистен нилээд хэмжээгээр агуулагдана (Зураг 18б, дээж SM29/2). Кварцын мөхлөгүүд ба мусковитийн хуудаслаг агрегатууд нь ерөнхийдөө нэг зүг чиглэсэн занарлаг текстуртай, лепидогранобласт структуртай.



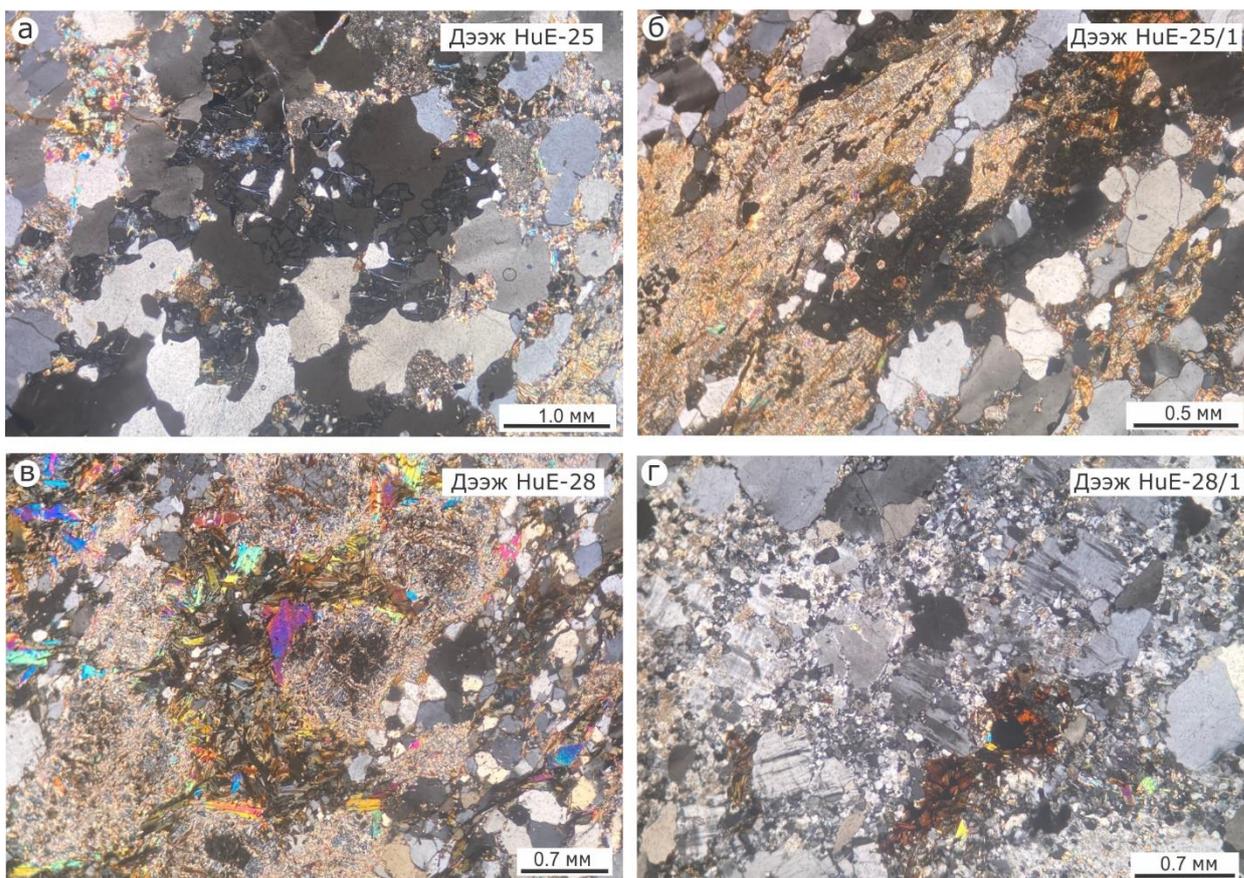
Зураг 18. Цээл формацын голлох чулуулгуудын шлифийн зураг. а) Занаржсан элсэн чулуу (дээж SM28/4), б) Дистен агуулсан кварц-мусковитот занар (дээж SM29/2), в) Кварц-мусковитот занар (дээж SM29/3), г) Биотит-мусковитот гнейс (дээж SM28/5), д-е) Биотит-плагиоклазат гнейс (SM28/6-1, SM29/8)

Ховроор тохиолдох биотитийн мөхлөгүүд нь мусковитоор бүрэн болон хэсэгчлэн түрэгдсэн. Мусковитийн агрегатууд 1 мм хүртэлх урттай. **Биотит-мусковитот гнейс** (SM28/5) нь кварц, плагиоклаз (60-65%), мусковит (20-25%) ба биотитоос (10-15%) тогтоно. Биотит ба мусковитийн нэг зүг чиглэсэн нарийн үеүд болон тэдгээрийн дунд байрлах поликристаллаг кварц ба плагиоклазийн мөхлөгүүдээр илэрхийлэгдсэн гнейслэг текстуртай, лепидогранобласт структуртай (Зураг 18г). Кварцын мөхлөгүүд гнейсжилтийн чиглэлд сунасан хэлбэртэй байх бөгөөд деформацид эрчимтэй

автсаны улмаас жижгэрч бутран долгиолог унтралттай (поликристаллаг) болсон байхаас гадна заримдаа ахин талсжсаны улмаас хэмжээ нь томорсон байгаа нь ажиглагдана. **Биотит-плагиоклазат гнейс** (SM28/6-1, SM29/8) нь кварц (30-35%), плагиоклаз (40-45%), биотит (15-20%) ба калишпат (1-5%) зэргээс голлон тогтоно (**Зураг 18д**). Кварцын мөхлөгүүд нь деформацад эрчимтэй автсаны улмаас поликристаллаг болсон бол плагиоклаз нь ихэнхдээ соссюритжсан, биотит нь хлоритоор бараг бүрэн түрэгдэж бага хэмжээгээр эпидот үүссэн (**Зураг 18д, е**) байгаа нь ажиглагдана. **Мусковит-хлориттой занар** (SM30/10) нь кварц (55-60%), мусковит, хлорит (40-45%) зэргээс тогтох бөгөөд хлоритжилтийн дагууд хүдрийн эрдсүүд (opaque minerals) нилээд хэмжээгээр тохиолдоно. Кварцын мөхлөгүүд нь мөн занаршилтийн чиглэлийн дагууд сунасан хэлбэртэй болсоноос гадна микроатираажилт ажиглагдана.

Далангийн толгодын өмнөд тал ба Гүний тойрмын хойд талд Цээл формацын бүрэлдэхүүнд тогтоогдсон занар ба гнейсийн (HuE25, HuE-25/1, HuE28, HuE-28/1) петрографийн онцлогийг авч үзье.

Далангийн толгодын өмнөд талд Цээл формацын бүрэлдэхүүнд тогтоогдсон **гранат-хлорит-мусковиттой занар** (дээж HuE25) нь кварц (50-55%), серицит, мусковит (25-30%), хлорит (10-15%), эпидот (1-5%) зэргээс тогтох бөгөөд занарлаг текстуртай, лепидогранобласт структуртай (**Зураг 19а**).



**Зураг 19.** Далангийн толгод ба Гүний Гүний тойром орчимд зураглагдсан Цээл формацын метаморф чулуулгуудын шлифийн зураг. а) Гранат-хлорит-мусковиттой занар (дээж HuE-25), б) Гранат-мусковитот занар (Дээж HuE-25/1), в) Кварц-серициттэй занар (HuE-28), г) Кварц-биотит-плагиоклазтай гнейс (HuE-28/1).

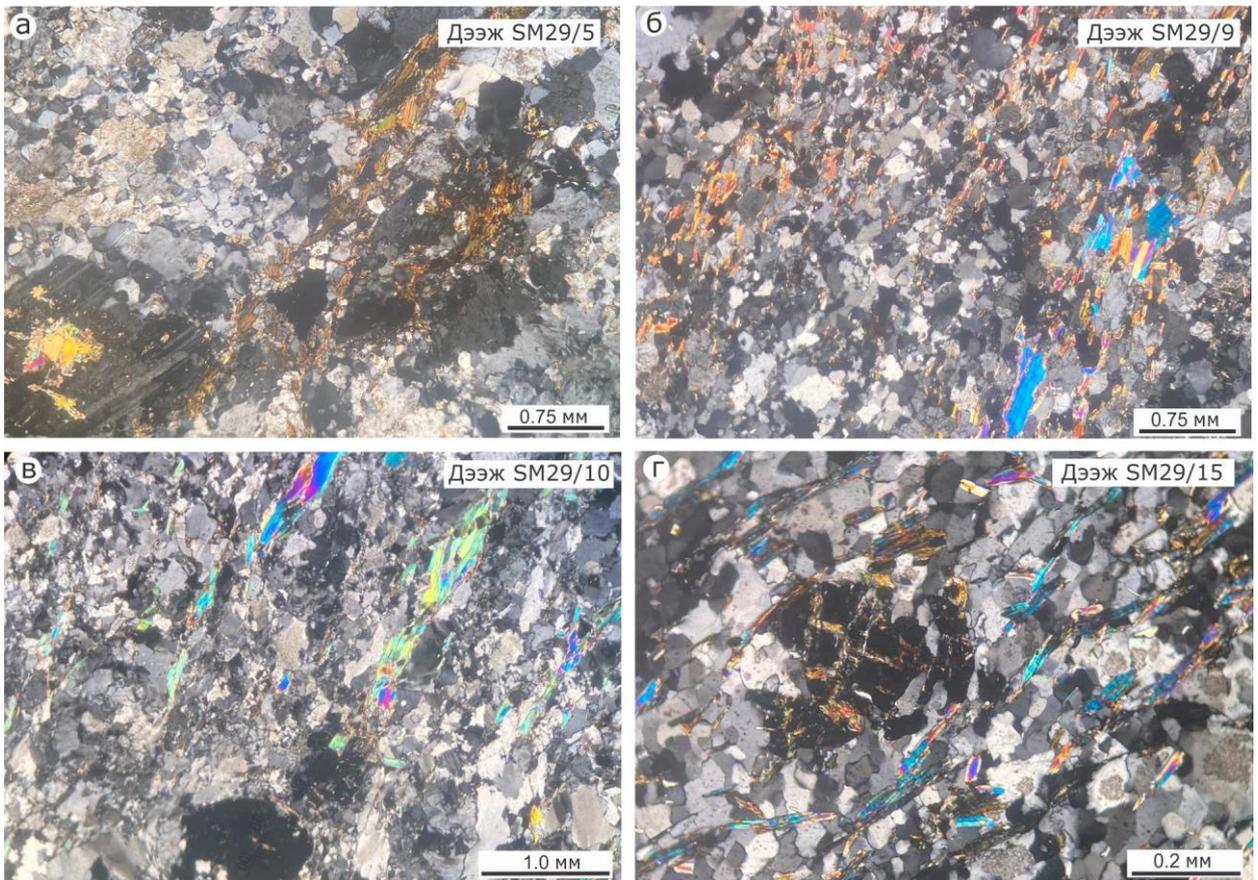
Эпидот гол төлөв ан цав дагаж үүссэн байх бол гранатын мөхлөг нь нилээд бутарсан байдалтай, ан цавуудаар нь хлоритжсон байгаа нь ажиглагдана. **Гранат-биотит-мусковиттой занар** (дээж HuE25/1) нь биотит ба серицит нилээд хэмжээгээр агуулж байгаагаараа өмнөх занараас ялгагдана (Зураг 19б). Харин Гүний тойрмын хойд талд илрэх зузаалгийн бүрэлдэхүүнд тогтоогдсон **кварц-серициттэй занар** (HuE-28) нь кварц (40-45%), серицит (30 – 35%), мусковит (5 – 10%), хлорит (15 – 20%) болон хүдрийн эрдсүүд зэргээс тогтох бөгөөд занарлаг текстуртай, лепидогранобласт структуртай (Зураг 19в). Кварцын мөхлөгүүд нь мөн деформацад эрчимтэй автаж бутарсан байгаа нь ажиглагдана. Кварц-серициттэй занартай нийцлэг байрлах **биотит-плагиоклазат гнейс** (HuE-28/1) нь кварц (25-30%), плагиоклаз, калишпат (50 – 60%), биотит, мусковит (15 – 20%) болон багаар эпидот зэргээс тогтоно. Чулуулаг нь деформацад эрчимтэй автаж кварцын мөхлөгүүд нь бутарсан байдалтай байх бөгөөд харин плагиоклаз ба калишпацийн мөхлөгүүд нилээд сайн хадгалагдсан байгаа нь ажиглагдана (Зураг 19г).

**Хутаг-Уул метакомплекс.** Бидний судалгаа явуулсан талбайн хэмжээнд зураглагддаг Хутаг-Уул метакомплексийн бүрэлдэхүүнд цайвар саарал, хөхөвтөр саарал өнгийн ортогнейс зонхилон тохиолдох бөгөөд бага хэмжээгээр бараавтар саарал, цайвар саарал өнгийн занарууд тохиолдоно.

**Плагиоклаз-биотитот гнейсүүд** (SM29/5) ерөнхийдөө ойролцоо найрлагатай, кварц (35-40%), плагиоклаз (40-45%), биотит (15-20%) ба калишпат (1-5%) болон ховроор эпидот зэргээс тогтоно (Зураг 20а). Чулуулаг нь деформацад эрчимтэй автсаны улмаас кварцын мөхлөгүүд бутарч жижгэрэн долгиолог унтралттай болсон бол калишпатын мөхлөгүүд нилээд сайн хадгалагдсан, плагиоклаз нь гол төлөв сосюритжсэн байх ба мирмекит ургалт тод илэрнэ. Биотит нь хлорит ба мусковитоор хэсэгчлэн түрэгдсэн байдал ажиглагдана.

**Биотит-мусковитот гнейс** (SM29/9) нь кварц (55-60%), плагиоклаз (10-15%), биотит, мусковит (25-30%) болон ховроор эпидот тохиолдоно (Зураг 20б). Нэг зүг чиглэн байрласан биотит ба мусковитийн агрегат болон кварц, плагиоклазын мөхлөгүүдээр илэрхийлэгдсэн гнейслэг текстуртай, лепидогранобласт структуртай. Биотит-мусковитот гнейс нь зарим тохиолдолд гранат болон цоизит агуулна (Зураг 20в, дээж SM29/10, SM29/12). Кварцын мөхлөгүүд деформацад эрчимтэй автаж ахин талсжсан, хэмжээ нь ерөнхийдөө жигдэвтэр боловч хааяа 1.25 мм хүртлэх хэмжээтэй томхон мөхлөгүүд тохиолдоно.

**Гранат агуулсан кварц-мусковитот занар** (SM29/15, SM29/15-6) нь кварц (60-65%), мусковит (30-35%) ба гранат зэргээс тогтох бөгөөд бага хэмжээгээр хлорит тохиолдоно (Зураг 20г).

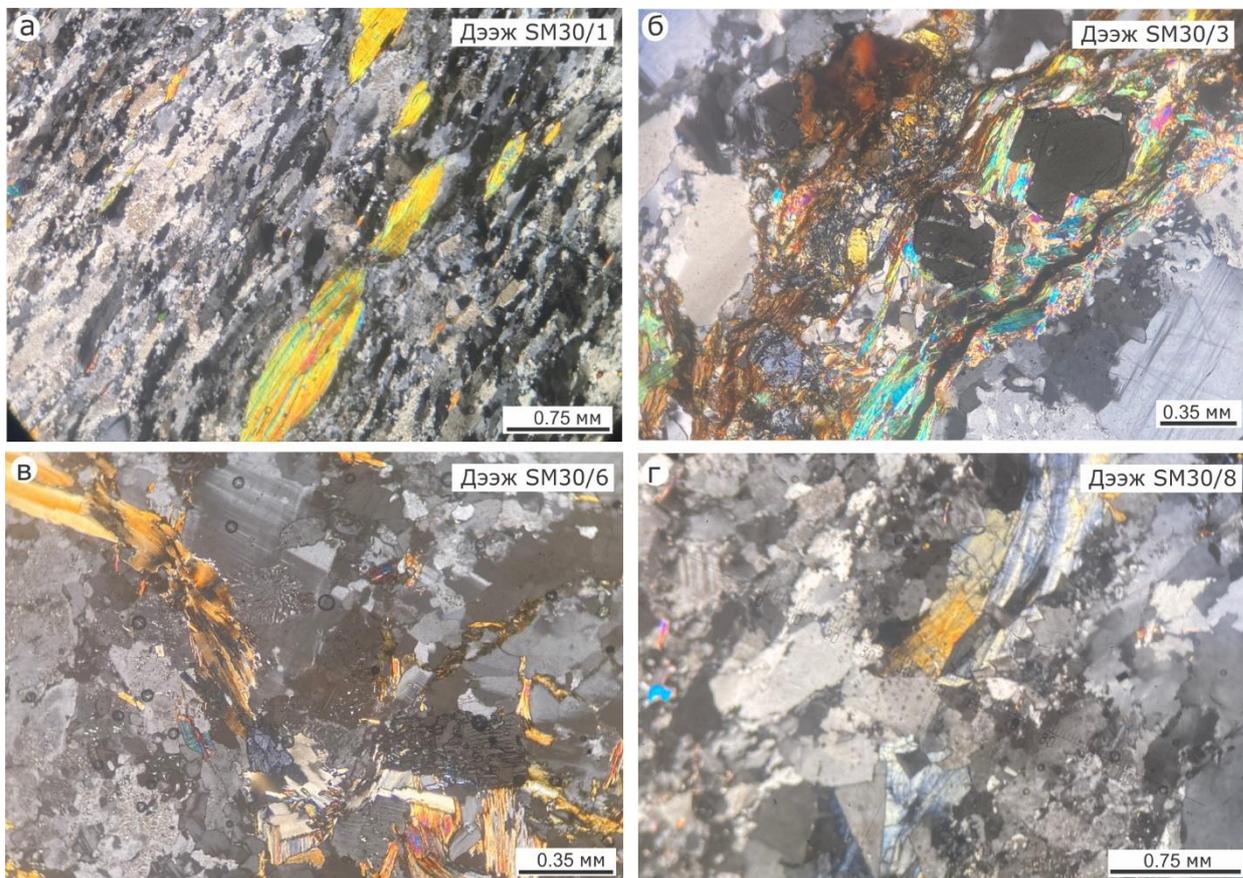


Зураг 20. Могойтун тойром, Андуугийн худаг болон Бүстийн тойром орчимд зураглагдсан Хутаг-Уул метаморф бүрдлийн голлох чулуулгуудын шлифийн зураг. а) Плагиоклаз-биотитот гнейс (дээж SM29/5), б) Биотит-мусковитот гнейс (Дээж SM29/9), в) Гранат агуулсан биотит-мусковитот гнейс (Дээж SM29/10), г) Гранат агуулсан кварц-мусковитот занар (Дээж SM29/15).

Тарганы толгод, Ухаа толгой болон Харгана хөндийн орчимд Хутаг-Уул метакомплексод зураглагддаг хөхөвтөр саарал гнейсүүд нь петрографийн найрлагын хувьд ерөнхийдөө ойролцоо байх бөгөөд кварц-мусковитот (SM30-1), биотит-мусковитот (SM30/3, SM30-6), кварц-хлоритот (SM30/8) гнейсэд ангилагдана (Зураг 21а-г).

Чулуулаг нь кварц, плагиоклаз, калишпат, мусковит, биотит ба хлорит зэргээс тогтох бөгөөд бага хэмжээгээр гранат, цоизит ба эпидот агуулна. Чулуулаг нь жижиг, дунд мөхлөгтэй, кварц, плагиоклазын мөхлөгүүд ба гялтгануурын агрегатуудын нэг зүг чиглэсэн үенүүдээр илэрхийлэгдсэн гнейслэг текстуртай, гранобласт, лепидогранобласт структуртай. Кварцийн мөхлөгүүд нь дугуйвтар, заримдаа сунасан хэлбэртэй, катаклазийн процесст эрчимтэй автсаны улмаас жижгэрч бутарсан, заримдаа ахин талсжиж хэмжээ нь томорсон байгаа нь ажиглагдана. Кварц чулуулгийн 30-50%-ийг эзлэх бөгөөд зарим дээжинд түүний агуулга 60-70% хүрнэ (дээж SM30/1, Зураг 21а). Плагиоклаз ба калишпат чулуулгийн 20-40% ба 5-15%-ийг тус тус эзлэх бөгөөд плагиоклазын полисинтет ихэрлэлтээс гадна плагиоклаз нь микроклиноор түрэгдсэний улмаас түүний зах хэсэгт кварцын дусал хэлбэрийн мирмекит ургалт үүсжээ (Зураг 21в). Биотит ба мусковит чулуулгийн 10-30%-ийг эзлэх ба 0.3-1.2 мм хүртэл урт, заримдаа 0.5-0.6 мм хүртэл өргөн байх бөгөөд тэдгээр нь хоорондоо нягт ургалттай, деформацлагдаж тахирласан байх нь харагдана. Заримдаа мусковитийн харьцангуй өргөн хавтгай томхон мөхлөгүүд ч

ажиглагдана. Хлорит нь чулуулгийн 1-10%-ийг эзлэх ба гол төлөв биотитоор үүссэн байна. Эпидот ба цоизит харьцангуй бага хэмжээгээр тохиолдох ба гол төлөв изометрлэг, зөв бус хэлбэртэй байна. Гранат мөн бага хэмжээгээр тохиолдох бөгөөд изометрлэг хэлбэртэй, 0.1-0.7 мм хүртэл хэмжээтэй, ан цав дагууд нь хлорит, эсвэл биотит үүссэн байгаа нь ажиглагдана. Акцессор эрдсүүдээс циркон тохиолдох ба мөн хүдрийн эрдсүүд, магнетит тохиолдоно.



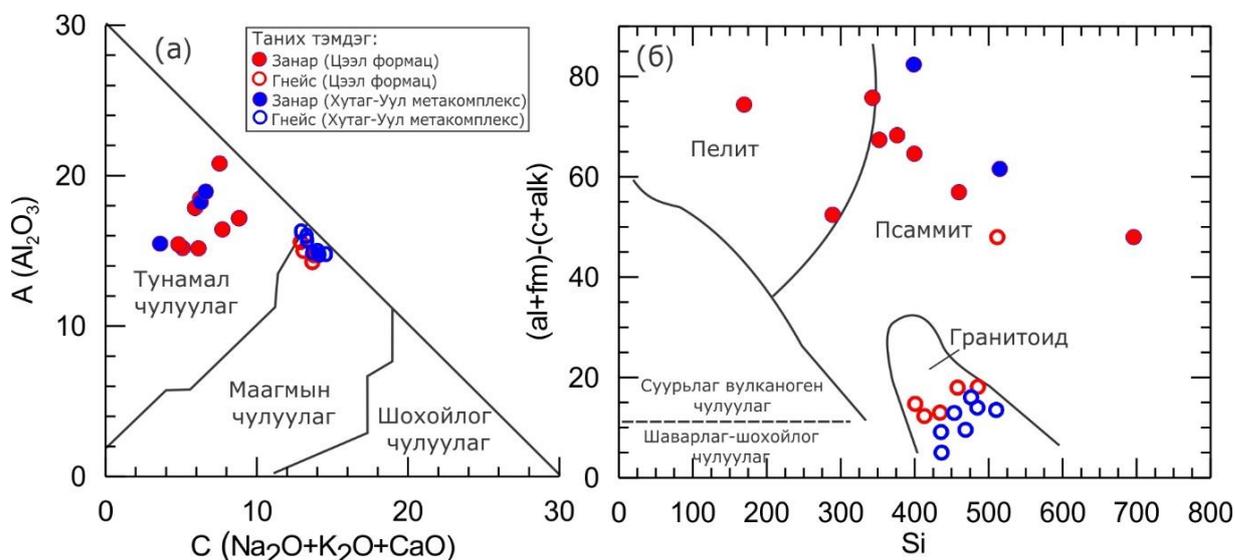
Зураг 21. Тарганы толгод, Ухаа толгой болон Харгана хөндийн орчимд Хутаг-Уул метаморф бүрдэлд зураглагддаг гнейсийн шлифийн зураг. а) Кварц-мусковитот гнейс (SM30-1), б-в) Биотит-мусковитот гнейс (SM30/3, SM30-6), г) Кварц-хлоритот гнейс (SM30/8)

**МЕТАМОРФ ЧУЛУУЛГУУДЫН ПРОТОЛИТ.** Хээрийн ажлын явцад хийсэн макро ажиглалт болон петрографийн судалгааны дүнгээс авч үзэхэд Хутаг-Уул метакомплекс ба Цээл формацын бүрэлдэхүүнд гол төлөв хүчиллэг найрлагатай гнейс, төрөл бүрийн занар, занаржсан элсэн чулуу болон кварцит зонхилох бөгөөд бага хэмжээгээр гантиг тохиолдоно. Эдгээр чулуулгуудын петрографийн онцлогт тулгуурлан авч үзвэл занарууд тунамал чулуулгаар үүссэн бол харин гнейс нь хүчиллэг маагмын чулуулгаар тус тус үүссэн байх магадлалтай байна. Иймээс энэхүү таамаглалыг шалгах үүднээс чулуулгуудын протолит буюу анхдагч чулуулгийн литологийн найрлагыг тогтоох оролдлогыг геохимийн шинжилгээний дүнг ашиглан хийлээ.

Метаморфизмын явцад даралт болон температурын нөлөөгөөр чулуулгийн анхдагч тогтоц бүрэн болон хэсэгчлэн арилдаг. Иймээс метаморф чулуулгийн анхдагч протолитийн найрлага, гарал үүсэл, үүслийн геодинамик нөхцлийг тогтооход тэдгээрийн химийн найрлагын онцлогт тулгуурласан төрөл бүрийн

аргачлалыг ашигладаг (Нематов, 1969; Ефремова и Стафеев, 1985). Эдгээрийн дотроос практикт өнөөг хүртэл өргөн хэрэглэгддэг А.Симонены диаграмм нь хурдас хуримтлал ба өгөршлийн процессын явцад явагддаг чулуулаг бүрдүүлэгч ислүүдийн ялгаралын онцлог дээр үндэслэгддэг бол А. Нематовын диаграмм нь чулуулгийн химийн шинж дээр үндэслэн орто болон пара чулуулгийг ялгах боломж олгодог (Сиротин и др., 2005). Эдгээр диаграммууд нь маагмын болон тунамал чулуулгийн олон мянган геохимийн шинжилгээний дүнд хийсэн статистик шинжилгээний дүнд боловсруулагдсан байдаг. Өөрөөр хэлбэл, маагмын чулуулагт хөнгөнцагаан ихсэхэд түүнтэй зэрэгцэн натри ба кали ихэсдэг, мөн магний ба төмөр ерөнхийдөө ойролцоо агуулгатай байдаг болон магнийг бодвол кальций бага байдаг зэрэг геохимийн онцлогууд тогтоогдсон бол тунамал чулуулагт үүний эсрэг зүй тогтол ажиглагддаг байна (Нематов, 1969). Мөн ихэнх маагмын чулуулагт  $Al < Na + K + 2Ca$  (атомын тоо) байдаг бол тунамал чулуулагт  $Al > Na + K + 2Ca$  (атомын тоо) байдаг байна.

Хутаг-Уул метакомплекс ба Цээл формацын метаморф чулуулгуудын геохимийн шинжилгээний дүнг ашиглан холбогдох аргачилалын дагуу Симонен ба Нематовын диаграммуудыг байгуулж үзэхэд дараах байдал ажиглагдана (Зураг 22).



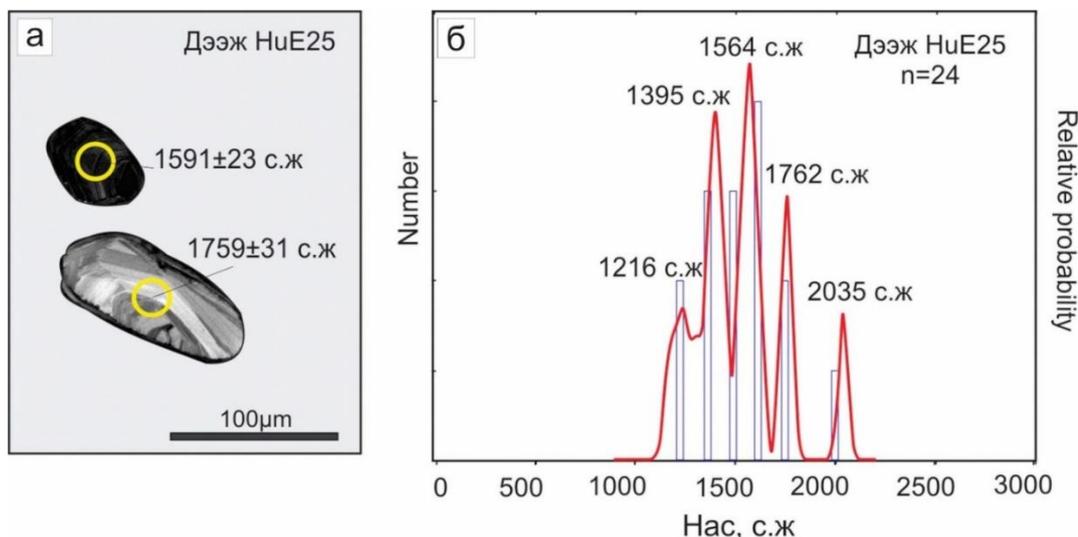
Зураг 22. Хутаг-Уул метакомплекс ба Цээл формацын метаморф чулуулгуудын анхдагч эх үүсвэрийг тогтоох а) А.Нематов болон б) А.Симонены диаграммууд.

Нематовын диаграмм дээр янз бүрийн найрлагатай занарын дээжнүүд нь тунамал чулуулгийн талбай дээр, Симонены диаграмм дээр пелит болон псаммит чулуулгийн талбай дээр тус тус бууж байгаа нь тэдгээрийг тунамал эх үүсвэртэй буюу пара чулуулаг болохыг харуулна. Харин гнейсүүд нь аль аль диаграмм дээр гранитоид чулуулгийн талбай дээр төвлөрөн бууж байгаа нь тэдгээрийг ортогнейс болохыг илтгэнэ. Ийнхүү чулуулгийн геохимийн шинжилгээний дүнгээр хийсэн боловсруулалт нь петрографийн судалгааны дүнтэй нийцэж байгаа нь тогтоогдлоо.

**ГЕОХРОНОЛОГИ.** Төсөл хэрэгжих явцад Хутаг уулын дүүрэгт Хутаг-Уул метакомплекс ба Цээл формацаар зураглагдсан ортогнейс ба протолитийн талсжилтын нас болон тунамал чулуулгаар үүссэн занаруудын хурдас хуримтлалын

насыг тогтоох зорилгоор нийт 7 дээжний цирконуудын U-Pb-ны геохронологийн шинжилгээг явуулж анхдагч өгөгдлүүдийг боловсруулсан үр дүнг доор харуулав.

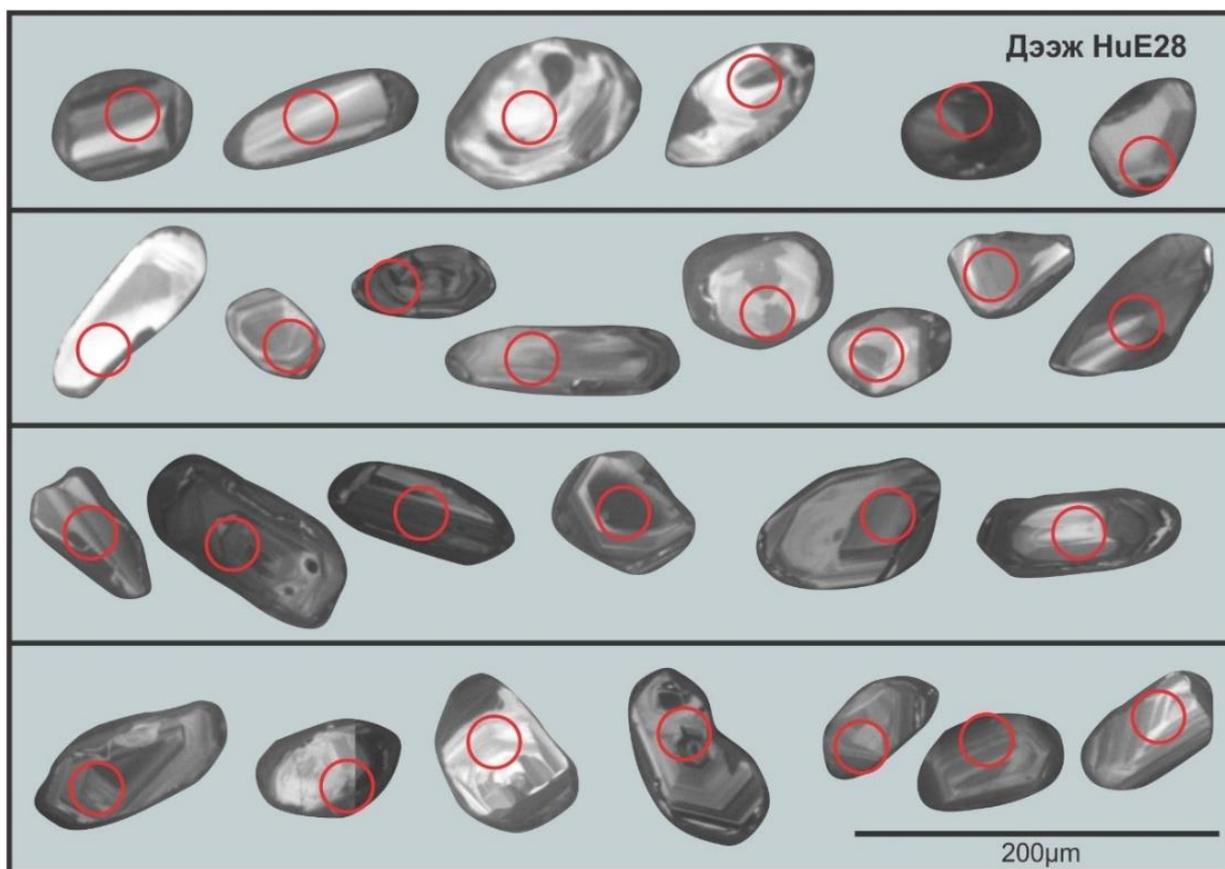
**Гранат агуулсан хлорит-мусковиттой занар. Дээж HuE25.** Тус дээжийг Далангийн толгодын өмнө талд (43°18'02.0"; 110°31'52.2") Цээл формацаар зураглагдсан кварцит-занарын зузаалгийн гранат агуулсан хлорит-мусковиттой занараас авсан (Зураг 13а). Тус дээжнээс ялгасан цирконууд нь бүгд тод илэрсэн бүслүүрлэг тогтоцтой, мөн тэдгээрийн Th/U харьцаа 0.18 ба 1.68 хооронд хэлбэлзэж байгаа нь тэдгээрийг маагмын циркон болохыг харуулна (Зураг 23а).



Зураг 23. Цээл формацын гранат агуулсан хлорит-мусковиттой занарын дээжний (HuE25) цирконуудын а) Катодлюминесценцийн зураг, б) Үнэмлэхүй насны тархалтын гистограмм.

Нийтдээ 24 цирконд үнэмлэхүй насны хэмжилт хийсэн бөгөөд зөөгдмөл цирконуудын үнэмлэхүй насны хэмжилтээр тэдгээрийн бүрэлдэхүүнд 1180±31 с.ж ба 2369±19 с.ж хооронд конкордант нас нь хэлбэлзэх цирконууд тогтоогдсон болно. Цирконуудийн үнэмлэхүй насны конкорд өгөгдлүүдийг авч үзвэл дараах гурван популяци буюу бүлэгт хуваан үзэж болно. Үүнд: 1) 1768 ± 22 ба 1617 ± 25 с.ж хооронд  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  нас нь хэлбэлзэх палеопротерозойн, 2) 1595 ± 23 ба 1395 ± 24 с.ж хооронд нас  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  нь хэлбэлзэх доод мезопротерозойн, 3) 1372 ± 28 ба 1180 ± 31 с.ж хооронд  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  нас нь хэлбэлзэх дунд мезопротерозойн цирконууд багтана. Мөн 2044 ± 22 с.ж нас бүхий неоархейн 1 циркон тогтоогдсоныг дурдах нь зүйтэй. Тэдгээрээс хамгийн залуу гурван цирконы насны дундаж болох 1242±150 с.ж (MSWD=4.1) насны өгөгдлийг тус зузаалгийн хурдас хуримтлалын насны доод хязгаар гэж үзэв (Зураг 23). Өөрөөр хэлбэл Далангийн толгодын өмнө талд зураглагдсан Цээл формацын парагнейсийн протолитийн хурдас хуримтлалын насны дээд хязгаарыг дунд – дээд мезопротерозойн түвшинд авч үзэх боломжтой байна.

**Кварц-мусковиттай гнейс. Дээж HuE28.** Тус дээжийг Алсын Ухаа толгод орчимд (43°19'42"; 110°42'14.8") Цээл формацаар зураглагдсан кварц-мусковиттай гнейсээс (HuE-28) авсан. Катодлюминесценцийн зургаас үзэхэд тус дээжнээс ялгагдсан цирконууд нь тод илэрсэн бүслүүрлэг тогтоцтой, уртавтар призмлэг хэлбэртэй, 70-160 μm хүртлэх хэмжээтэй сайтар мөлгөржсөн талстуудаас тогтоно (Зураг 24).

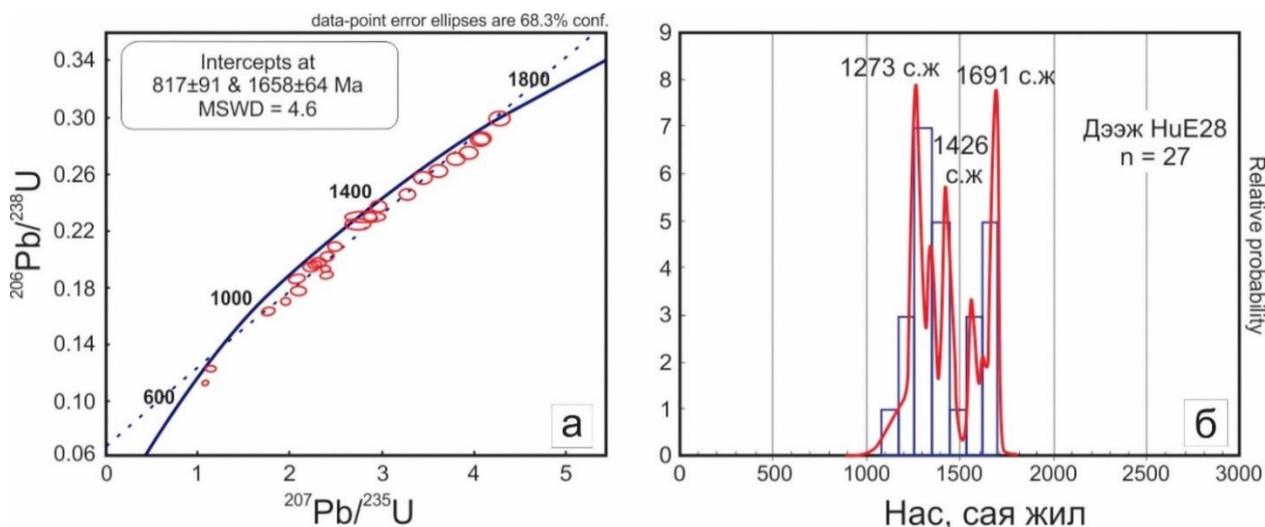


Зураг 24. Цээл формацын кварц-мусковиттай гнейсийн дээжний (HuE28) цирконуудын катодлюминесценцийн зураг

Мөн цирконуудын геохимийн өгөгдлүүдээр Th/U харьцаа 0.27 ба 4.39 хооронд хэлбэлзэж байгаа нь тэдгээрийг маагмын гаралтай болохыг харуулна. Тус дээжнээс ялгасан нийт 27 цирконд үнэмлэхүй насны хэмжилт хийхэд  $852 \pm 13$  с.ж-ээс  $1697 \pm 102$  с.ж-ийн  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  настай цирконууд тогтоогдсон бөгөөд тэдгээр нь үнэмлэхүй насны өгөгдлөөрөө дараах 5 популяци буюу бүлэгт хуваагдана (Зураг 25). Үүнд: 1)  $1697 \pm 14$  ба  $1618 \pm 16$  с.ж хооронд  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  нас нь хэлбэлзэх палеопротерозойн 6 циркон, 2)  $1567 \pm 20$  ба  $1402 \pm 102$  с.ж хооронд нас  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  нь хэлбэлзэх доод мезопротерозойн 7 циркон, 3)  $1393 \pm 73$  ба  $1227 \pm 70$  с.ж хооронд  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  нас нь хэлбэлзэх дунд мезопротерозойн 11 циркон, 4)  $1147 \pm 68$  с.ж-ийн  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  настай дээд мезопротерозойн 1 циркон 5)  $916 \pm 22$  ба  $852 \pm 78$  с.ж хооронд  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  нас нь хэлбэлзэх доод неопротерозойн 2 циркон тус тус тогтоогдсон болно. Эдгээрийн дотроос  $916 \pm 22$  ба  $852 \pm 78$  с.ж-ийн насны өгөгдлүүд нь нарийвчлал муутай, харьцангуй үнэмшил багатай өгөгдөл байсан юм. Иймээс бид өмнө нь  $1264$  с.ж дээр гол пик нь төвлөрсөн насны популяци хамгийн их хувийг эзлэж байгаад үндэслэн Цээл формацын гнейсийн протолитийн хурдас хуримтлалын насны дээд хязгаарыг дунд мезопротерозойн сүүлч буюу дээд мезопротерозойн түвшинд авч үзсэн юм.

Кварц-мусковиттай гнейсийн HuE28 дээжний геохронологийн судалгааг тус дүүрэгт хийгдсэн 1:50000 масштабын геологийн зураглал, ерөнхий эрлийн ажил явуулсан “Хулгарын элс-50” төслийн геологичидтой хамтран 2015 онд явуулсан бөгөөд тухайн үед тунамал эх үүсвэртэй парагнейс хэмээн үзэж ирсэн. Гэвч саяхан бидний хийсэн нэмэлт геохими болон петрографийн судалгаагаар уг гнейсийн (HuE-

28) протолит нь маагмын чулуулаг байж болох нь тогтоогдсон тул нэмэлт дээжлэлт хийх, геохронологийн шинжилгээг ахин явуулах, өмнө хийсэн үнэмлэхүй насны шинжилгээний өгөгдлийг эргэн шалгах шаардлагатай болсон юм. Уг гнейсийг ортогнейс хэмээн үзсэн тохиолдолд хурдас хуримтлалын насны хязгаар бус, харин протолитийн талсжилтын насыг тооцоолох шаардлагатай болох бөгөөд энэ үүднээс ойролцоо насны хамгийн залуу конкорд өгөгдлүүдээр тооцоолол хийж үзвэл  $1269 \pm 16$  с.ж байгаа нь дунд мезопротерозойн түвшинд ангилагдахаар байна. Гэхдээ дээр дурдсан конкордийн диаграмм дээрээс харахад 'upper intercept age' буюу  $1658 \pm 64$  с.ж-ийн насны өгөгдлийг тус гнейсийн протолитийн талсжилтын нас, харин 'lower intercept age' буюу  $817 \pm 91$  с.ж-ийн насны өгөгдлийг метаморфизмын нас хэмээн тайлах боломж бас харагдана (Зураг 25а).

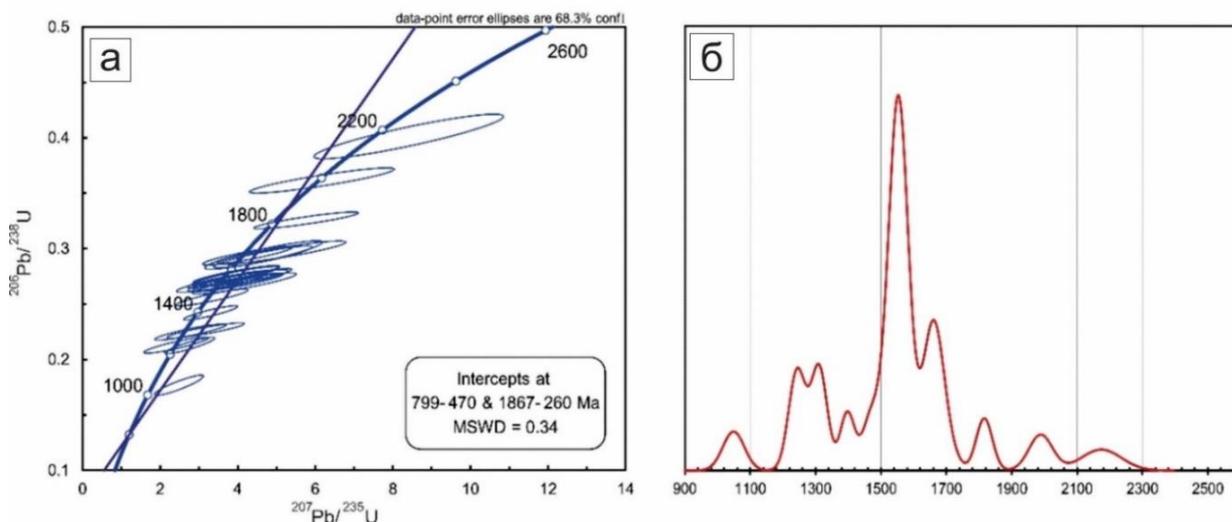


Зураг 25. Цээл формацын кварц-мусковиттай гнейсийн дээжний (HuE28) цирконуудын а) Конкордийн диаграмм, б) Үнэмлэхүй насны тархалтын гистограмм

Энэ тохиолдолд уг гнейсийг палеопротерозойд буюу Хутаг-Уул метакомплексод хамааруулж болох юм. Ийнхүү кварц-мусковиттай гнейсийн HuE28 дээжний цөөвтөр цирконуудын насны өгөгдлүүдийг тайлахад нилээд хүндрэл учирсан тул судалгааны өнөөгийн түвшинд тус гнейсийг Цээл формацад ангилж насыг дунд-дээд мезопротерозойн түвшинд үлдээсэн болно. Цаашид ахин дээжлэлт хийж үнэмлэхүй насны хэмжилтийг хангалттай тооны цирконуудад явуулах шаардлагатай.

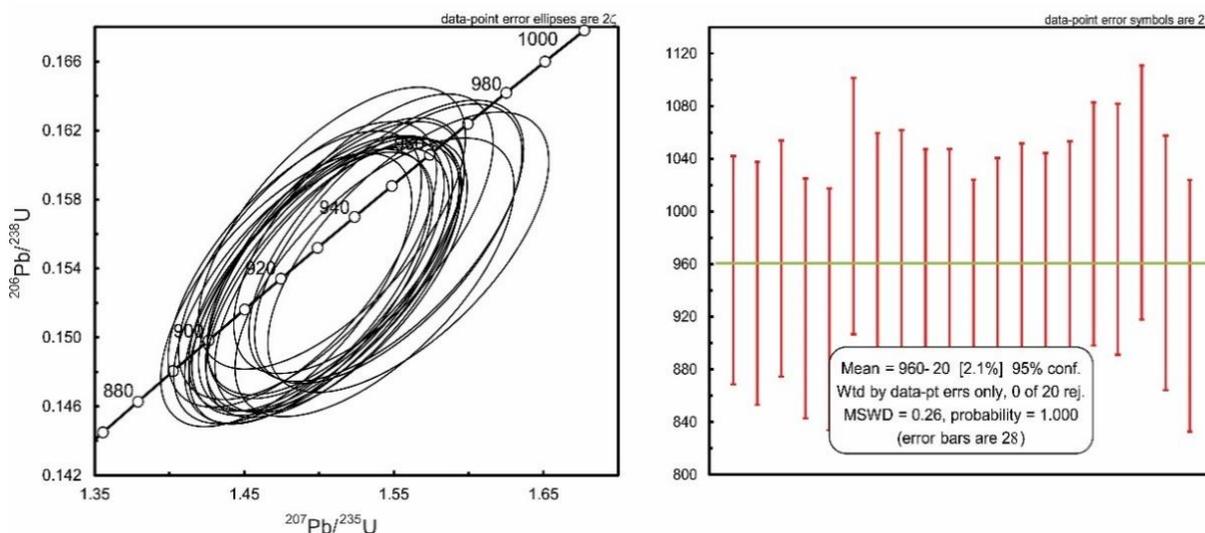
**Гранат агуулсан занар. Дээж 29/15 (43).** Тус дээжийг Бүстийн тойрмын өмнөд талын жижиг толгод ( $43^{\circ}12'54.9''$ ;  $110^{\circ}16'38.4''$ ) орчимд тархалттай метаморф зузаалгаас авсан (Зураг 15а). Уг зузаалгийг 1:200000-ны масштабын Улсын Геологийн зурагт доод неопротерозойн Хутаг-Уул метакомплексын доод мэмбэрт ангилан зурагласан байдаг. Тус зузаалаг нь янз бүрийн зузаантай гранаттай занар, занаржсан метаэлсэн чулуу, метаалевролит болон кварцитийн салаавчлалаас голчлон тогтох бөгөөд Толь-уул формацын хөх саарал, хар саарал болон цайвар шаргал өнгийн гантиг, гантигжсан шохойн чулууны зузаалгаас хагарлаар зааглагддаг талаар өмнөх геологийн хэсэгт дурдсан. Тус дээжнээс ялгасан 23 цирконы дээжинд U-Pb аргаар нас тогтоох шинжилгээ хийсэн бөгөөд бүрэлдэхүүнд нь 1250 ба 2366 с.ж хооронд конкордант нас нь хэлбэлзэх цирконууд тогтоогдсон

болно. Иймээс тус занарын хамгийн залуу гурван цирконы насны дундаж болох  $1324 \pm 200$  с.ж-ийг тус занарын хурдас хуримтлалын насны доод хязгаар гэж үзлээ (Зураг 26).



Зураг 26. Гранат агуулсан занарын (дээж 29/15) зөөгдмөл цирконуудын конкордын диаграмм ба тархалтын гистограмм

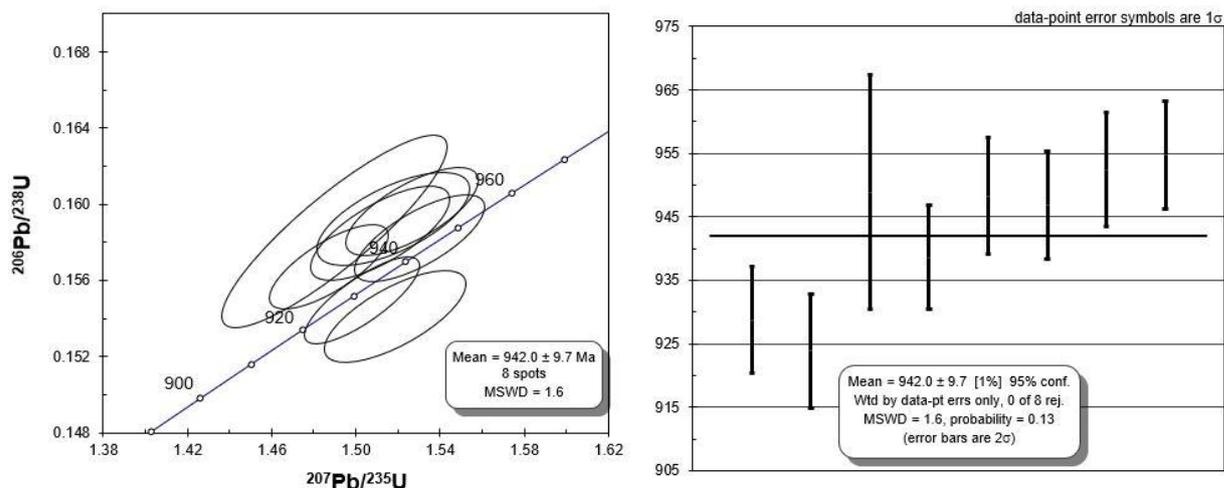
**Ортогнейс. Дээж 29/9 (20.1).** Тус дээжийг Могойн тойром ( $43^{\circ}09'16''$ ;  $109^{\circ}56'53.9''$ ) орчимд зураглагдсан деформацад эрчимтэй автаж гнейсжсэн гранитаас авсан (Зураг 14в). Гнейсжсэн гранитаас ялгасан 24 цирконы мөхлөгт үнэмлэхүй насны хэмжилт хийхэд 20 өгөгдөл нь 95%-оос дээш үнэмшил бүхий өндөр нарийвчлалтай өгөгдлүүд байв. Эдгээр цирконуудын дундаж нас болох  $960 \pm 20$  с.ж-ийг бид тус ортогнейсийн талсжилтын нас гэж үзсэн болно (Зураг 27).



Зураг 27. Гнейсжсэн гранитын (Дээж 20.1) цирконуудын конкордын диаграмм ба насны дундаж өгөгдлүүд

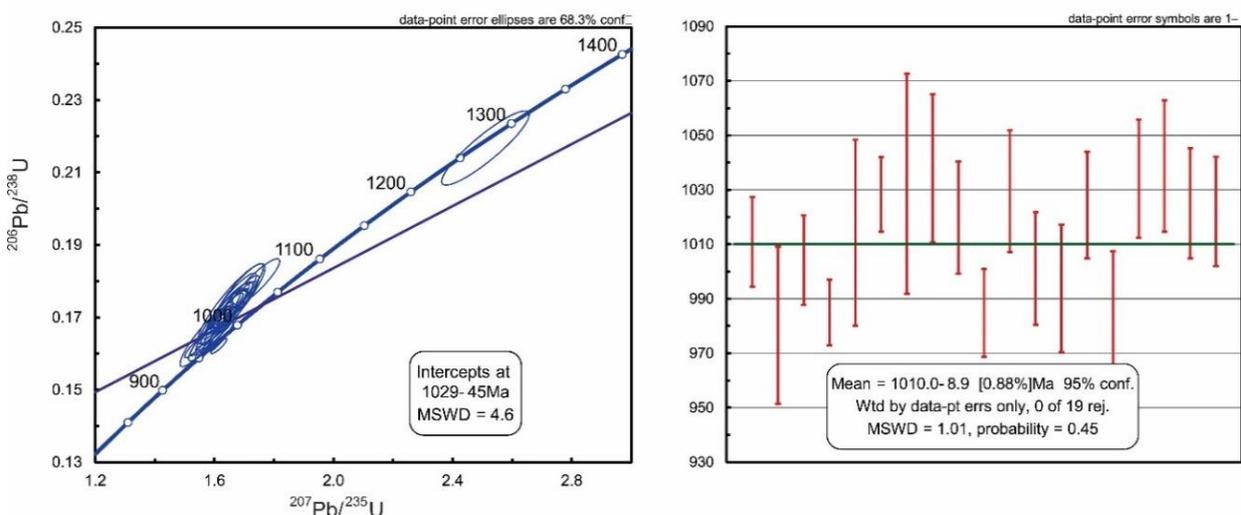
**Ортогнейс. Дээж 29/10.** Тус дээжийг Андугийн худгийн баруун талд ( $43^{\circ}7'49.6''$ ;  $110^{\circ}4'25.1''$ ) (Зураг 14г) Хутаг-Уул метаморф бүрдлээр зураглагдсан цайвар саарал өнгийн ортогнейсээс авсан бөгөөд тус дээжний нийт 12 мөхлөгт үнэмлэхүй нас тогтоох шинжилгээг явуулсан юм. Эдгээрээс өндөр нарийвчлалтай 8 конкорд

өгөгдлийн дундаж болох  $942 \pm 9.7$  с.ж-ийн насны өгөгдлийг тус ортогнейсийн талсжилтын нас гэж үзсэн болно (Зураг 28).



Зураг 28. Ортогнейсийн (Дээж 29/10) цирконуудын конкордын диаграмм ба насны дундаж өгөгдлүүд

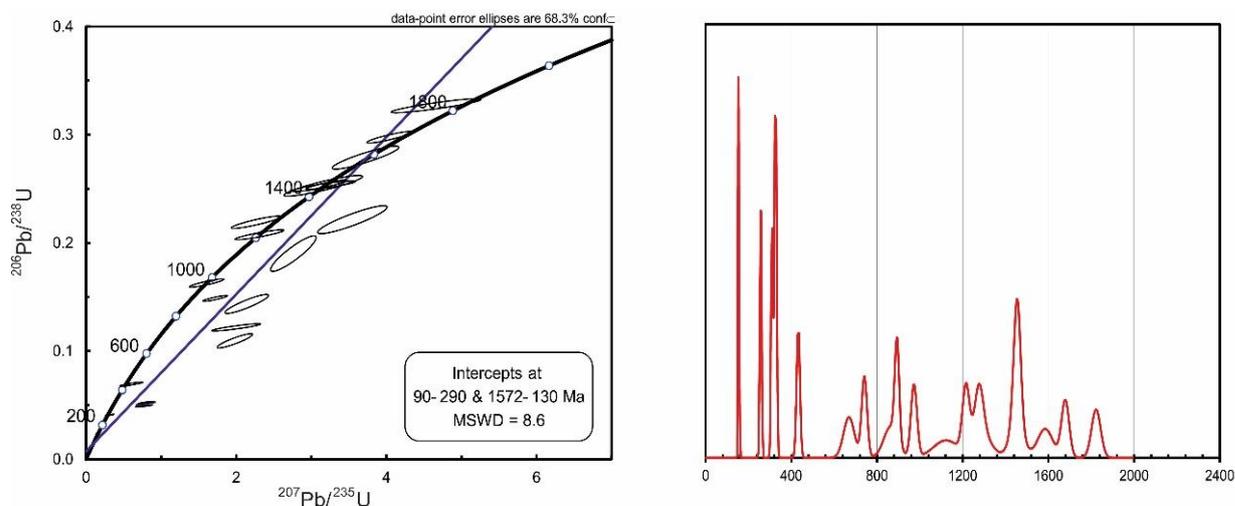
**Ортогнейс. Дээж 10.2.** Тус дээжийг бид К-49-II ба К-49-III хавтгайнуудыг дамнан байрших түрүү карбоны Улаагчин бүрдлээр зураглагдсан цайвар саарал өнгийн дунд ширхэгтэй гнейсжсэн гранитаас авсан ( $43^{\circ}20'7.6''$ ;  $109^{\circ}37'50.5''$ ) бөгөөд чулуулаг нь деформацад эрчимтэй автаж хар эрдсүүд нь нэг зүг чиглэн байрласан нь гаршийн хэмжээнд тод ажиглагдана. Гнейсжсэн гранит нь деформацад автаагүй олон тооны шүлтлэг найрлагатай зэрэгцээ дайкуудаар зүсэгдсэн байна. Тус дээжнээс ялгасан 25 цирконы дээжинд U-Pb аргаар нас тогтоох шинжилгээ явуулснаас 80 гаруй хувь нь 95%-оос дээш нарийвчлал бүхий өгөгдлүүд байв. Цирконуудын Th/U харьцаа 0.33 ба 2.58 хооронд хэлбэлзэнэ. Иймээс цирконуудын насны дундаж өгөгдөл болох  $1010 \pm 9$  с.ж-ийг тус гнейсжсэн гранитын талсжилтын нас гэж үзлээ (Зураг 29).



Зураг 29. Гнейсжсэн гранитын цирконуудын конкордын диаграмм ба насны дундаж өгөгдлүүд (Дээж 10.2).

**Дээж 35.** Тус дээжийг Хонгор Толгойн хойд талд Толь уул формацын занарын зузаалгийг зүссэн гранитын дайкаас ( $43^{\circ}11'38.3''$ ;  $110^{\circ}37'15.8''$ ) авсан. Тус дээжний

цирконуудын үнэмлэхүй насны өгөгдлүүд ихээхэн нийлмэл бөгөөд хамгийн залуу конкордант нас нь  $154 \pm 2$  с.ж боловч  $972 \pm 14$ -ээс  $1822 \pm 21$  с.ж хүртлэх үнэмшил өндөртэй нас бүхий 9 уламжлагдсан цирконууд тогтоогдсон нь агуулагч чулуулгийнхаа талаар сонирхолтой мэдээлэл өгч байна (Зураг 30).



Зураг 30. Занарын зузаалгийг зүссэн гранитын дайкийн (Дээж 35) цирконуудын конкордын диаграмм ба гистограмм

Дээр дурдсан насны өгөгдлүүдийг нэгтгэн дүгнэж үзвэл Цээл формацаар зураглагдсан гранат агуулсан хлорит-мусковиттой занар (дээж HuE25) болон кварц-мусковиттай гнейсийн (HuE-28) дээжнүүдийн насны өгөгдөлд үндэслэн Цээл формацын насыг дунд-дээд мезопротерозойд авч үзэх боломжтой байна. Энэ нь Далай нарын (2006) илрүүлсэн хадгалалт муутай строматолитын үлдвэрт үндэслэн мезопротерозойд хамааруулсантай нийцэж байна. Хутаг-Уул метакомплексор зураглагдсан зузаалгуудын хувьд парагнейс ба ортогнейсүүдийн насны өгөгдөл өөр өөр байгаа болохыг дээр дурдсан. Тус метакомплексор зураглагдсан тунамал эх үүсвэртэй занарын хурдас хуримтлалын насны дээд хязгаарыг нилээд нарийвчлал муутайгаар  $1324 \pm 200$  с.ж-ээр тогтоосон (Дээж 29/15) бөгөөд геохронологийн шинжилгээний боломжит алдааг харгалзан үзэж палеопротерозойн Хутаг-Уул метакомплексод хэвээр үлдээж болохоор байна.

Ийнхүү судалгааны өнөөгийн түвшинд Хутаг-Уул метакомплексын зөөгдмөл цирконуудын бүрэлдэхүүнд 1700 - 2000 с.ж настай цирконууд багагүй хувь эзлэж байгаагийн зэрэгцээ 1500 с.ж дээр гол пик нь төвлөрсөн цирконы популяци нийтлэг тохиолдож байгаа зэрэгт үндэслэн түүний насыг дунд-дээд палеопротерозойд баримжаалан авч үзэв. Хутаг-Уул метакомплексын Хятадын нутаг дахь үргэлжлэл хэмээн үздэг Өвөр Монголын Умард орогены Шилийнхот метакомплексын гнейсжсэн гранитад  $1516 \pm 31$  ба  $1390 \pm 17$  с.ж-ийн нас тус тус тогтоогдсон (Xu Bei et al., 2015) болохыг энд тэмдэглэх нь зүйтэй.

Харин Хутаг-Уул метакомплексын бүрэлдэхүүнд нийтлэг тохиолддог цайвар саарал, хөхөвтөр саарал өнгийн ортогнейсийн дээжнүүдэд  $1010 \pm 9$  ба  $942 \pm 9.7$  с.ж хооронд нас нь хэлбэлзэх доод неопротерозойн талсжилтын нас (дээж SM29/9; SM29/10; 10.2.) тус тус тогтоогдсон нь эдгээр ортогнейсүүдийг Хутаг-Уул метакомплексын бүрэлдэхүүнд бус харин тус бүс нутагт ялгагддаг неопротерозойн Холбоонуур бүрдэлд ангилах боломжтой болох нь харагдаж байна. Эдгээр доод неопротерозойн ортогнейсүүд нь агуулагч хурдсынхаа урьдкембрийн насыг

баталгаажуулж байгаа боловч тэдгээрийг агуулагч хурдсыг Цээл формац эсвэл Хутаг-Уул метакомплексын алинд нь хамаарах болохыг тодорхойлох боломжгүй байна.

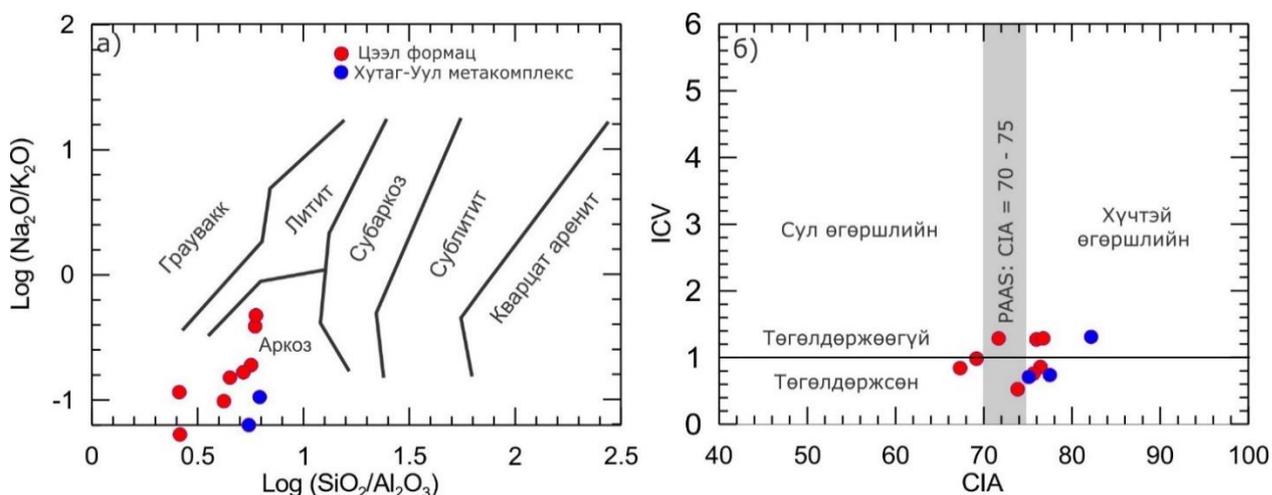
Ийнхүү метаморф чулуулгуудын геохронологийн судалгааны дүнгүүдийг нэгтгэн авч үзвэл Хатанбулагийн эртний массивын Хутаг Уулын блокийн Хутаг уулын дүүргийн хэмжээнд дунд-дээд мезопротерозойн Цээл формац, түрүү неопротерозойн Холбоонуур бүрдэл баттай ялгагдах бөгөөд харин палеопротерозойн Хутаг-Уул метакомплексод үнэмшил багатай өгөгдөлтэй болон геохронологийн судалгаанд хамрагдаагүй үлдсэн зузаалгуудыг хэвээр үлдээх нь зүйтэй гэж үзэв. Учир нь хээрийн судалгааны ажлын явцад хийсэн геологийн ажиглалт судалгаагаар урьд өмнө хийгдсэн янз бүрийн масштабын геологийн зураглалын ажлуудаар Хутаг-Уул метакомплекс болон Цээл формацад зураглагдсан блокууд литологийн бүрэлдэхүүнээрээ ялгаатай, бий болгосон шинэлэг өгөгдлүүдийг бүх жижиг блокуудын хэмжээнд ижилтгэн авч үзэх боломжгүй болох нь тогтоогдсон болно.

**ГЕОХИМИ.** Хатанбулагийн эртний массивын Хутагуулын блокийн Хутаг уулын дүүрэгт тархалттай Цээл формац ба Хутаг-Уул метакомплексын нийт 23 дээжийг геохимийн шинжилгээнд хамруулсан бөгөөд эдгээрээс 22 дээжний шинжилгээг төслийн санхүүжилтээр хийсэн. Харин 1 дээжний геохимийн шинжилгээ “Монгол орны 'К' хавтгайн хэмжээнд хийгдсэн улсын геологийн 1:200000-ны масштабын иж бүрдэл зургуудыг нэгтгэх” төслийн хүрээнд хийгдсэн болно. Геохимийн шинжилгээний дүнд боловсруулалт хийхдээ Цээл формац, Хутаг-Уул метакомплекс болон Холбоонуур бүрдлийн хэмжээнд протолитийн төрөл тус бүрд нь авч үзсэн болно.

**Тунамал чулуулгаар үүссэн занар ба занаржсан элсэн чулуу.** Петрохимийн шинжилгээний дүнгээр Цээл формацын тунамал чулуулгаар үүссэн занар ба занаржсан элсэн чулууны чулуулаг бүрдүүлэгч ислүүдийн агуулга ерөнхийдөө ойролцоо ( $\text{SiO}_2 = 70.2 - 77.8\%$ ,  $\text{TiO}_2 = 0.35 - 1.33\%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 12.8 - 16.7\%$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 2.87 - 8.53\%$ ,  $\text{MgO} = 0.43 - 2.46\%$ ,  $\text{CaO} = 0.17 - 0.79\%$ ) байх бол  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  нийлбэр агуулга  $3.21 - 7.47\%$  хооронд хэлбэлзэнэ. Харин кварц-хлориттой занар (SM29/8-1) ба кварц-мусковиттой занарын (SM29/3) дээжинд цахиурын ислийн агуулга харьцангуй бага ( $54.5 - 63.7\%$ ), харин хөнгөнцагаан ( $20.9 - 24.6\%$ ) ба калийн ислийн агуулга ( $5.47 - 6.7\%$ ) харьцангуй өндөр байгаа нь петрографийн судалгаагаар илэрсэн хөнгөнцагаанаар баялаг метаморф эрдэс болох дистентэй холбоотой.

Хутаг-Уул метакомплексын тунамал чулуулгаар үүссэн занарын гурван дээжинд хийгдсэн геохимийн шинжилгээний дүнгээр Цээл формацтай харьцуулбал цахиур ислийн ( $\text{SiO}_2 = 74.2 - 89.9\%$ ) болон шүлтийн нийлбэр агуулга харьцангуй өндөр ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 1.60 - 3.89\%$ ), харин бусад ислүүдийн агуулга ойролцоо байгаа нь ажиглагдана ( $\text{SiO}_2 = 74.2 - 89.9\%$ ,  $\text{TiO}_2 = 0.32 - 0.92\%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 5.66 - 13.9\%$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1.97 - 7.76\%$ ,  $\text{MgO} = 0.36 - 2.74\%$ ,  $\text{CaO} = 0.10 - 0.28\%$ ).

Химийн найрлагын хувьд Хутаг-Уул метакомплекс ба Цээл формацын эдгээр чулуулгуудын протолит нь бүгд аркоз элсэн чулуунд хамаарагдана (Зураг 31a).

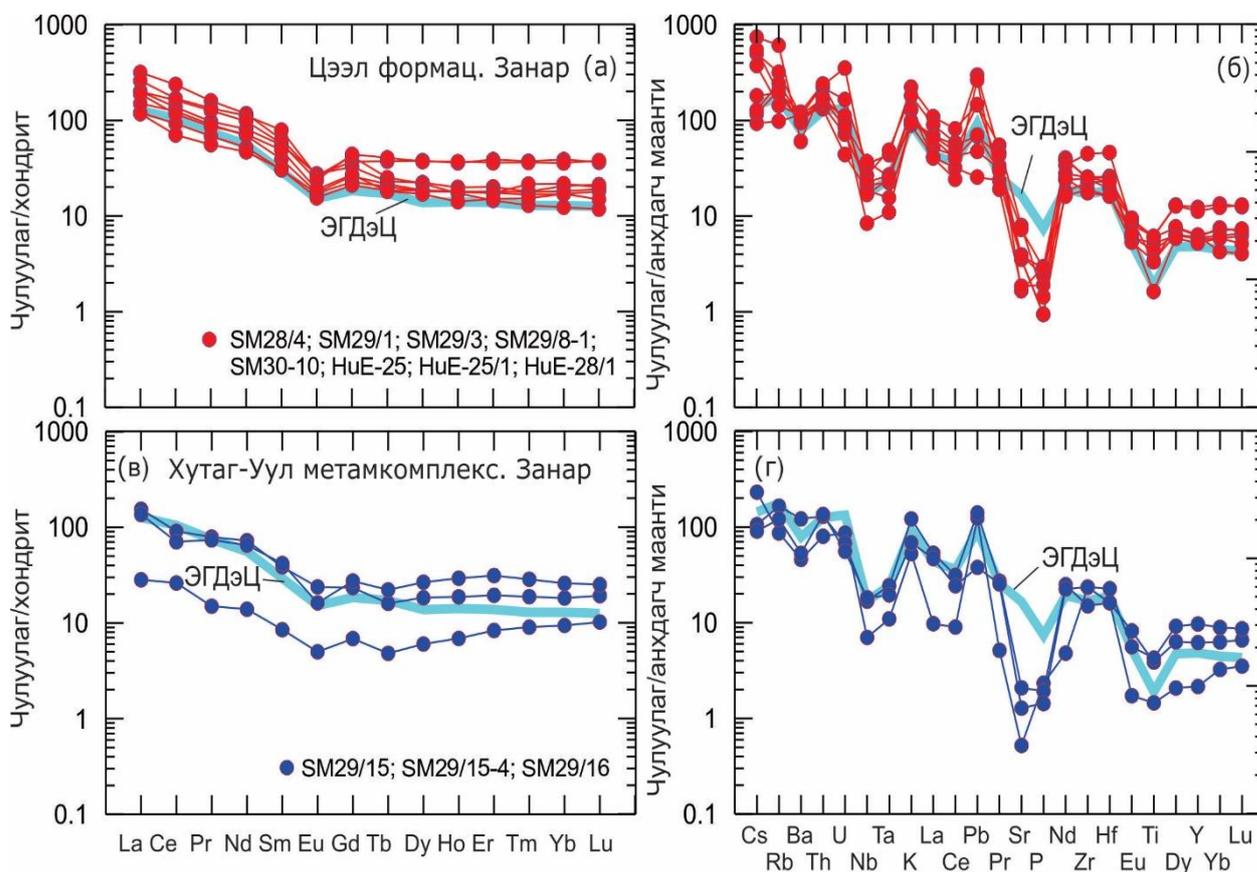


Зураг 31. Хутаг-Уул метакомплекс ба Цээл формацын занаруудын протолитийн ангиллын диаграмм. а) Петтиджоны диаграмм (Pettijohn et al., 1972), б) Химийн өгөршлийн (CIA) ба найрлагын өөрчлөлтийн индекс (ICV)-ийн харьцааны диаграмм (Cox et al., 1995)

Хэдийгээр Хутаг-Уул метакомплекс ба Цээл формацын занаруудын протолит нь хоорондоо онцын ялгаагүй, аркоз элсэн чулуунд хамаарагдаж байгаа боловч тэдгээрийн бодисын найрлага бага зэрэг ялгаатай байгаа нь ГХЭ болон бусад сарнимал элементүүдийн онцлогуудаас харагдана.

Цээл формацын тунамал протолиттой метаморф чулуулгуудын ГХЭ-ийн нийлбэр агуулга 184 – 337 г/т байх бөгөөд дунджаар 211 г/т байна. Харин Хутаг уул метакомплексын тунамал протолиттой занаруудын ГХЭ-ийн нийлбэр агуулга 39.2 – 159 г/т байх ба дунджаар 123 г/т байгаа нь Цээл формацынхтай харьцуулбал бараг 2 дахин бага байгаа нь харагдана. Цээл формацын тунамал эх үүсвэртэй метаморф чулуулгуудын  $Cl$  хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн графикт  $Eu$ -ийн сөрөг гажил ( $Eu/Eu^* = 0.45 - 0.66$ ) илрэх бөгөөд чулуулаг нь ХүГХЭ-ийг бодвол ХөГХЭ-ээр баяжсан, өөрөөр хэлбэл  $La_n/Yb_n$ -ийн харьцаа 5.41-21.1 хооронд хэлбэлзэхээс гадна ХүГХЭ-ийн харьцангуй тэгш тархалтын хэлбэр ажиглагдана (Зураг 32а).

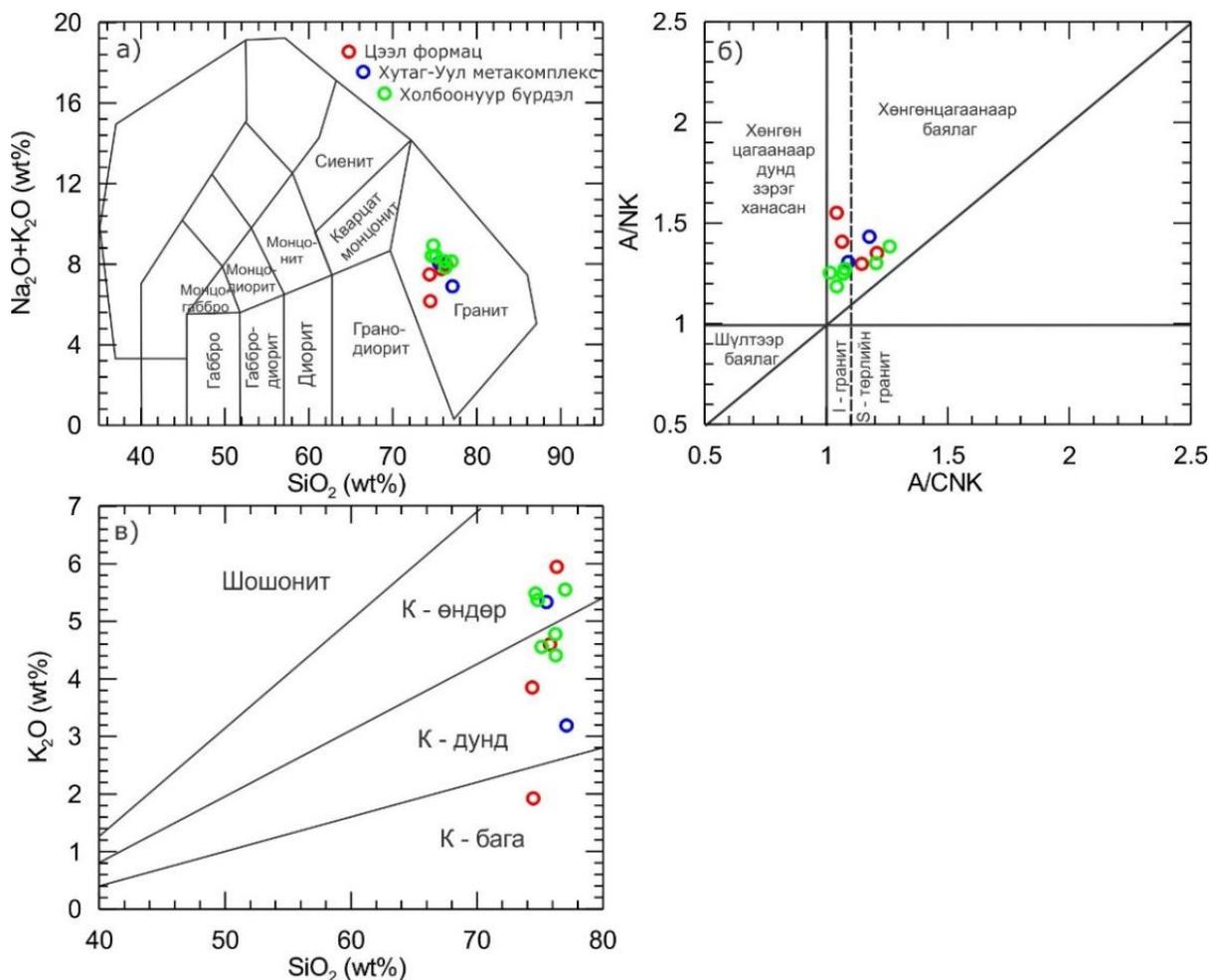
Хутаг-Уул метакомплексын тунамал чулуулгаар үүссэн занаруудын  $Cl$  хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн графикт  $Eu$ -ийн сөрөг гажил ( $Eu/Eu^* = 0.49 - 0.79$ ) илрэх бөгөөд чулуулаг нь ХүГХЭ-ийг бодвол ХөГХЭ-ээр баяжсан ( $La_n/Yb_n = 3.0 - 8.5$ ) байхаас гадна ХүГХЭ-ийн тархалт жигд бус байгаа нь ажиглагдана (Зураг 32в). Харин дээр дурдсан чулуулгуудын анхдагч маангийн найрлагаар нормчилсон сарнимал элементийн тархалтын диаграммд том ионт литофиль элемент ( $Rb, K$ ) болон өндөр цэнэгтэй элемент  $Th, U, Pb, Zr, Hf$ -ийн эерэг гажил,  $Ba, Nb, Ta, Sr, P, Sr, Ti$ -ний тод илэрсэн сөрөг гажилтай хавсран илэрч байгаа нь Эх газрын дээд царцдасын дундаж өгөгдөлтэй дүйцэж байна. (Зураг 32г, г).



Зураг 32. Цээл формац ба Хутаг-Уул метаконкомплексын тунамал эх үүсвэртэй занар ба занаржсан элсэн чулууны  $CI$  хондритийн найрлагаар нормчилсон ГХЭ-ийн ба анхдагч маантийн найрлагаар нормчилсон сарнимал элементүүдийн спайдер диаграмм. Нормчлолын өгөгдлүүдийг Sun & McDonough (1989)-ын ажлаас авав. Цэнхэр өнгийн шугамаар Эх газрын дээд царцдасын дундаж өгөгдлийг (UCC) үзүүлэв.

**Ортогнейс буюу маагмын чулуулгаар үүссэн гнейс.** Петрохимийн шинжилгээний дүнгээр Цээл формацын ортогнейсийн  $SiO_2$ -ийн хэмжээ 74.4 - 76.3%,  $TiO_2 = 0.14 - 0.28\%$ ,  $Al_2O_3 = 13.2 - 14.3\%$ ,  $Fe_2O_3 = 1.27 - 1.91\%$ ,  $MgO = 0.37 - 0.64\%$ ,  $CaO = 0.64 - 2.42\%$  хооронд тус тус хэлбэлзэнэ. Чулуулаг нь химийн гол ислийнхээ хэмжээгээр ( $Na_2O + K_2O$  ба  $SiO_2$ ) гранитын найрлагатай, хөнгөнцагаанаар баялаг, К-ийн дундаас өндөр (3.85 - 5.95%, зөвхөн нэг дээжинд  $K_2O = 1.92\%$ ) агуулгатай шохойлогшүлтлэг эгнээний чулуулгийн төрөлд хамаарагдана (Зураг 33а-в).

Хутаг-Уул метаконкомплексор зураглагдсан ортогнейсүүдийн  $SiO_2 = 75.5 - 77.1\%$ ,  $TiO_2 = 0.01 - 0.1\%$ ,  $Al_2O_3 = 13.4 - 14.5\%$ ,  $Fe_2O_3 = 0.71 - 1.38\%$ ,  $MgO = 0.10 - 0.3\%$ ,  $CaO = 0.45 - 1.44\%$  хооронд тус тус хэлбэлзэнэ. Чулуулаг нь химийн гол ислийнхээ хэмжээгээр ( $Na_2O + K_2O$  ба  $SiO_2$ ) гранитын найрлагатай, хөнгөнцагаанаар баялаг, К-ийн дундаас өндөр (3.19 - 5.55%) агуулгатай шохойлогшүлтлэг эгнээний чулуулгийн төрөлд хамаарагдана (Зураг 33а-в). Харин Холбоонуур бүрдлийн ортогнейсийн хувьд  $SiO_2$ -ийн хэмжээ 74.7 ба 77.1% хооронд хэлбэлзэх бөгөөд бусад ортогнейсүүдийн нэгэн адилаар гранитын найрлагатай, хөнгөнцагаанаар баялаг, К-ийн дундаас өндөр (4.41 - 5.55%) агуулгатай, шохойлогшүлтлэг эгнээний чулуулгийн төрөлд хамаарагдана (Зураг 33а-в).

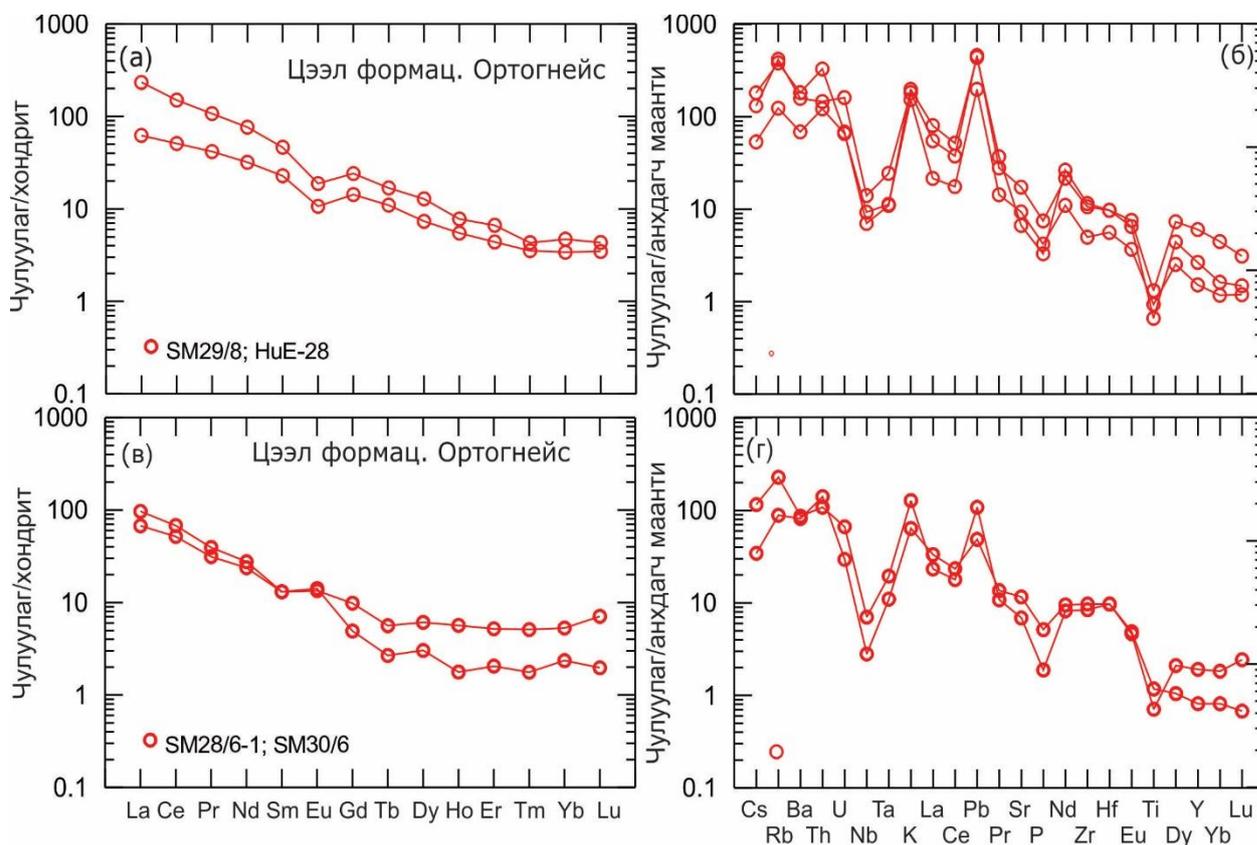


Зураг 33. Цээл формац ба Хутаг-Уул метакомплексийн ортогнейсүүдийн ангиллын диаграмм. а)  $SiO_2 - (Na_2O + K_2O)$  (Irvine & Baragar, 1971); б)  $A/NK - A/CNK$  харьцааны диаграмм (Middlemost, 1985); в)  $K_2O - SiO_2$  харьцааны диаграмм (Le Maitre et al., 1989)

Ортогнейсүүдийн CI хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн графикаас авч үзвэл хоорондоо нилээд ялгаатай тархалт ажиглагдана (Зураг 34, 35).

Цээл формацын ортогнейсийн хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн диаграммд Eu-ийн сөрөг ( $Eu/Eu^* = 0.56-0.59$ ) ба сулавтар эерэг ( $Eu/Eu^* = 1.19-1.76$ ) гажил бүхий хоёр янзын хэлбэр ажиглагдах бөгөөд аль аль чулуулаг нь ХүГХЭ-ийг бодвол ХөгХЭ-ээр баяжсан ( $La_n/Yb_n = 12.7 - 49.5$ ) байгаа нь харагдана (Зураг 34а, в). Харин анхдагч маантийн найрлагаар нормчилсон сарнимал элементийн тархалтын диаграммд аль алинд нь том ионт литофиль элемент (Rb, K) болон өндөр цэнэгтэй элемент Th, U, Pb, Zr, Hf-ийн эерэг гажил, Cs, Ba, Nb, Ta, P, Ti-ний тод илэрсэн сөрөг гажилтай хавсран илэрч байна (Зураг 34б, г).

Хутаг-Уул метакомплексээр зураглагдсан ортогнейсүүдийн CI хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн графикт Eu ба Ce-ийн ямар нэг гажил байхгүй, ХүГХЭ-ийг бодвол ХөгХЭ-ээр баяжсан ( $La_n/Yb_n = 3.32 - 3.63$ ) боловч ерөнхийдөө Eu, Gd, Tb зэрэг ДүГХЭ-ээр үл ялиг шавхагдсан хандлага бүхий тархалттай ортогнейсүүд багтана (Зураг 35а).



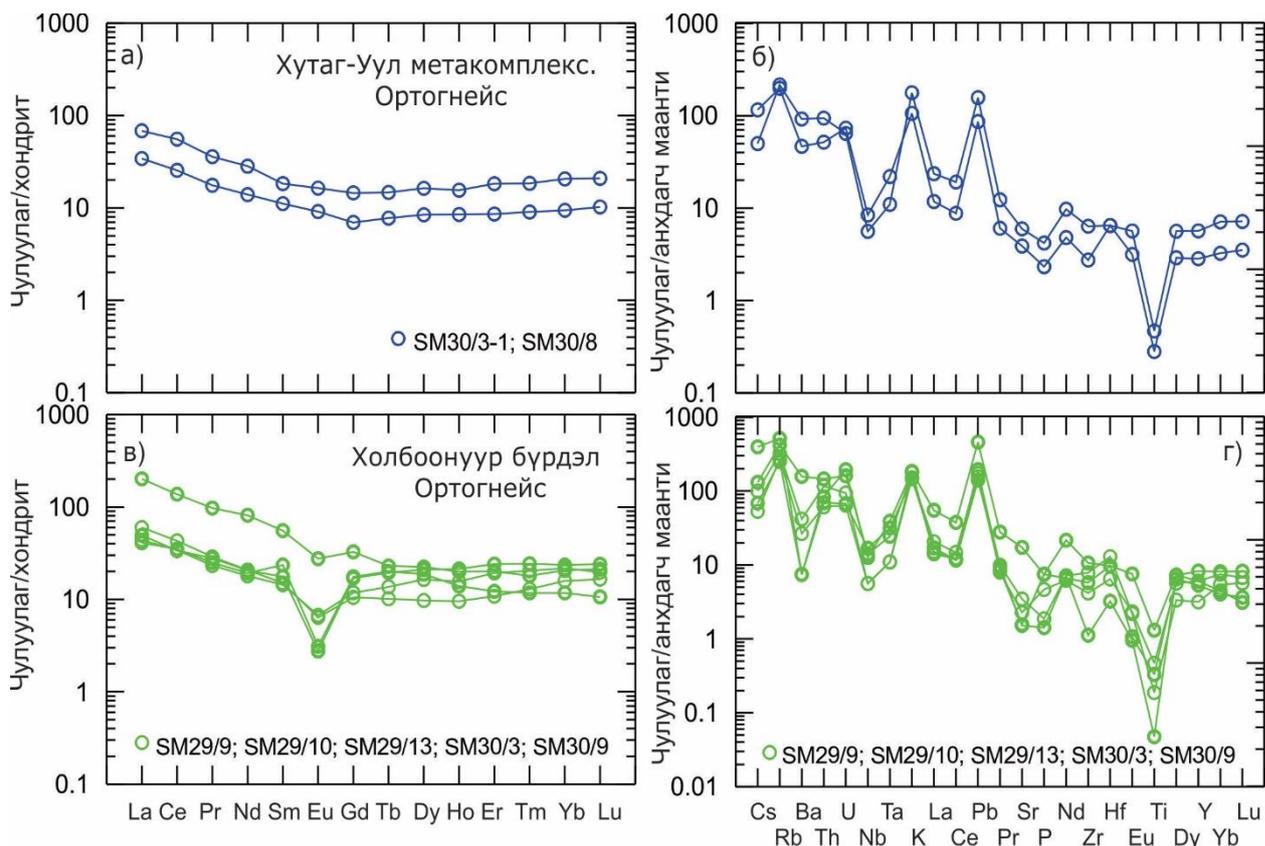
Зураг 34. Цээл формацын ортогнейсүүдийн  $Cl$  хондритийн найрлагаар нормчилсон ГХЭ-ийн ба анхдагч маантийн найрлагаар нормчилсон сарнимал элементүүдийн спайдер диаграмм. Нормчлолын өгөгдлүүдийг [Sun & McDonough \(1989\)](#)-ын ажлаас авав.

Харин Холбоонуур бүрдэлд ялгагдах ортогнейсүүдийн хувьд Eu-ийн тод илэрсэн сөрөг гажил ( $Eu/Eu^* = 0.15 - 0.60$ ) бүхий ортогнейсүүд багтах бөгөөд тэдгээр чулуулаг нь ХүГХЭ-ийг бодвол ХөГХЭ-ээр баяжсан, өөрөөр хэлбэл  $La_n/Yb_n$ -ийн харьцаа 2.01 - 12.3 хооронд хэлбэлзэхээс гадна ХүГХЭ-ийн харьцангуй тэгш тархалтын хэлбэр ажиглагдана ([Зураг 35в](#)).

Хутаг-Уул метакомплексын ортогнейсийн анхдагч маантийн найрлагаар нормчилсон сарнимал элементийн тархалтын диаграммд том ионт литофиль элемент (Rb, K) болон өндөр цэнэгтэй элемент Th, U, Pb, Zr, Hf-ийн эерэг гажил, Nb, Ta, P, Ti-ний тод илэрсэн сөрөг гажилтай хавсран илэрч байна ([Зураг 35б](#)). Холбоонуур бүрдлийн хувьд элементүүдийн тархалтын байдал Хутаг-Уул метакомплекс ба Цээл формацынхтай ерөнхийдөө ойролцоо боловч Ba-ийн гүнзгий сөрөг гажил илэрч байгаагаараа ялгагдана.

Газрын сарнимал элементийн нийлбэр агуулгыг авч үзвэл Цээл формацын ортогнейсд 70.6 – 212 г/т, дунджаар 111 г/т, Хутаг-Уул метакомплексын ортогнейсд ГХЭ-ийн агуулга харьцангуй бага, 41.7 – 86.1 г/т байх бөгөөд дунджаар 63.9 г/т байна. Холбоонуур бүрдлийн хувьд ортогнейсийн газрын сарнимал элементийн нийлбэр агуулга 32.8 ба 167 г/т хооронд хэлбэлзэх бөгөөд дунджаар 75.6 г/т байна.

Ийнхүү Цээл формац ба Хутаг-Уул метакомплекс болон Холбоонуур бүрдлээр зураглагддаг ортогнейсүүдийн анхдагч маантийн найрлагаар нормчилсон сарнимал элементүүдийн спайдер диаграммийн тархалт ерөнхийдөө ойролцоо боловч ГХЭ-ийн хондритоор нормчилсон диаграммд плагиоклазын фракжилттай холбоотой зарим ялгаанууд ажиглагдана.



Зураг 35. Хутаг-Уул метакомплекс ба Холбоонуур бүрдлийн ортогнейсүүдийн *С1* хондритийн найрлагаар нормчилсон ГХЭ-ийн ба анхдагч маантийн найрлагаар нормчилсон сарнимал элементүүдийн спайдер диаграмм. Нормчлолын өгөгдлүүдийг [Sun & McDonough \(1989\)](#)-ын ажлаас авав.

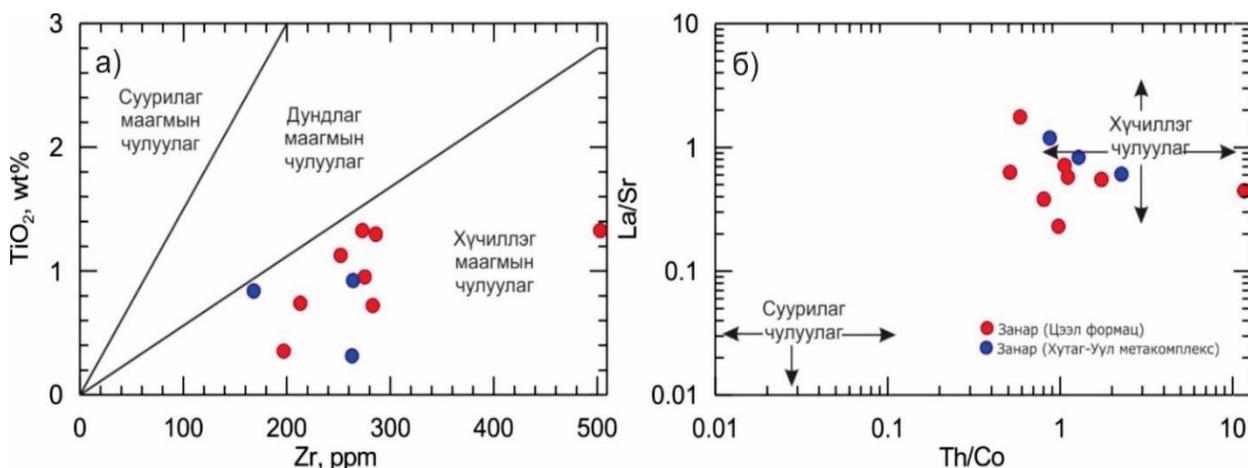
## МЕТАМОРФ ЧУЛУУЛГУУДЫН ҮҮСЛИЙН ГЕОДИНАМИК ОРЧИН.

Хатанбулагийн эртний массивын Хутаг Уулын блокийн Хутаг уулын дүүргийн метаморф чулуулгуудын хэмжээнд явуулсан геохронологийн судалгаагаар дунд-дээд мезопротерозойн Цээл формац болон түрүү неопротерозойн Холбоонуур бүрдэл баттай ялгагдсан бөгөөд харин палеопротерозойн Хутаг-Уул метакомплексод геохронологийн шинжилгээнд хамрагдаагүй зузаалгуудыг хэвээр үлдээсэн талаар өмнө дурдсан. Ингээд эдгээр метакомплекс, формац ба бүрдлүүдэд хамаарагдах метаморф чулуулгуудын сарнимал элементийн геохимийн шинжилгээний дүнд холбогдох тайлалтуудыг хийж тэдгээрийн үүслийн геодинamik орчныг тодорхойлох оролдлогыг хийлээ.

## Тунамал протолиттой метаморф чулуулгуудын эх үүсвэр, хурдас хуримтлалын орчин, геодинamik нөхцөл

Петрохимийн шинжилгээний дүнд үндэслэн хийсэн ангиллын Петтиджоны диаграмм дээрээс харахад Цээл формац ба Хутаг-Уул метакомплексын занаруудын протолит нь бүгд аркоз элсэн чулуунд хамаарагдана (Зураг 31a). Аркоз элсэн чулуу нь гранитоид чулуулгийн өгөршлөөр голчлон үүсдэг бөгөөд түүний хээрийн жонш нь химийн өгөршилд орж амжихгүй богино хугацаанд хуримтлагдах боломжтой ба эсвэл хуурай хүйтэн бүс нутгуудад хуримтлагддаг. Тунамал чулуулгийн эх үүсвэр мужийн найрлагыг тогтоох олон тооны аргачлал боловсруулагдсан байдаг бөгөөд

эдгээрийн дотроос практикт өргөн хэрэглэгддэг  $\text{TiO}_2$  – Zr ба La/Sr - Th/Co диаграммуудыг ашиглан боловсруулалт хийж үзэхэд Цээл формац ба Хутаг-Уул метакомплексын занаруудын протолит нь хүчиллэг маагмын чулуулгийн эх үүсвэртэй болох нь харагдана (Зураг 36).



Зураг 36. Цээл формац ба Хутаг-Уул метакомплексын занаруудын протолитийн эх үүсвэр мужийн найрлагыг тогтоох а.  $\text{TiO}_2$ – Zr (Bracciali et al., 2007); б. La/Sr - Th/Co (Rosier and Korsch, 1988) диаграммууд. Таних тэмдгийг Зураг 31-ээс үзнэ үү.

Эх үүсвэр мужийн химийн өгөршлийн эрчим нь чулуулгийн найрлага, өгөршлийн процесс явагдсан хугацаа, уур амьсгалын нөхцөл болон тектоник өргөгдлийн хурд зэрэг олон төрлийн хүчин зүйлээс хамаардаг (Wronkiewicz and Condie, 1989). Кальци, натри ба кали зэрэг элементүүд нь химийн өгөршлийн явцад эх үүсвэр чулуулгаас амархан зөөгддөг бөгөөд хурдсанд агуулагдах эдгээр элементүүдийн хэмжээгээр химийн өгөршлийн эрчмийг тодорхойлох боломжтой (Cullers and Podkovyrov, 2000).

Практикт тунамал чулуулгийн эх үүсвэрийн мужийн химийн өгөршлийн нөхцлийг тодорхойлоход химийн хувирлын индекс (CIA, Nesbitt and Young, 1984), химийн өгөршлийн индекс (CIW, Harnois, 1988), Паркерийн өгөршлийн индекс (WIP, Parker, 1970), плагиоклазын хувирлын индекс (PIA, Fedo et al., 1995), найрлагын өөрчлөлтийн индекс (ICV, Long et al., 2012b) зэрэг олон тооны үзүүлэлтүүд хэрэглэгддэг.

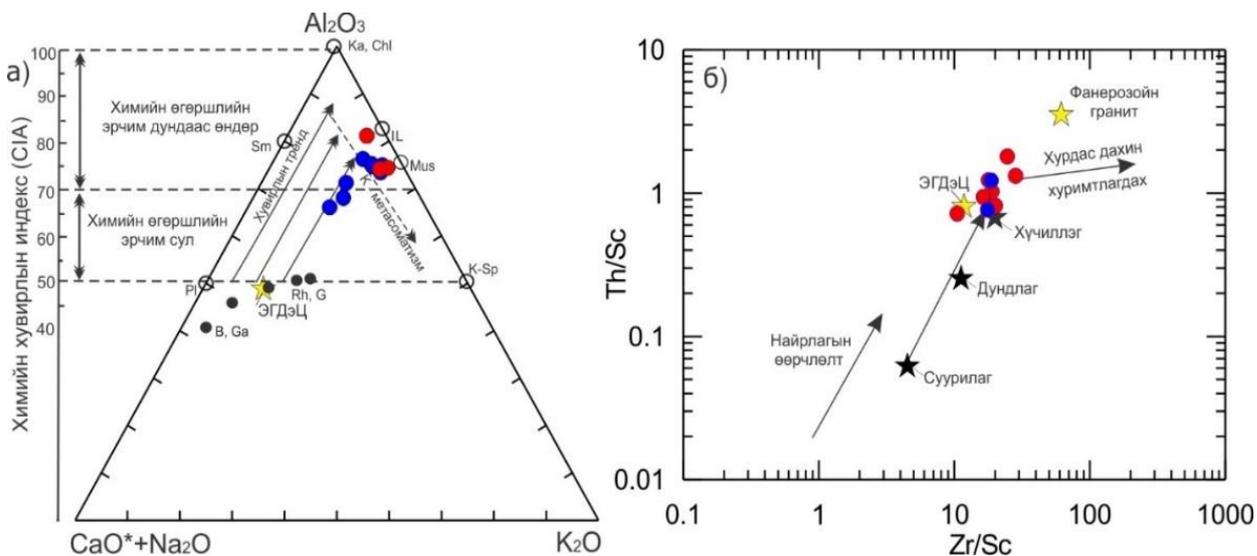
Эдгээрийн дотроос Цээл формац ба Хутаг-Уул метакомплексын занаруудын тэжээгдлийн мужийн химийн өгөршлийн эрчмийг тодорхойлох зорилгоор ((CIA =  $[\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}^* + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})] * 100$ ), найрлагын өөрчлөлтийн индекс ((ICV =  $(\text{Fe}_2\text{O}_3\text{T} + \text{MgO} + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{TiO}_2) / \text{Al}_2\text{O}_3$ )) ба плагиоклазын өөрчлөлтийн индекс (PIA =  $[(\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{K}_2\text{O}) / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}^* + \text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O})] * 100$ ) зэрэг үзүүлэлтүүдийг тооцоолж үзэв.

Химийн хувирлын индекс (CIA) нь өгөршилд автаагүй эх газрын базальтад 40-50, гранитоидод 50-55 (Cox et al., 1995) байдаг бол хээрийн жонш шаварлаг эрдэсд хувирах явцаас хамааран химийн хувирлын эрчим багатай бүс нутгуудад тус индекс 50-60, дунд зэрэг бол 70-80, өндөр бол 80-90, маш өндөр бол 90-ээс их байдаг байна (Nesbitt and Young, 1984). Харин найрлагын өөрчлөлтийн индекс (ICV) нь химийн өгөршлийн эрчим нэмэгдэх тусам буурдаг бөгөөд өгөршилд автаагүй эх газрын базальтад 2.2, харин гранитоидод 0.95 байдаг байна (Li, 2000).

Химийн өгөршлийн индексийн утга Цээл формацын занаруудад 66 - 77, Хутаг-Уул метакомплексын занарт 75 - 82 хооронд тус тус хэлбэлзэх бол найрлагын өөрчлөлтийн индекс аль алинд ойролцоо 0.5 – 1.3 байна. Энэ бүгдээс авч үзвэл Цээл формацын занаруудын протолит нь химийн өгөршилд дунд зэрэг автсан мужаас үүсэлтэй бол Хутаг-Уул метакомплексын занаруудын хувьд харьцангуй өндөр байсан бөгөөд харин аль аль нь дахин хуримтлалд харьцангуй бага өртжээ гэж үзэж болохоор байна (Зураг 31б). Плагиоклазын өөрчлөлтийн индекс (PIA) Цээл формацад 75-93 (дундаж 88), Хутаг-уул метакомплексод 93-102 (дундаж 97) байгаа нь зөөгдөл, хуримтлалын процессын явцад плагиоклаз эрчимтэй хувирсан болохыг илтгэнэ. Энэ бүгдээс авч үзвэл Цээл формац ба Хутаг-Уул метакомплексын занаруудын протолит нь хүчиллэг маагмын чулуулгийн эх үүсвэртэй бөгөөд харин зөөгдөл, хурдас хуримтлалын орчны хувьд бага зэрэг ялгаатай байсан нь харагдана. Энэхүү зүй тогтол занаруудын  $(CaO + Na_2O) - Al_2O_3 - K_2O$  гурвалжин диаграмм болон Th/Sc ба Zr/Sc дискриминацийн диаграммууд дээр ч мөн харагдана (Зураг 37а, б).  $(CaO + Na_2O) - Al_2O_3 - K_2O$  гурвалжин диаграмм нь тунамал чулуулгийн эх үүсвэр мужийн найрлага, өгөршил ба хурдас хуримтлалын дараа үеийн хувирлын процессын явцад элементүүд хэрхэн өөрчлөгдсөн онцлог болон өгөршлийн трендийг тус тус харуулдаг (Nesbitt and Young, 1982). Тус диаграммаас өгөршлийн тренд А–К шугам руу чиглэж байгаа нь плагиоклазаас Са ба На эрчимтэй зөөгдсөн өөрөөр хэлбэл дунд зэргээс өндөр эрчимтэйгээр хувиралд автсан болохыг харж болно (Зураг 37а).

Мөн Цээл формацын занаруудын протолитийн өгөршлийн тренд  $(CaO + Na_2O) - Al_2O_3$  шугамтай бараг паралель бөгөөд “иллит” рүү чиглэж байгаа нь К-агуулсан эрдсүүдийн задрал явагдаж кали зөөгдөн улмаар хөнгөнцагааны баяжилт явагдсан болохыг харуулна. Харин Хутаг-Уул метакомплексын хувьд энэ процесс илүү эрчимтэй явагджээ. Мөн эндээс өгөршлийн процессын эхэн үед плагиоклазаас Са ба На чөлөөлөгдөж плагиоклаз эхлэн задралд автсан бол калийн хээрийн жонш илүү тогтвортой байсан гэж үзэж болохоор байна.

Sc ба Th нь харьцангуй тогтвортой элемент учир эх үүсвэр чулуулгаас зөөгдөн тунамал хурдсанд тоо хэмжээний хувьд бараг өөрчлөлтгүйгээр хуримтлагддаг учир Th/Sc харьцаа нь эх үүсвэр чулуулгийн дундаж найрлагыг заадаг (McLennan et al., 1993). Мөн Zr нь цирконд хуримтлагдаж эх үүсвэр чулуулгаас зөөгдөн тунамал чулуулагт маш сайн хадгалагддаг бол Sc нь харьцангуй тогтворгүй байдаг. Иймээс Zr/Sc харьцаа нь ахин хуримтлал явагдсан эсэхийг харуулдаг үзүүлэлт юм (McLennan et al., 1993). Дээрх үзүүлэлтүүдэд тулгуурлан боловсруулагдсан Th/Sc ба Zr/Sc дискриминацийн диаграмм дээрх эхний тренд нь маагмын чулуулгаас үүсэлтэй хувирал өөрчлөлтөнд бараг автаагүй тунамал хурдсыг заах бол 2-р тренд нь хурдсын ялгарал ахин хуримтлал явагдаж хүнд эрдсүүдийн хуримтлал явагдсан болохыг харуулдаг (McLennan et al., 1993). Цээл формац ба Хутаг-Уул метакомплексын занаруудын протолитийн Th/Sc ба Zr/Sc дискриминацийн диаграмм дээрээс авч үзвэл тэдгээр нь хүчиллэг маагмын чулуулгаас үүсэлтэй бөгөөд дахин хуримтлалд бараг автаагүй ЭГДэЦ-ын утгатай ойролцоо байгааг харж болно (Зураг 37б).

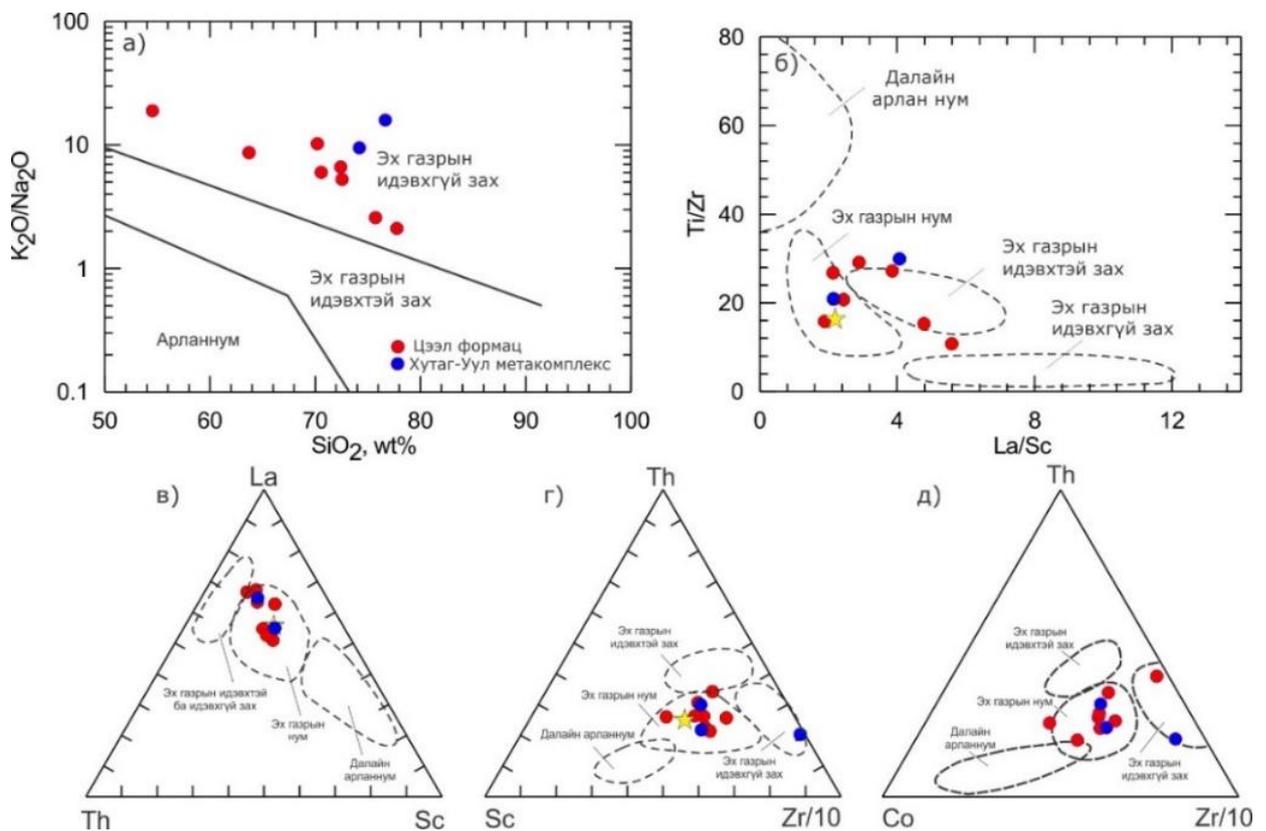


Зураг 37. Цээл формац ба Хутаг-Уул метакомплексын занаруудын протолитийн а) А–СН–К (Nesbitt and Young, 1982) гурвалжин диаграмм; б) Th/Sc ба Zr/Sc дискриминацийн диаграмм (McLennan et al., 1993). Pl – плагиоклаз, Sm – смекит, Ka – каолинит, Chl – хлорит, Il – иллит, Mus – мусковит, K-Sp – калийн хээрийн жонш. Таних тэмдгийг Зураг 31-өөс үзнэ үү.

Тунамал чулуулгийн найрлага дахь голлох элементүүдийн хэмжээ нь хурдас хуримтлын ба эх үүсвэр мужийн төрөл, геодинамик нөхцлөөс хамаардаг учраас тэдгээр өгөгдлүүдийг ашиглан геодинамик нөхцлийг тодруулах боломжтой байдаг. Иймээс тунамал хурдсын тектоник нөхцлийг тодруулах зорилгоор чулуулаг бүрдүүлэгч ислүүд болон сарнимал элементүүдийн онцлог дээр тулгуурласан  $\text{SiO}_2 - \text{Log}(\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O})$ ,  $\text{TiO}_2 - (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO})$ ,  $\text{Ti}/\text{Zr} - \text{La}/\text{Sc}$ ,  $\text{Th}/\text{Ta} - \text{Yb}$  болон  $\text{Th}-\text{Sc}-\text{La}$ ,  $\text{Sc}-\text{Zr}/10-\text{Th}$  зэрэг дискриминацийн ба гурвалжин диаграммуудыг ашигладаг. Эдгээр диаграммууд нь хурдас хуримтлалын дараах хувирал өөрчлөлтөнд харьцангуй бага автсан чулуулагт илүү тохиромжтой боловч харьцангуй бага түвшний метаморф чулуулгийн судалгаанд мөн өргөнөөр ашиглагддаг (Baiyegunhi et al., 2017).

Roser ба Korsch, 1988 нарын боловсруулсан  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  ба  $\text{SiO}_2$  харьцааны диаграмм дээр Цээл формац ба Хутаг-Уул метакомплексын занарын протолит нь эх газрын идэвхгүй захын талбай дээр,  $\text{Ti}/\text{Zr} - \text{La}/\text{Sc}$  диаграмм дээр эх газрын нум ба эх газрын идэвхтэй захын ойролцоо бууж байна (Зураг 38а, б).

Дээжнүүдийн сарнимал элементийн шинжилгээний дүнг ашиглан Бхаттийн тектоник орчны ангиллын  $\text{Th} - \text{Sc} - \text{La}$ ,  $\text{Sc} - \text{Zr}/10 - \text{Th}$  болон  $\text{Co} - \text{Th} - \text{Zr}$  гурвалжин диаграммуудыг байгуулж үзэхэд Цээл формац ба Хутаг-Уул метакомплексын занарын протолит нь эх газрын дээд царцдасын нэгэн адилаар эх газрын нумын талбай дээр байрлаж байна (Зураг 38в, г, д). Цээл формац ба Хутаг-Уул метакомплексын занарын протолитийн геохимийн шинжилгээний дүнгээр илэрсэн Sr-ийн сөрөг гажил ба Zr-ийн эерэг гажил зэрэг нь мөн эх газрын идэвхгүй захын нөхцөлийг илэрхийлнэ (Mader and Neubauer, 2004). Ийнхүү Цээл формац ба Хутаг-Уул метакомплексын тунамал эх үүсвэртэй занаруудын эрдсийн бүрэлдэхүүн, бодисын найрлагын онцлогуудыг нэгтгэн дүгнэж үзвэл тэдгээр нь эх газрын идэвхгүй зах – эх газрын нумын нөхцөлд хуримтлагдсан гэж үзлээ.



Зураг 38. Цээл формац ба Хутаг-Уул метакомплексийн занаруудын протолитийн үүслийн геодинамик орчныг тодорхойлох а)  $K_2O/Na_2O$  ба  $SiO_2$  харьцааны диаграмм (Roser ба Korsch, 1988); б)  $La/Sc$  ба  $Ti/Zr$  дискриминацийн диаграмм (Bhatia and Crook, 1986), в)  $Th - Sc - La$ , г)  $Sc - Zr/10 - Th$ ; д)  $Co - Th - Zr$  (Bhatia and Crook, 1986)

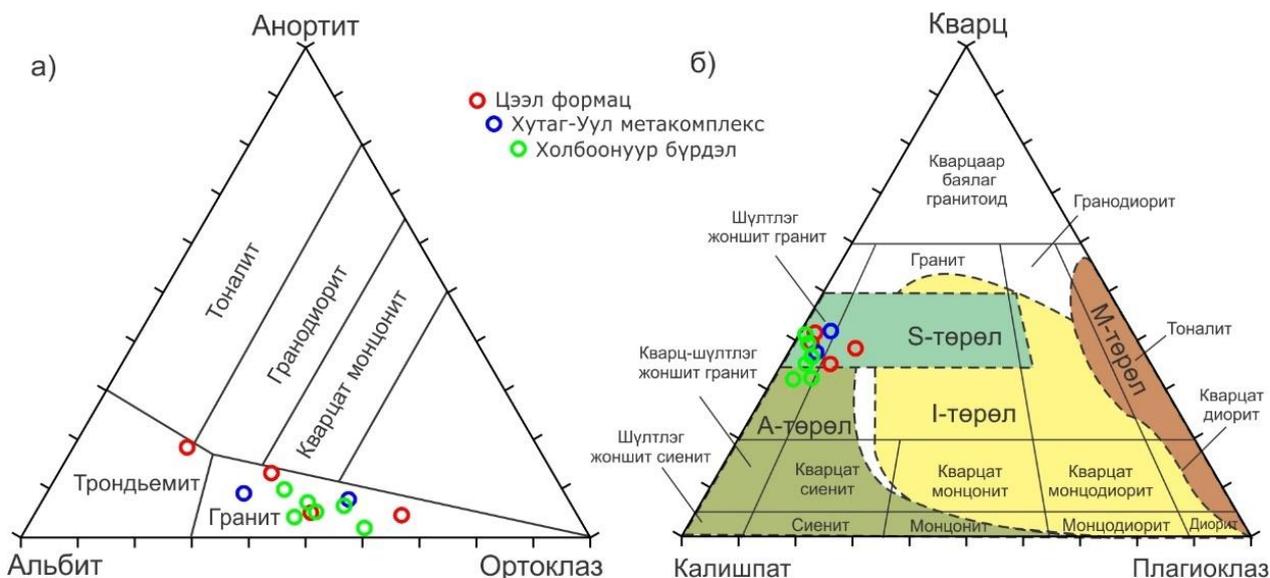
### Ортогнейсүүдийн протолитийн үүслийн геодинамик нөхцөл.

Петрохимийн шинжилгээний дүнгээр Цээл формац, Хутаг-уул метакомплекс ба Холбоонуур бүрдлийн ортогнейсүүд нь гранитын найрлагатай, хөнгөнцагаанаар баялаг, К-ийн дундаас өндөр агуулгатай шохойлог-шүлтлэг эгнээний чулуулгийн төрөлд хамаарагдана (Зураг 33а-в).

Гранитоид чулуулаг нь петрогенезис болон маагмын эх үүсвэрээсээ хамааран М, I-, A-, ба S-төрлүүдэд хуваагддаг (Chappell and White, 1974). A-төрлийн гранит нь тэлэлт зэрэг анороген нөхцөлд үүсдэг бөгөөд шүлтийн нийлбэр агуулга ( $Na_2O+K_2O$ ) өндөртэй, харин  $Al_2O_3$ , CaO, MgO-ийн агуулга харьцангуй багатай байдаг. Мөн энэ төрлийн гранит нь Ga, Zr, Nb, Y, Zn болон ГХЭ-ээр баяжсан байдаг бол Sr, Sc, V, Eu зэргээр шавхагдсан байдаг. S-төрлийн гранит нь I-төрлийг бодвол CaO,  $Na_2O$ , Sr-оор шавхагдсан, хөнгөнцагаанаар баялаг биотит, мусковит, кордиерит болон гранат зэрэг эрдсүүдийг агуулдаг. I-төрлийг гранит нь хөнгөнцагаанаар дунд зэрэг ханасан, эсвэл заримдаа бүрэн ханасан байдаг бөгөөд эвэрхуурмагтай эвшил үүсгэсэн хөнгөнцагааны эрдсийн шигтгээ агуулдаг онцлогтой. М-төрлийн гранитийн хувьд гол төлөв кварцат диорит, тоналитийн найрлагатай байх бөгөөд  $SiO_2$ ,  $K_2O$  болон Rb, Nb зэрэг элементүүдээр шавхагдсан, харин MgO, CaO болон төмөр-магнийн бүлгийн эрдсүүдээр баяжсан байдаг (Chappell and White, 1974).

Цээл формац, Хутаг-Уул метакомплекс ба Холбоонуур бүрдлийн ортогнейсүүдийн ANK – ACNK диаграмм дээрээс харахад тэдгээрийн протолит нь хөнгөнцагаанаар ханасан I- ба S- төрлийн гранитад ангилагдахаар байна (Зураг

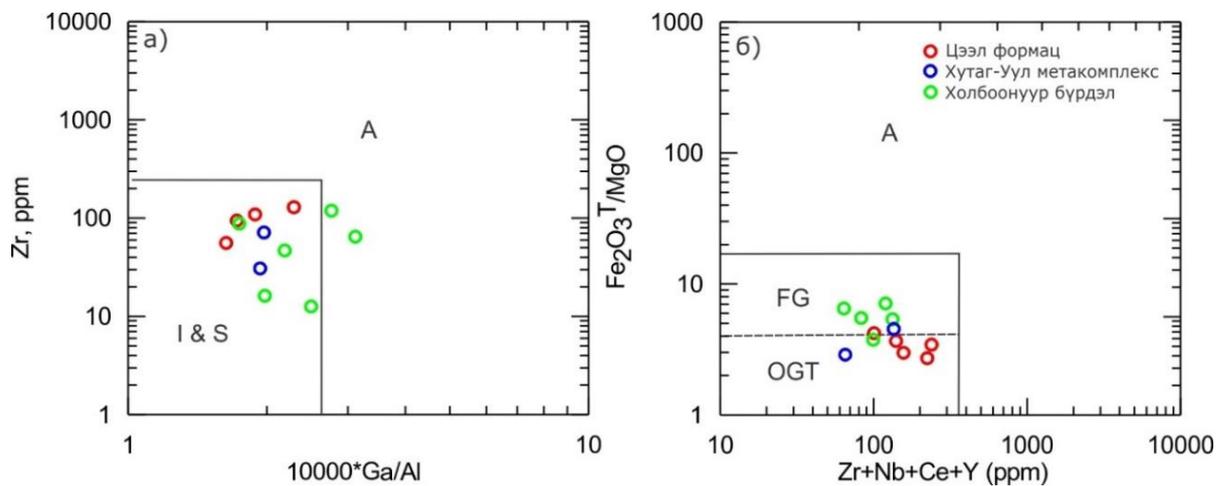
336). Энэхүү таамаглалыг шалгах үүднээс гранитын ангиллын An–Ab–Or (анортит-альбит-ортоклаз) диаграмм болон гранитоид чулуулгийн гарал үүслийн төрлийг ялгах QAP (кварц-шүлтлэг жонш – плагиоклаз) диаграммууд ашиглан боловсруулалт хийж үзэхэд Цээл формац ба Хутаг-Уул метакомплексын гнейсүүдийн протолит нь S-төрлийн гранитоидод хамаарагдах бөгөөд өөрөөр хэлбэл метатунамал чулуулгийн хэсэгчилсэн хайлалтаар үүссэн болох нь харагдана (Зураг 39а, б). Харин Холбоонуур бүрдлийн ортогнейсүүд нь Цээл формац ба Хутаг-Уул метакомплексын гнейсүүдийн арай ялгаатай, А-төрлийн гранитийн талбайд босоодуу хэлбэрийн тренд үүсгэн байрлаж байгаа нь харагдана (Зураг 39б).



Зураг 39. Хутаг-уул метакомплекс, Цээл формац болон Холбоонуур бүрдлийн ортогнейсүүдийн ангиллын а) An–Ab–Or (Connor, 1965; Barker, 1979), б) Гранитоид чулуулгийн гарал үүслийн төрлийг ялгах QAP (Lameyre and Bowden, 1982) диаграммууд.

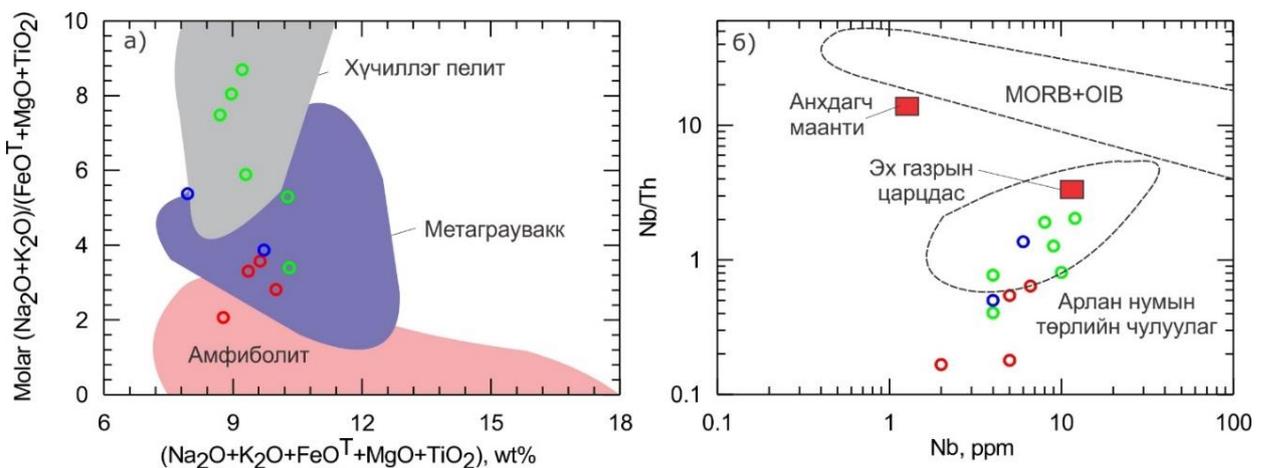
Иймээс Холбоонуур бүрдлийн ортогнейсийн протолитийн төрлийг нарийвчлах үүднээс А-төрлийн гранитын ангилалд өргөн хэрэглэгддэг  $Zr - 10000 \cdot Ga/Al$  болон  $(Zr+Nb+Ce+Y) - (Fe_2O_3^T/MgO)$  дискриминацийн диаграмм байгуулан боловсруулалт хийж үзлээ.  $Zr - 10000 \cdot Ga/Al$  дискриминацийн диаграмм дээрээс харахад Холбоонуур бүрдлийн ортогнейсүүд нь I-S төрлийн гранитаас А-төрлийн гранитын талбай руу дамнан байрлаж байх бөгөөд (Зураг 40а) харин  $(Fe_2O_3^T/MgO) - (Zr+Nb+Ce+Y)$  диаграммд Цээл формац ба Хутаг-Уул метакомплексын ортогнейсүүдээс ялгаран фракцлагдсан гранитад хамаарагдахаар байгаа нь харагдана (Зураг 40б).

Фракцлагдсан гранитийг ялгах гол геохимийн шалгуур нь чулуулгийн  $Zr/Hf$  харьцаа бөгөөд энэ харьцаа 55-аас их бол ердийн гранитад, 25 – 55 бол дунд зэргийн, харин 25-аас бага бол өндөр түвшний фракцлагдсан гранитад тус тус хамааруулж үздэг (Breiter et al., 2014). Холбоонуур бүрдлийн ортогнейсүүдийн  $Zr/Hf$  харьцааны утга 13 – 40 хооронд хэлбэлзэх бөгөөд дунджаар 23 байгаа нь тэдгээрийг эрчимтэй фракцлагдсан болохыг харуулна. Ийнхүү Холбоонуур бүрдлийн ортогнейсүүд нь эрчимтэй фракцлагдсан гранитад хамаарагдахаар байгаа нь тэдгээрийг үүсэх цаг үед эх газрын хөгжил бүрэн явагдсан байсан болохыг харуулна.



Зураг 40. Цээл формац, Хутаг-Уул метакомплекс ба Холбоонуур бүрдлийн ортогнейсүүдийн протолитийн төрлийг ялгах а)  $Zr - 10000 \cdot Ga/Al$  (Whalen, 1987), б)  $(Zr+Nb+Ce+Y) - (Fe_2O_3^T/MgO)$  (Whalen, 1987) дискриминацийн диаграмм. Жич: FG – фракцлагдсан гранит, OGT – Фракцлагдаагүй гранит

Ортогнейсүүдийн протолитийн маагмын анхдагч эх үүсвэрийн талаар баримжаалах зорилгоор гранитоид чулуулгийн найрлага дахь голлох ислийн хэмжээ болон харьцаанд үндэслэгдсэн Patino Douce (1999)-ийн диаграммыг ашиглан боловсруулалт хийж үзлээ (Зураг 41).



Зураг 41. Ортогнейсүүдийн протолитийн анхдагч маагмын эх үүсвэрийг тодорхойлох а)  $(Na_2O + K_2O + FeO^T + MgO + TiO_2) - (Na_2O + K_2O)/(FeO^T + MgO + TiO_2)$  (Patino Douce, 1999); б) Nb - Nb/Th дискриминацийн диаграмм (анхдагч маантийн өгөөдлийг Hofmann, 1988-аас, MORB + OIB and арлан нумын чулуулгийн талбайг Schmidberger and Hegner, 1999-ээс тус тус авае)

Энэхүү диаграммаас харахад Цээл формацын Eu-ийн сулавтар эерэг гажил бүхий ортогнейсүүд нь амфиболитийн төрлийн найрлагатай чулуулгийн хайлалтаас үүсэлтэй, харин Eu-ийн сөрөг гажил бүхий ортогнейсүүд нь Хутаг-Уул метакомплексн нэгэн адил метаграуваккын найрлагатай чулуулгийн хайлалтаас үүсэлтэй байж болохоор байна. Мөн Холбоонуур бүрдлийн ортогнейсүүдийн эх үүсвэрт метаграувакк ба хүчиллэг пелитийн найрлагатай чулуулгууд оролцсон гэж дүгнэж болохоор байна. Энэхүү дүгнэлт нь Цээл формац ба Хутаг-Уул метакомплексн ортогнейсүүдэд Rb, K зэрэг том ионт литофиль элемент болон Th, U, Pb, Zr, Hf зэрэг өндөр цэнэгтэй элементүүдээр баяжсан, харин Cs, Ba, Nb, Ta, P, Ti-зэрэг элементүүдээр шавхагдсан нийтлэг онцлогтой байгаа зэрэг эх газрын

царцдасын гаралтай эх үүсвэрийн хайлалтаас үүссэн байх боломжтойг илтгэсэн онцлогууд илэрч байгаатай нийцэж байна (Зураг 34, 35).

Мөн Цээл формацын амфиболитийн төрлийн чулуулгийн хайлалтаас үүсэлтэй ортогнейсэд Eu-ийн эерэг гажил илэрч байгаа нь түүний эх үүсвэрт эвэрхуурмаг, сфен, клинопироксен, ортопироксен ба гранат зэрэг хүнд эрдсүүд байсан болохыг илэрхийлнэ. Түүнчлэн Хутаг-Уул метакомплексын метаграуваккын найрлагатай чулуулгийн хайлалтаас үүсэлтэй ортогнейсийн хувьд Eu ба Ce-ийн ямар нэг гажил байхгүй, ерөнхийдөө Eu, Gd, Tb зэрэг ДүГХЭ-ээр үл ялиг шавхагдсан хандлага ажиглагдаж байгаа нь түүний эх үүсвэрт эвэр хуурмаг, эсвэл сфен, апапит байснаар тайлбарлагдана.

Харин Холбоонуур бүрдлийн ортогнейсүүдэд Цээл формац ба Хутаг-уул метакомплексын ортогнейсээс нилээд ялгаатай байдал ажиглагдана. Юуны түрүүнд Холбоонуур бүрдлийн ортогнейсийн протолит нь петрохими ба геохимийн онцлогоороо фракцлагдсан гранитад хамаарагдах талаар өмнө дурдсан. Хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн спайдер диаграммд Eu-ийн тод илэрсэн сөрөг гажилтай ( $Eu/Eu^* = 0.15 - 0.60$ ), ХүГХЭ-ийг бодвол ХөгХЭ-ээр баяжсан байхын зэрэгцээ ХүГХЭ-ийн харьцангуй тэгш тархалтын хэлбэр ажиглагддаг (Зураг 35в). Энэхүү тод илэрсэн сөрөг гажил нь эх үүсвэрийн плагиоклазын фракцжилттай холбоотой бөгөөд фракцийн талсжилт, эсвэл хэсэгчилсэн хайлалтын үр дүнд чулуулаг үүсэх явцад плагиоклаз эх үүсвэрт үлдсэнээр тайлбарлагдана. Эдгээр ортогнейсүүдийн петрохимийн онцлог нь тэдгээрийг хүчиллэг пелитийн найрлагатай чулуулгийн хайлалтаас үүссэн байж болохыг харуулна (Зураг 33а). Цээл формац ба Хутаг-Уул метакомплексын ортогнейсийн анхдагч маантийн найрлагаар нормчилсон сарнимал элементийн тархалтын диаграммд том ионт литофиль элемент (Rb, K) болон өндөр цэнэгтэй элемент Th, U, Pb, Zr, Hf-ийн эерэг гажил, Nb, Ta, P, Ti-ний тод илэрсэн сөрөг гажилтай хавсран илэрч байна (Зураг 35б). Холбоонуур бүрдлийн хувьд сарнимал элементүүдийн тархалтын байдал Хутаг-Уул метакомплекс ба Цээл формацынхтай ерөнхийдөө ойролцоо, Rb, K зэрэг том ионт литофиль элемент болон Th, U, Pb, Zr, Hf зэрэг өндөр цэнэгтэй элементүүдээр баяжсан, Nb, Ta, P, Ti зэрэг элементүүдээр шавхагдсан байх боловч Ba-ийн гүнзгий сөрөг гажил илэрч байгаагаараа ялгагдана. Эдгээрийн дотроос том ионт литофиль элементүүд нь эх газрын царцдасд хуримтлагддаг бөгөөд флюид фазаар хянагддаг тул маагмын процессын явцад эх газрын царцдасын оролцоо байсан болохыг илтгэнэ. Мөн Nb-ийн сөрөг гажил нь эх газрын царцдасын гол шинж бөгөөд маагмын процессын явцад түүний оролцсон болохыг илтгэнэ. Ортогнейсүүд ХөгХЭ ба Pb зэрэг элементүүдээр баяжсан, Nb-Ta-Ti зэрэг элементүүдээр шавхагдсан байгаа нь эх газрын царцдас ба эх гарын нумын хэмжээнд илэрдэг нийтлэг онцлог юм (Зураг 35б). Ийнхүү Хатанбулагийн эртний массивын Хутагуулын блокийн Хутаг уулын дүүрэгт тархсан мезопротерозойн Цээл формац ба палеопротерозойн Хутаг-Уул метакомплексын ортогнейсүүдийн протолитийн геохимийн онцлог нь эх газрын дээд царцдасын шинж чанарыг заах бөгөөд Холбоонуур бүрдлийн хувьд эх газрын царцдас бүрэн хөгжсөний дараа явагдсан томоохон хэмжээний тэлэлтийн процессын явцад үүссэн гэж үзэж болохоор байна (Wu et al., 2016).

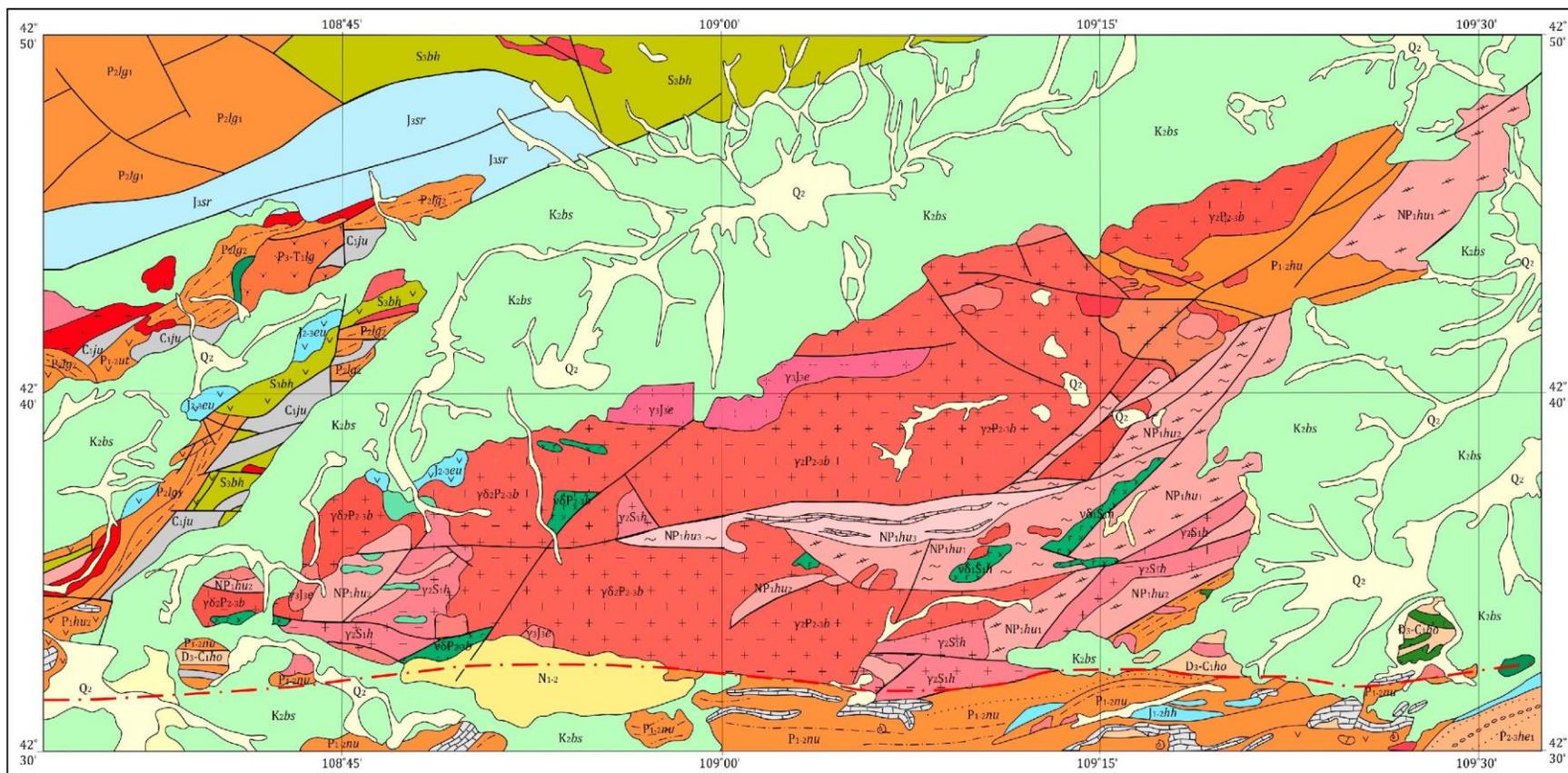
### 3.1.2. БАЯН ОВОО УУЛЫН ДҮҮРЭГ

Баян овоо уулын дүүрэгт Хатанбулагийн эртний массивын Хутаг Уулын блокийн өмнөд хэсэгт, Цагаан Сүүжийн хяраас зүүн тийш Баян овоо уулыг дамнан Улаагийн худаг болон Шанд уул хүртэл үргэлжлэх талбайг багтаан авч үзсэн. Тус дүүргийн хэмжээнд урьд өмнө хийгдсэн талбайн геологийн зураглалаар доод неопротерозойн (палеопротерозой) Хутаг-Уул метакомплекс, дээд силурийн Бүргэдхар ( $S_{3bh}$ ), доод карбоны Жирэм-Уул ( $C_{1ju}$ ) ба дунд пермийн Лугийнгол ( $P_{2lg}$ ) зэрэг формациуд зураглагдах бөгөөд тэдгээр нь түрүү силурын Хатанбулаг ( $\gamma_2S_{1h}$ ) ба дунд-хожуу пермийн Байрам-Овоо ( $\gamma P_{2-3b}$ ) бүрдлүүдээр түрэгдсэн байдаг. Мөн тэдгээр нь янз бүрийн чиглэлтэй гол болон, түүнээс салбарласан жижиг хагарлуудаар хэрчигдэж, эвдрэл бутралд ихээр орж давхацмал атираажилтат орсноос гадна түгээмэл хувирлын нөлөөгөөр хүчтэй хувирч, талсжих үйл явцад автан, чулуулгийн анхдагч байрлал нь байнга өөрчлөгдөх замаар тектоник үйлчлэлд автсан хэмээн үздэг (Зураг 42).

Баян овоо уулын дүүрэгт тархсан формац болон бүрдлүүдийн судалгааны түвшин харилцан адилгүй, дээд силурийн Бүргэдхар ( $S_{3bh}$ ), дунд пермийн Лугийнгол ( $P_{2lg}$ ) зэрэг формацуудын хэмжээнд ШУА-ийн Геологи, эрдэс баялгийн хүрээлэнгийн (хуучин нэрээр) судлаачдын баг геологи, геохронологи, геохимийн судалгааг явуулж нас болон гарал үүслийн геодинамик нөхцлийн талаар тодорхой дүгнэлтүүдийг хийсэн байдаг (Төмөрхүү, 2017). Иймээс бид төсөл хэрэгжих явцад тус дүүргийн хэмжээнд харьцангуй сул судлагдсан Хутаг-Уул метакомплекс ба карбоны Жирэм-Уул формацын судалгааг геологи, геохронологи, геохимийн судалгааг явуулах зорилго тавьсан юм.

Баян овоо уул орчимд, баруунаас зүүн хойш бараг өргөрөгийн дагуу сунан байрласан гаршууд, мөн Шавдгийн уул орчимд жижиг хэмжээний гаршууд тус тус үүсгэн байрлах метаморф хурдсыг Монгол Улсын Геологийн 1:200000 масштабын (УГЗ-200) зурагт (Гантөмөр нар., 2005, Амаржаргал нар., 2007) доод неопротерозойн Хутаг-Уул ( $NP_{1hu}$ ) метакомплексод ялгаж дотор нь гурван зузаалаг болгон ангилсан боловч насны тодорхой үндэслэл байхгүй, зөвхөн геологийн харьцуулалтанд тулгуурласан байдаг (Зураг 42, 43). Жирэм-Уул формац нь хэдийгээр шохойн чулууны үе ба мэшилд агуулагдах амьтны үлдвэрийн тодорхойлолтонд үндэслэн нас нь тогтоогдсон боловч тус олдворыг агуулж буй шохойн чулууны гарал үүсэл маргаантай байдаг бөгөөд мөн нарийвчилсан судалгаанд огт хамрагдаагүй ирсэн юм.

Хээрийн судалгааны ажлын явцад Хутаг-Уул метакомплекс ба Жирэм-уул формацын хэмжээнд геологийн ажиглалт судалгааг хэд хэдэн зүсэлтүүдийн хэмжээнд явуулсан бөгөөд хурдас чулуулгийн нас, эх үүсвэр, гарал үүслийн геодинамик нөхцлийг нарийвчлан тодруулах зорилгоор нийтдээ 20 шахам дээжийг авч петрографи, геохимийн шинжилгээнд хамруулсан ба 3 дээжинд U-Pb аргаар геохронологийн шинжилгээнд хамруулан үр дүнг боловсруулсан талаар тайлангийн энэхүү хэсэгт харуулав.

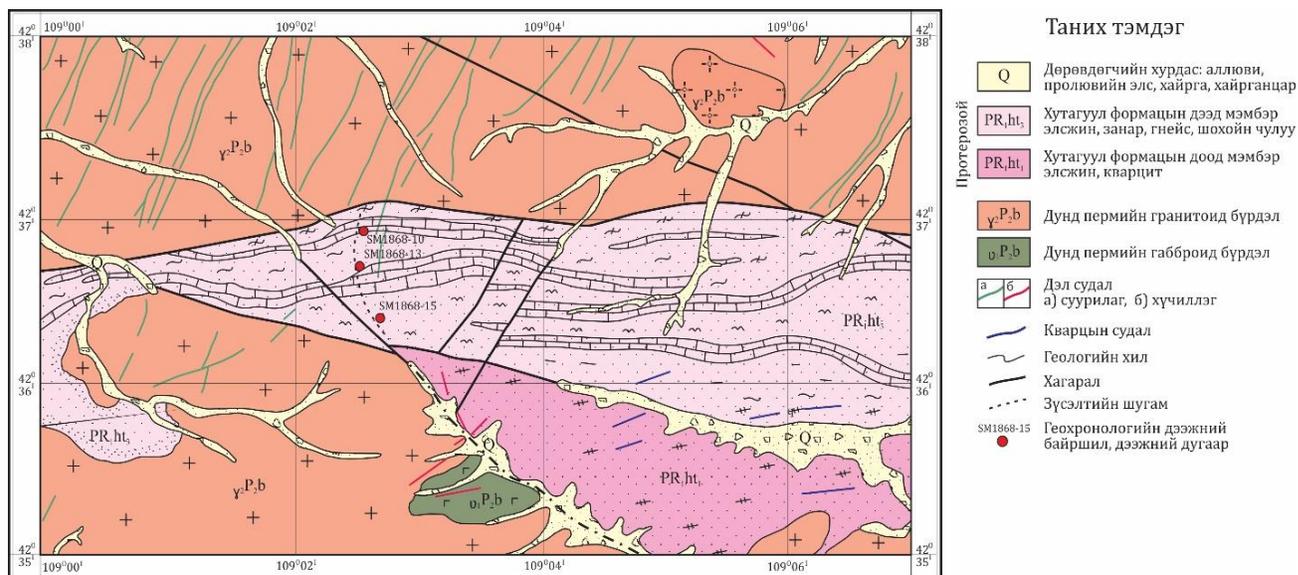


- |   |  |   |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #f08080; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> NP<sub>2</sub>.hu Хугагуул метаморф бүрдэл: метазэсжин, кварц-серцит-биотит-мусковиттой занар, кварцит, гнейс</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90ee90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Sabh Бүргэдхар формац: базальт, андезит, андезибазальт, андезитпорфир, риолит, туф риолит, риодацит</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #d3d3d3; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Ciju Жирэмүүл формац: карбонатлаг хүрэн алерозлсжин, шохойжин, андезит, туф, андезит, дацит, риолит</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ffa07a; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> P<sub>2</sub>lg Лугийнгол формац: элсжин, шохойжин, алеролит, хөрзөн, хайргажин, занар</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #add8e6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> γ<sub>2</sub>seu Эрээнүүл формац: риолит, риолит порфир, андезит, базальт, дацит, гэдгээрийн туф мөн аркоз элсжин, туф хөрзөн</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #add8e6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Jsr Шарил формац: шавар, хайргажин, бул чулуу, хөрзөн, алеролит, элсэрхэг шавар, элсжин</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90ee90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Kzbs Балширээ формац: элсжин, хайргажин, жижиг-дунд хайргат хөрзөн, алерозлсжин, алеролит, шавар</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ffff00; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> N<sub>1.2</sub> Плиоцен: бул чулуу, том хайрга, дайрга агуулсан элсэнцэр, элсэрхэг шавранцар</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #f08080; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> γ<sub>2</sub>Sih Хатанбулаг бүрдэл: боржин, боржиндиорит, лейкоборжин, габбро, габбро-диорит, диорит, кварцат диорит</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #008000; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> γδP<sub>2</sub>.zb Байрамооноо бүрдэл: боржин, боржиндиорит, лейкоборжин, габбро, габбро-диорит, диорит</li> </ul> |
|---|--|---|

Зураг 42. Баян овоо уулын дүүргийн геологийн зураг. 1:2000000-ны масштабын К-49-VIII, XIV хавтгайн геологийн зургийг суурь болгон ашиглав.

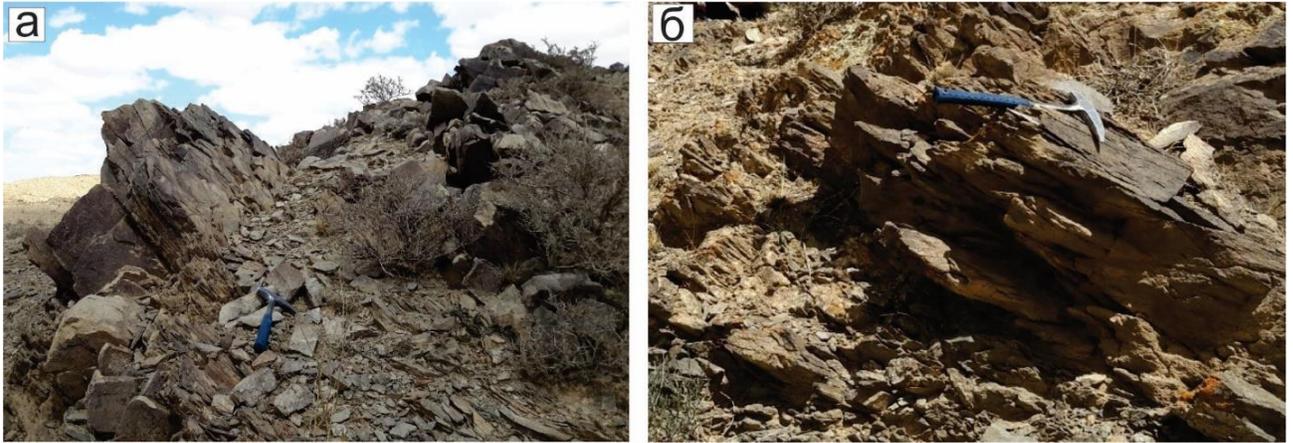
## ХУТАГ-УУЛ МЕТАКОМПЛЕКС.

**ГЕОЛОГИЙН ТОГТОЦ.** Баян овоо уулын дүүрэгт Хутаг-Уул метаконкомплексод ангилагдсан зузаалгийн доод хил зааг тодорхойгүй, дээд талаараа түрүү силурын Хатанбулаг ( $\gamma_2S_{1h}$ ) ба дунд-хожуу пермийн Байрамовоо ( $\gamma P_{2-3b}$ )-ийн интрузив бүрдлийн жижиг-дунд ширхэгтэй гранитоид болон габброидын биетүүдээр түрэгдсэн байхаас гадна зүүн хойноос баруун урагш чиглэлтэй суурилаг болон хүчиллэг чулуулгийн дэл судлуудаар зүсэгдсэн байдаг (Зураг 43).

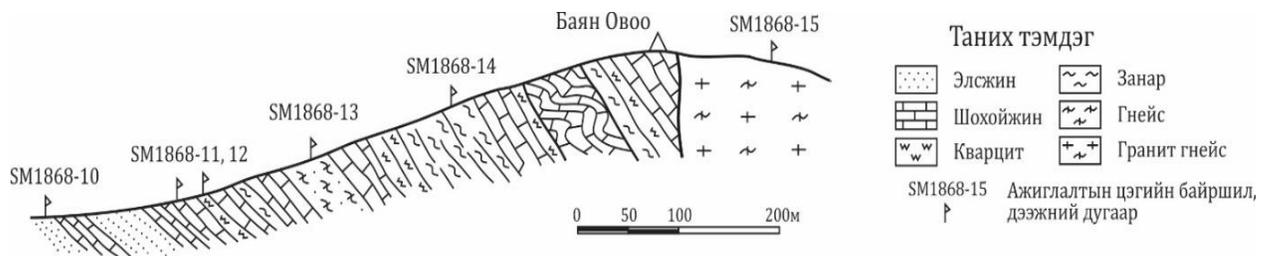


Зураг 43. Хутаг-Уул метаконкомплексийн судалгаа явуулсан талбайн геологийн зураг. “Гурван гол холдинг” ХХК-ны Сулинхээрийн талбайд 1999-2001 онд гүйцэтгэсэн 1:50000-ны масштабын геологийн зургийг суурь болгон ашиглав.

Я.Дагва-Очир нар (1998) энэ зузаалгийн нийт зузаанийг 2070 м-ээс багагүй гэж үзсэн байдаг бол А.А.Кулеш (1960) Баян-овоо уул, Ширүүн хярын толгодын дүүрэгт тус давхаргадсын хурдсыг 4 зузаалагт хувааж 2250 м-ээс доошгүй зузаантай гэжээ. Харин Б.Алтангэрэл (2001) нарын 1:50000 масштабтай геологийн зураглалын ажлаар Хутаг-Уул метаморф бүрдлийн хурдсыг дотор нь гурван зузаалаг болгон авч хурдсын нийт зузаан нь 1703 м байх бөгөөд боржин-гнейсийн доод зузаалаг Цагаан толгойн толгодын дүүрэгт 300-800 м, талстат занар, ногоон занарын дунд зузаалаг нь Баруун ширүүний толгодод 1400-1500 м, шохойн чулууны дээд зузаалаг нь Баян-овоогийн орчим 290-400 м зузаантай гэж үзжээ. Харин бидний зүсэлт хийж нарийвчилсан судалгаа явуулсан хэсэгт энэ хурдсын зузаан нь энэ хэсэгт 350-450 м-т хэлбэлзэнэ (Зураг 45). Баян-овоо уулын дүүрэгт бидний хийсэн зүсэлтэнд Хутаг-Уул метаконкомплексийн бүрэлдэхүүнд цайвар саарал өнгийн шохойн чулууны үе агуулсан бор саарал өнгийн метаэлсэн чулуу, кварц-серицит-биотит-мусковиттой занар, кварцит, гнейс болон бор шаргал өнгийн гранит-гнейсийн янз бүрийн зузаантай үенүүдийн салаавчлал тогтоогдоно (Зураг 44 ба 45).



Зураг 44. Хутаг-Уул метакомплексод ангилагдсан метаморф чулуулгийн гаршийн зураг. а) бор саарал өнгийн метаэлсэн чулуу, б) кварц-серицит-биотит-мусковиттой занар

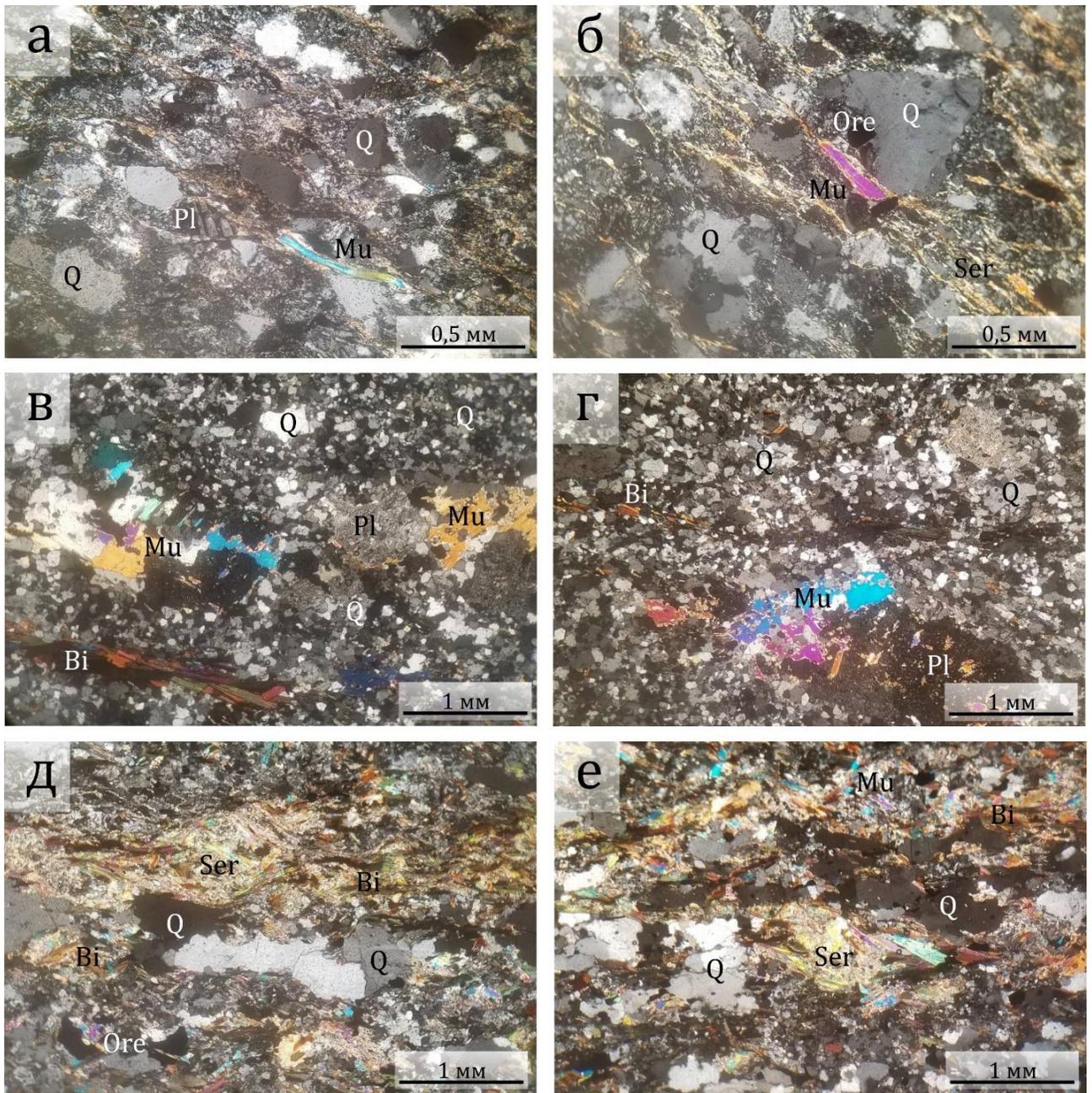


Зураг 45. Баян овоо уул орчимд хийсэн Хутаг-Уул метакомплексийн хэсэгчилсэн зүсэлт

## ПЕТРОГРАФИ БА ГЕОХИМИ.

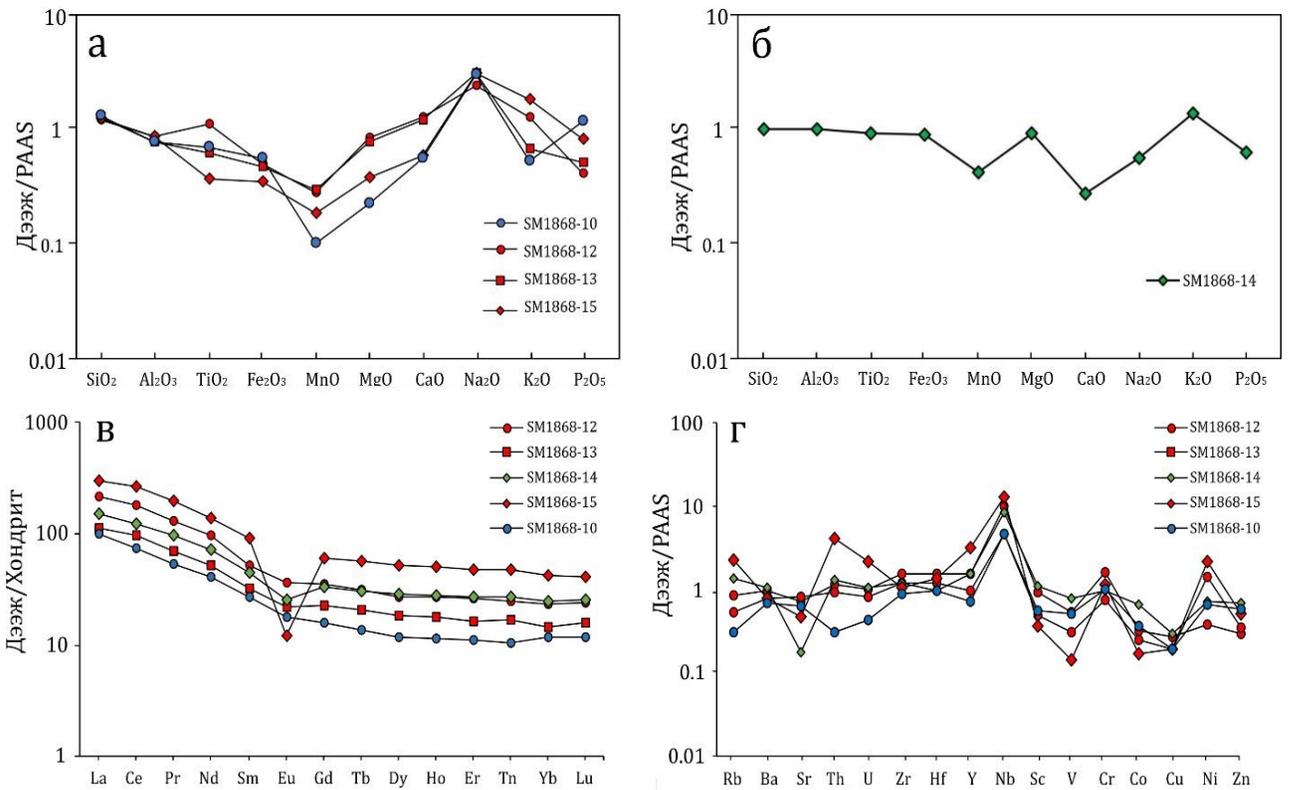
Дээр дурдсан метаморф зузаалгийг голлон бүрдүүлж буй кварц-серицит-биотит-мусковиттой занар, элсэн чулуу, гранит гнейс зэрэг чулуулгуудын эрдэслэг бүрэлдэхүүн болон бодисын найрлагын талаар авч үзье.

**Метаэлсэн чулуу** (дээж SM1868-10). Элсэн чулуу нь эрдсийн хэмхдэсүүд 50-55%, матрикс хэсэг 30-35%-ийг эзлэх ба цементлэгч хэсэг нь 10-15%-иас тогтоно. Чулуулагт эрдсийн хэмхдэсээс кварц давамгайлж, плагиоклаз нилээд оролцох ба акцессор эрдсээс хээрийн жонш, серицит, мусковит болон хүдрийн эрдэсийн ганц нэг хэмхдэс ажиглагдана. Матрикс хэсэг нь жижгэрч агрегатжсан кварцын маш жижиг хэмхдэслэг мөхлөгүүд нийтэд нь тархсан байна. Цементлэгч нь ерөнхийдөө серицит байх ба мөхлөг хоорондын ба суурийн төрлийг үүсгэнэ. Чулуулгийг бүрдүүлэгч хэмхдэсүүдийн хэмжээ нь 0.2-0.5 мм-ийн хооронд хэлбэлзэх ба маш муу мөлгөржсөн өнцөглөг хэлбэртэй, псаммит структуртай, занарлаг текстуртай (Зураг 46а, б).



Зураг 46. Хутаг-Уул метакомплексын а-б) элсэн чулуу, в-г) гнейс, д-е) занарын шлифийн зураг

Чулуулаг бүрдүүлэгч ислүүдийн шинжилгээний дүнгээр элсэн чулуу нь  $\text{SiO}_2$  ба  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -ийн агуулга 75.5% ба 13.5%, харин  $\text{Na}_2\text{O}$  агуулга харьцангуй өндөр 3.3% байна. Мөн ба  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , ба  $\text{MgO}$  агуулга 1.7%, 3.6% ба 1.1% агуулгатай байсан бол  $\text{MnO}$  агуулга эрс бага буюу 0.01% байв (Зураг 47а).  $\text{Cl}$  хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн диаграмм дээр  $\text{Eu}$ -ийн сөрөг гажил илрээгүй бөгөөд чулуулаг нь ХүГХЭ-ийг бодвол ХөгХЭ-ээр баяжсан хэлбэр ажиглагдана (Зураг 47в). Харин сарнимал элементийн диаграммаас харахад элсэн чулуу нь  $\text{Nb}$ -ийн харьцангуй өндөр, харин  $\text{Th}$  ба  $\text{Cu}$ -ийн харьцангуй бага агуулгатай байх бөгөөд бусад элементүүдийн хувьд Австралийн архейн дараах занарын дундажтай ерөнхийдөө ойролцоо байна (Зураг 47г).



Зураг 47. Хутаг-Уул метакомплексын занар болон гнейсүүдийн голлох ислүүд ба хольц элементүүдийн спайдер диаграмм: ГХЭ-ийн нормчлол болон CI хондритийн өгөөгдлийг (Sun & McDonough, 1985)-аас ашигласан болно.

**Кварц-биотитот гнейс дээж (SM1868-13).** Гнейс нь цайвар-саарал өнгөтэй, кварц, плагиоклаз, биотит, мусковит зэрэг эрдсүүдээс голлон тогтоно. Кварц нь дахин талсжилтанд орсон, зуван бөөрөнхий маягийн хэлбэртэй, харьцангуй жижиг 0.2-0.5 мм хүртэл хэмжээтэй нийт массын 70-75%-ийг бүрдүүлнэ. Плагиоклаз нь янз бүрийн зэргээр серицитжих хувиралд эрчимтэй автсан богино призмлэг хэлбэртэй 1-1.5 мм хэмжээтэй мөхлөгүүдийг үүсгэн чулуулагт 10-15%-ийг эзлэн оршино. Биотит нь боршаргал өнгөтэй, урт сунасан талстууд үүсгэн гнейсжилтийн хавтгайн дагуу сунаж тогтсон байна. Харин мусковит нь тод цэнхэр, ягаан өнгөтэй, 0.5-1 мм хүртэл хэмжээтэй хавтанлаг мөхлөгүүд бага хэмжээгээр ажиглагдана. Биотит болон мусковит нь нийт массын 10-15%-ийг бүрдүүлнэ (Зураг 46в, г).

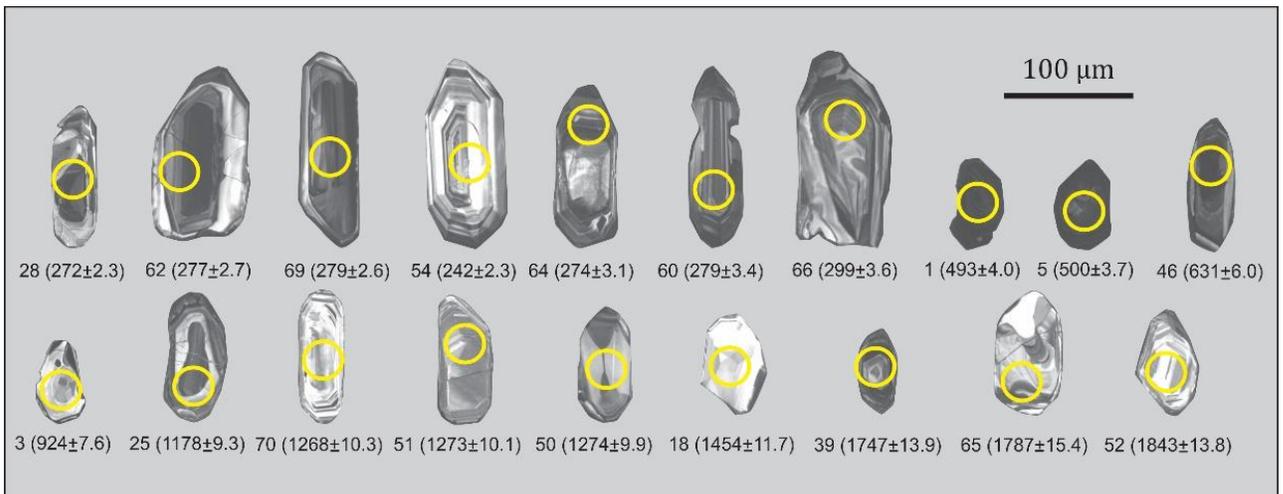
Чулуулаг бүрдүүлэгч ислүүдийн шинжилгээний дүнгээр гнейсүүдийн SiO<sub>2</sub> ба Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ийн агуулга 70-74% ба 13.3-15% хооронд, харин Na<sub>2</sub>O ба K<sub>2</sub>O-ийн агуулга 2.7-3.4% ба 2.3-6.2% хооронд тус тус хэлбэлзэнэ. Харин Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO ба MgO агуулга 2.3-3.3%, 0.02-0.03% ба 0.7-1.7% хооронд тус тус хэлбэлзэнэ (Зураг 47а). Гнейсүүдийн CI хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн диаграмм дээр нэг дээжинд Eu-ийн тод илэрсэн сөрөг гажил илрэх бөгөөд чулуулаг нь ХүГХЭ-ийг бодвол ХөгХЭ-ээр баяжсан хэлбэр ажиглагдана (Зураг 47в). Харин сарнимал элементийн диаграммаас харахад гнейсүүд нь Nb-ийн харьцангуй өндөр, харин Sr-ийн харьцангуй бага агуулгатай байх бөгөөд бусад элементүүдийн хувьд Австралийн архейн дараах занарын дундажтай ерөнхийдөө ойролцоо байна (Зураг 47г).

**Биотит-мусковитот занар** (дээж SM1868-14). Занар нь гол төлөв бор-саарал өнгөтэй мусковит-биотит-серицит-кварцын найрлагатай байна. Мусковит-биотит-серицит-кварцат занар нь кварц 30-35%, серицит 25-30%, биотит 15-20%, мусковит 10-15% зэрэг эрдсээс голлон тогтох ба бага хэмжээгээр амфибол болон хүдрийн эрдсүүд тохиолдоно. Кварцын мөхлөгүүд нь 0.5 мм-ээс 1.25 мм хүртлэх хэмжээтэй, эвдэрч бутарсны зэрэгцээ гол төлөв нэг зүгт чиглэн байрласан бөгөөд үүнтэй нийцлэг байрлалтайгаар серицит, биотитын хайрснууд байрлана. Чулуулаг нь занарлаг текстуртай, лепидобласт текстуртай. Чулуулагт эрдсийн мөхлөгүүд нь эвдэрч бутарсан, занаршилтын дагуу нэг зүгт чиглэн байрласан байгаа нь шлифэнд тод харагдана ([Зураг 46д, е](#)).

Петрохимийн шинжилгээний дүнгээр занарын  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ба  $\text{MgO}$ -ийн агуулга нь Австралийн архейн дараах занарын дундажтай ойролцоо (64.4%, 19.5%, 0.95%, 6.7% ба 2.08%), харин  $\text{K}_2\text{O}$ -ийн агуулга түүнээс бага зэрэг өндөр (5.2%) боловч  $\text{MnO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  ба  $\text{P}_2\text{O}_5$ -ийн агуулга эрс бага (0.05%, 0.38%, 0.7% ба 0.1%) байгаа нь харагдана ([Зураг 47б](#)). Занарын  $\text{Cl}$  хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн диаграмм дээр  $\text{Eu}$ -ийн сулхан илэрсэн сөрөг гажил илрэх бөгөөд чулуулаг нь ХүГХЭ-ийг бодвол ХөгХЭ-ээр баяжсан хэлбэр ажиглагдана ([Зураг 47в](#)). Харин Австралийн архейн дараах занарын дундаж агуулгаар нормчилсон сарнимал элементийн диаграммаас харахад занар нь  $\text{Nb}$ -ийн харьцангуй өндөр, харин  $\text{Sr}$ -ийн харьцангуй бага агуулгатай байх бөгөөд бусад элементүүдийн хувьд Австралийн архейн дараах занарын дундажтай ерөнхийдөө ойролцоо байна ([Зураг 47г](#)).

**ГЕОХРОНОЛОГИ.** Баян овоо уулын дүүрэгт Хутаг-Уул метакомплексээр зураглагдсан метаморф зузаалгийн насыг тодруулах зорилгоор талбайн хэмжээнд нэлээн өргөн тархсан цайвар-саарал өнгийн кварц-биотитот гнейсийн SM1868-13 дээжийн 70 ширхэг циркон, мөн SM1868-15 дээжийн 22 ширхэг цирконыг сонгон авч U-Pb-ны үнэмлэхүй насны шинжилгээнд хамруулсан юм.

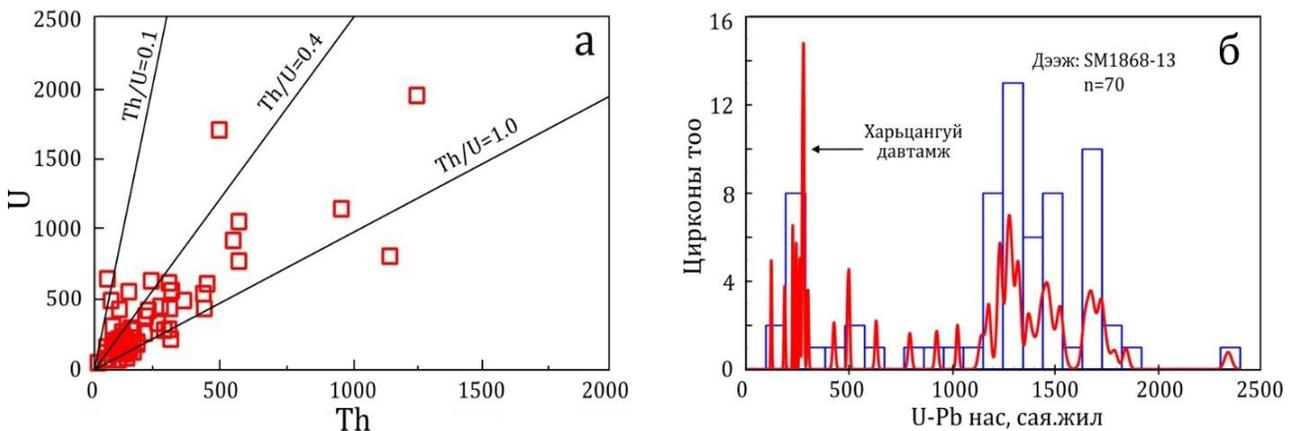
**Дээж SM1868-13.** Тус дээжийг Баян-Овоо уулын баруун хойд орчмоос ( $42^\circ 36'39''$ ,  $109^\circ 02'36''$ ) авсан бөгөөд түүний нийт 70 ширхэг цирконыг U-Pb-ны үнэмлэхүй насны шинжилгээнд хамруулсаны 56 циркон >95% өндөр нарийвчлалтай конкорд өгөгдлүүд байв. Цирконуудын катодлюминесценцийн зургаас харахад тэдгээр нь дунд зэрэг мөлгөржилттэй, харилцан адилгүй хэмжээтэй (70 - 150  $\mu\text{m}$ ) бөгөөд уртыг өргөнд нь харьцуулсан харьцаа 1.5 - 2.0 байна. Ихэнх цирконы төв хэсэг нь сайн талсжсан идиоморф хэлбэртэй бүслүүрлэг тогтоцтой байна ([Зураг 48](#)).



Тайлбар: 28 (272±2.3) (28-цирконы дугаар, 272 ± 2.3-цирконы U-Pb нас, с.ж)

Зураг 48. Хутаг-Уул метакомплексор зураглагдсан кварц-биотитот гнейсийн SM1868-13 дээжийн цирконуудын катодлюминесценцийн зураг.

Ахин талсжилтанд автаагүй маагмын цирконы Th/U-ны харьцаа 0.2-1.0 хооронд хэлбэлздэг бол метаморфизмын явцад үүссэн цирконуудын хувьд тус харьцаа 0.1-ээс бага байдаг. Бидний судалгаанд хамрагдсан дээжийн цирконуудын Th/U харьцаа ихэнх цирконуудын хувьд 0.3 ба 1.4 хооронд хэлбэлзэж байгаа нь тэдгээрийг маагмын гаралтай цирконууд болохыг илтгэнэ (Зураг 49а).

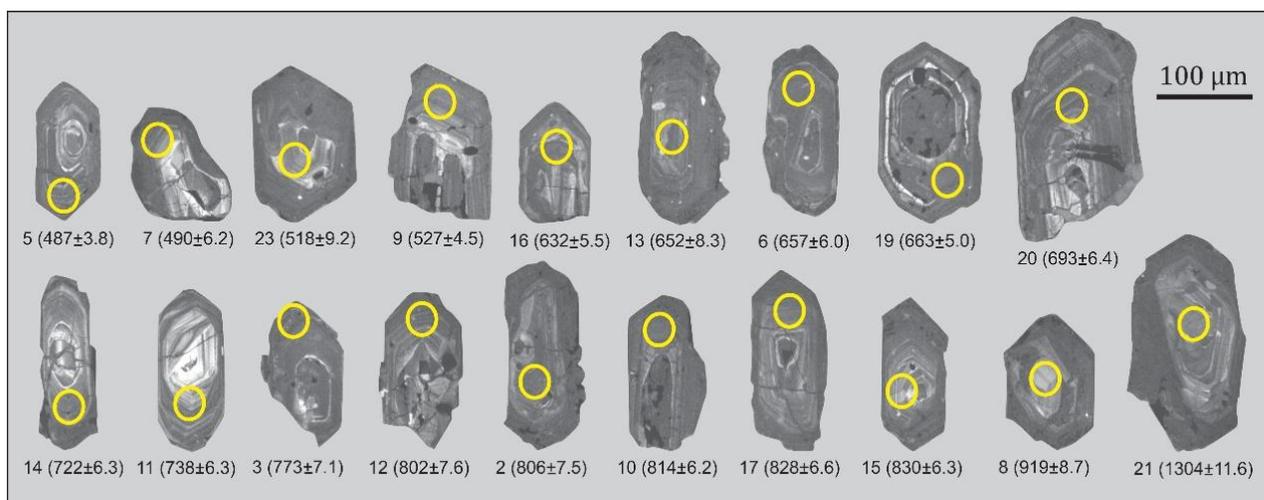


Зураг 49. Хутаг-Уул метакомплексор зураглагдсан кварц-биотитот гнейсийн SM1868-13 дээжийн цирконуудын а) Th/U-ны харьцааны диаграмм, б) U-Pb-ын насны тархалтын гистограмм

Дээр дурдсан цирконуудад U-Pb аргаар хийсэн үнэмлэхүй насны хэмжилтээр түүний бүрэлдэхүүнд 1843 ± 13.8 с.ж-ээс 242 ± 2.3 с.ж-ийн настай цирконууд тогтоогдсон нь үнэмлэхүй насны зонхилох 2 бүлгийг үүсгэнэ (Зураг 49б). Үүнд: 1) 242 ± 2.3 ба 299 ± 3.6 с.ж-ийн хооронд  $^{206}\text{U}/^{238}\text{Pb}$  нас нь хэлбэлзэх палеозойн 7 циркон, 2) 631 ± 6.0 ба 1843 ± 13.8 с.ж-ийн хооронд  $^{206}\text{U}/^{238}\text{Pb}$  нас нь хэлбэлзэх протерозойн 57 циркон байгаагаас неопротерозойн 3, мезопротерозойн 40 болон палеопротерозойн 14 циркон байна.

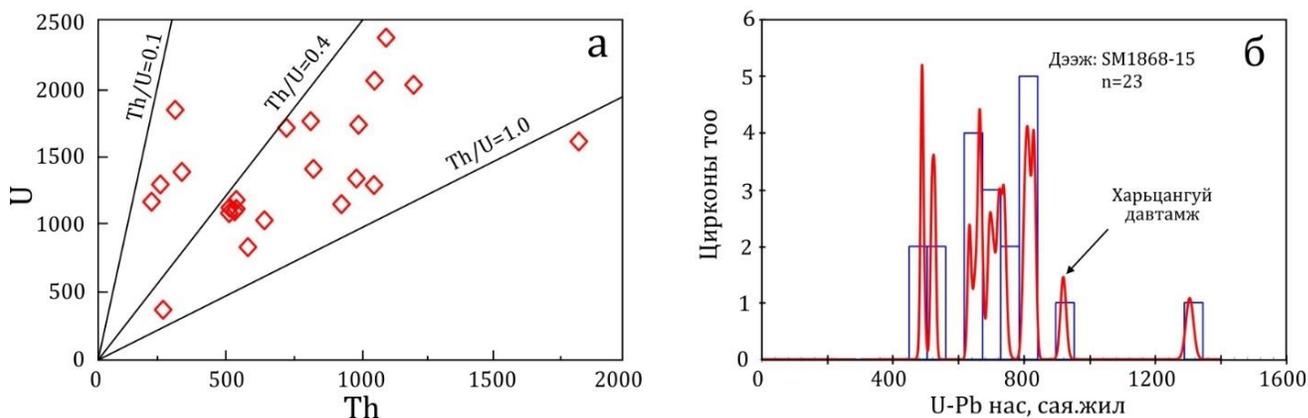
**Дээж SM1868-15.** Тус дээжийг Баян-Овоо толгойн өмнөд хэсгээс (42°36' 29", 109° 02' 46") авсан бөгөөд түүний нийт 23 цирконыг U-Pb-ны үнэмлэхүй насны шинжилгээнд

хамруулсаны 21 циркон >90% өндөр нарийвчлалтай конкорд өгөгдлүүд байв. Цирконуудын катодлюминесценцийн зургаас харахад тэдгээр нь өнцөглөг буюу муу мөлгөржсөн, харьцангуй том хэмжээтэй (120-200  $\mu\text{m}$ ) бөгөөд уртыг өргөнд нь харьцуулсан харьцаа 0.5-1.5 байна. Ихэнх цирконууд нь бүслүүрлэг тогтоцтой, хавтгай призмлэг байна (Зураг 50).



Зураг 50. Хутаг-Уул метакомплексор зураглагдсан гнейсийн SM1868-15 дээжийн цирконуудын катодлюминесценцийн зураг. Тайлбар: 5 ( $487 \pm 3$ ) (5-цирконы дугаар,  $487 \pm 3$ -цирконы U-Pb нас, с.ж)

Цирконуудын Th/U харьцаа ихэнх цирконуудын хувьд 0.2 ба 1.1 хооронд хэлбэлзэж байгаа нь тэдгээрийг маагмын гаралтай цирконууд болохыг илтгэнэ (Зураг 51a). Дээр дурдсан цирконуудад U-Pb аргаар хийсэн үнэмлэхүй насны хэмжилтээр түүний бүрэлдэхүүнд  $1304 \pm 11.6$  с.ж-ээс  $487 \pm 3.8$  с.ж-ийн настай цирконууд тогтоогдсон нь үнэмлэхүй насны дараах 2 бүлгийг үүсгэнэ (Зураг 51б).



Зураг 51. Хутаг-Уул метакомплексор зураглагдсан гнейсийн SM1868-15 дээжийн цирконуудын а) Th/U-ны харьцааны диаграмм, б) U-Pb-ын насны тархалтын гистограмм

Үүнд: 1)  $487 \pm 3.8$  ба  $527 \pm 4.5$  с.ж-ийн хооронд  $^{206}\text{U}/^{238}\text{Pb}$  нас нь хэлбэлзэх түрүү палеозойн 5 циркон, 2)  $632 \pm 5.5$  ба  $1304 \pm 11.6$  с.ж-ийн хооронд  $^{206}\text{U}/^{238}\text{Pb}$  нас нь хэлбэлзэх протерозойн 18 циркон байгаагаас неопротерозойн 17, мезопротерозойн 1 циркон байна.

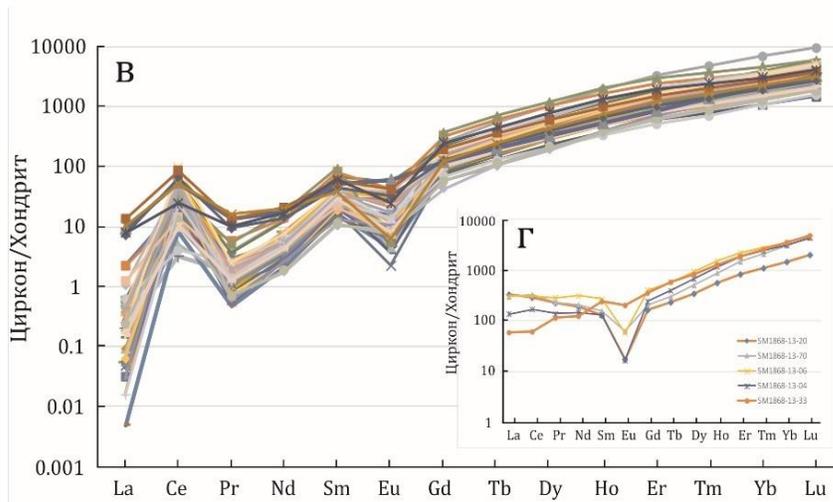
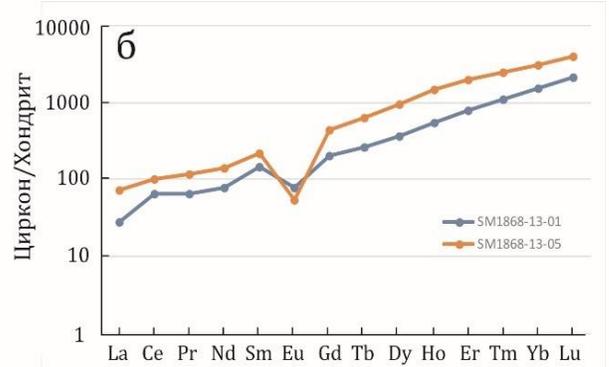
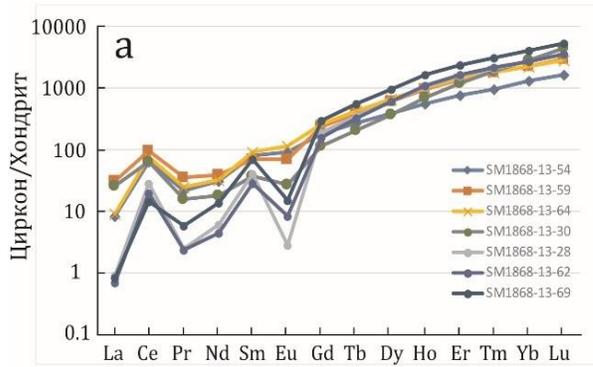
**ЦИРКОНЫ ГЕОХИМИ.** Циркон нь гол төлөв маагмын чулуулаг талсжих явцад бүрэлддэг бөгөөд мөн өндөр түвшний метаморф хувирлын явцад ахин талсжих замаар үүсэх боломжтой. Иймээс тунамал хурдсын зөөгдмөл цирконы судалгаанд тэдгээрийн гарал үүслийг тодорхойлох зорилгоор цирконы талстын морфологи, дотоод текстурын онцлог болон тэдгээрийн сарнимал элементийн өгөгдлүүдэд тулгуурласан хэд хэдэн аргачилалыг ашигладаг. Ялангуяа циркон нь маагмын талсжилтын явцад ГХЭ, Y, Th, U, Nb, Ta зэрэг сарнимал элементүүдийн тархалтанд шууд нөлөөлдөг тул тунамал чулуулгийн зөөгдмөл цирконы сарнимал элементийн өгөгдлүүд нь тэдгээрийн талсжсан эх үүсвэр чулуулгийг тодорхойлох боломжтой байдаг. Өмнөх судалгааны ажлуудаас үзэхэд маагмын чулуулгийн циркон нь ХөгХЭ-ийг бодвол ХүГХЭ-ээр баяжигдсан байдаг бөгөөд ихэнхдээ Се-ийн эерэг гажил Еu-ийн сөрөг гажилтай хавсран илэрдэг байна. Харин ХүГХЭ-ээр баяжсан боловч ХөгХЭ-ээр харьцангуй шавхагдсан, Еu-ийн гүнзгий сөрөг болон Се-ийн маш сул илэрсэн эерэг гажилтай цирконуудыг ахин талсжсан цирконд хамааруулдаг. Мөн түүнчлэн Еu-ийн сөрөг гажил илрээгүй зөөгдмөл цирконуудыг кимберлит, эклогит зэрэг плагиоклаз агуулаагүй чулуулагт үүссэн гэж тайлдаг.

Кварц-биотитот гнейсийн SM1868-13 дээжний цирконуудын газрын сарнимал элементийн агуулгыг Сl хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн тархалтын диаграммаас авч үзвэл  $242 \pm 2.3$  ба  $299 \pm 3.6$  с.ж-ийн хооронд  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  нас нь хэлбэлзэх пермийн цирконууд нь ХүГХЭ-аар баяжсан ( $\text{Yb}_n/\text{Sm}_n=16-96$ ) бөгөөд ихэнхдээ маш гүнзгий Се-ийн эерэг гажил ( $\text{Ce}/\text{Ce}^*=1.4-19.3$ ), Еu-ийн сулавтар сөрөг гажил (дундаж  $\text{Eu}/\text{Eu}^*=0.1-0.7$ ) тус тус илэрч байгаа нь ахин талсжилтанд автаагүй маагмын гаралтай циркон болохыг харуулна (Зураг 52а).

Цөөн тооны кембрийн болон протерозойн настай цирконууд нь ХөгХЭ-ийг бодвол ХүГХЭ-ээр баяжсан бөгөөд Се-ийн ямар нэгэн гажил илрээгүй, Еu-ийн тод илэрсэн сөрөг гажил (дундаж  $\text{Eu}/\text{Eu}^*=0.1-1.1$ ) тус тус илэрч байгаа нь ахин талсжилтанд автсан метаморф гаралтай циркон нийтлэг шинж юм (Зураг 52б, г). Харин тус дээжийн ихэнх хувийг эзлэж байгаа протерозойн настай цирконуудын хувьд ХүГХЭ-аар баяжсан ( $\text{Yb}_n/\text{Sm}_n=11-133$ ) бөгөөд ихэнхдээ тод илэрсэн Се-ийн эерэг гажил ( $\text{Ce}/\text{Ce}^*=0.1-3.3$ ), Еu-ийн сулавтар сөрөг гажил (дундаж  $\text{Eu}/\text{Eu}^*=0.1-0.7$ ) тус тус илэрч байгаа нь маагмын гаралтай циркон болохыг илтгэж байна (Зураг 52в).

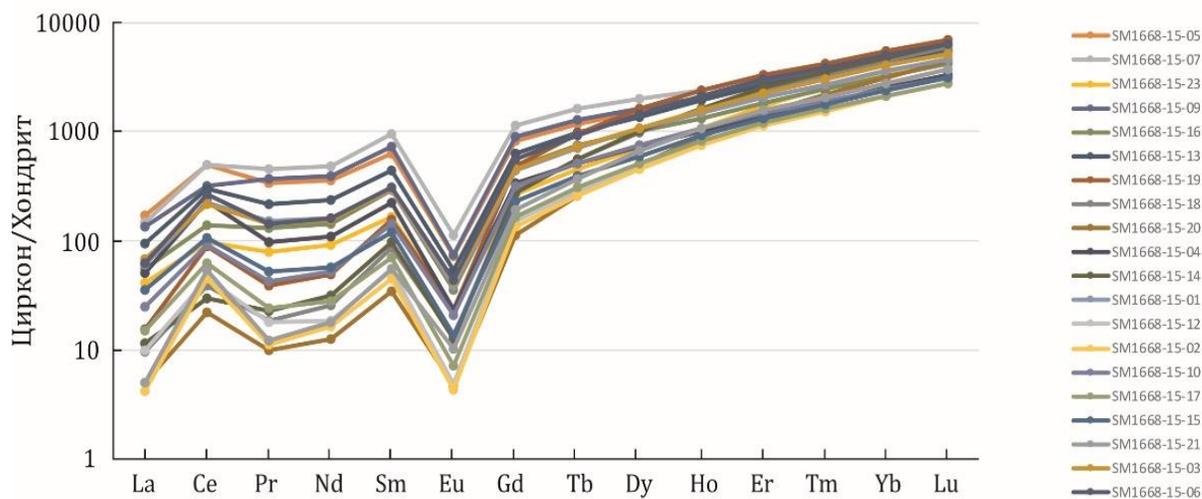
Хутаг-Уул метакомплексор зураглагдсан өөр нэгэн гнейс болох SM1868-15 дээжний цирконуудын газрын сарнимал элементийн агуулгыг Сl хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн тархалтын диаграммаас авч үзвэл  $487 \pm 3.8$  ба  $919 \pm 8.7$  сая.жилийн хооронд  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  нас нь хэлбэлзэх бүхий л цирконууд нь ХүГХЭ-аар баяжсан ( $\text{Yb}_n/\text{Sm}_n=6-90$ ) бөгөөд ихэнхдээ бага зэрэг Се-ийн эерэг гажил ( $\text{Ce}/\text{Ce}^*=0.1-0.7$ ), Еu-ийн сулавтар сөрөг гажил (дундаж  $\text{Eu}/\text{Eu}^*=0.1-0.7$ ) тус тус илэрч байгаа нь ахин талсжилтанд автаагүй маагмын гаралтай циркон болохыг илэрхийлж байна (Зураг 53).

Энэ бүгд нь Хутаг-Уул метакомплексын гнейсийн цирконы бүрэлдэхүүнд ихэнхдээ маагмын чулуулгаас үүсэлтэй цирконууд зонхилж бага хэмжээгээр метаморф циркон байгааг харуулна.



- SM1868-13-03
- SM1868-13-24
- SM1868-13-13
- SM1868-13-51
- SM1868-13-15
- SM1868-13-55
- SM1868-13-31
- SM1868-13-19
- SM1868-13-43
- SM1868-13-22
- SM1868-13-18
- SM1868-13-63
- SM1868-13-38
- SM1868-13-40
- SM1868-13-08
- SM1868-13-26
- SM1868-13-49
- SM1868-13-09
- SM1868-13-11
- SM1868-13-25
- SM1868-13-48
- SM1868-13-17
- SM1868-13-50
- SM1868-13-67
- SM1868-13-68
- SM1868-13-35
- SM1868-13-32
- SM1868-13-12
- SM1868-13-58
- SM1868-13-23
- SM1868-13-42
- SM1868-13-57
- SM1868-13-16
- SM1868-13-56
- SM1868-13-07
- SM1868-13-34
- SM1868-13-65
- SM1868-13-21
- SM1868-13-02
- SM1868-13-29

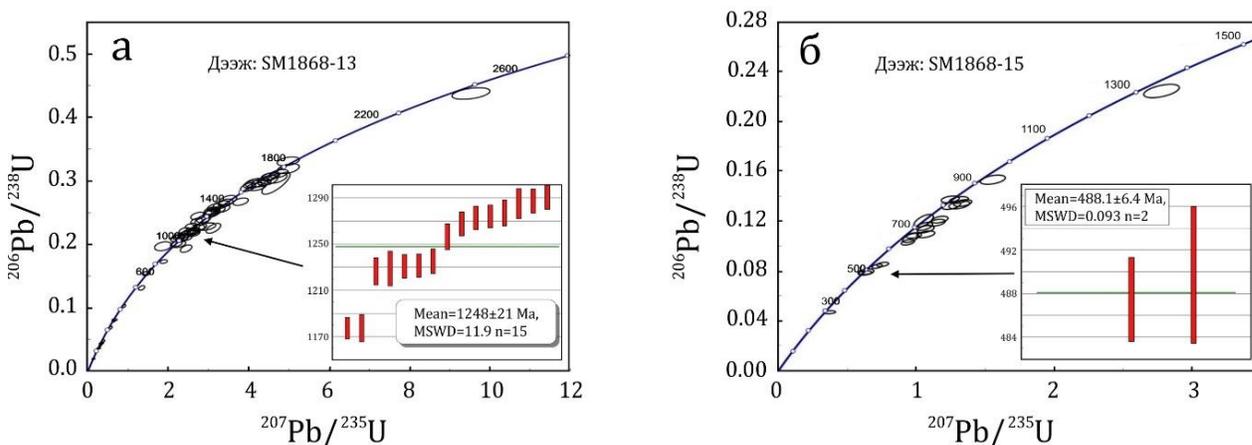
Зураг 52. Хутаг-Уул метакомплексод зураглагдсан гнейсийн SM1868-13 дээжийн цирконуудын ГХЭ-ийн тархалтын диаграмм (нормчлолд Taylor & McLennan, 1985-ийн CI хондритийн сарнимал элементийн өгөгдлийг ашигласан болно). Тайлбар: SM1868-13 дээжийн дугаар, 54-цирконы мөхлөгийн дугаар



Зураг 53. Хутаг-Уул метакомплексод зураглагдсан гнейсийн SM1668-15 дээжийн цирконуудын ГХЭ-ийн тархалтын диаграмм (нормчлолд Taylor & McLennan, 1985-ийн CI хондритийн сарнимал элементийн өгөгдлийг ашигласан болно). Тайлбар: SM1668-15 дээжийн дугаар, 05-цирконы мөхлөгийн дугаар

**БАЯН ОВОО УУЛ ОРЧМЫН МЕТАМОРФ ЗУЗААЛГИЙН НАС.** Баян овоо уулын дүүрэгт Хутаг-Уул метакомплексод зураглагдаж ирсэн мета элсэн чулуу, гнейс-занарын зузаалгаас авсан SM1868-13 ба SM1868-15 дээжнүүдийн цирконуудыг авч үзвэл тэдгээр нь иэхэнхдээ маагмын гаралтай цирконууд болох нь тогтоогдсон бөгөөд харин цөөвтөр тооны метаморф циркон тохиолдоно. Иймээс маагмын цирконуудын U-Pb аргаар хийсэн үнэмлэхүй насны хэмжилтээр гнейсийн хурдас хуримтлалын нас болон боржин-гнейсийн талсжилтын насыг тогтоох боломжтой юм.

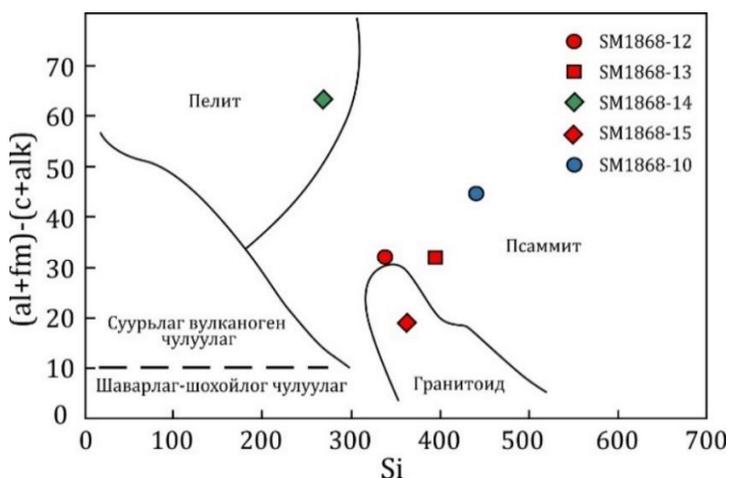
Бидний судалгаанд хамрагдсан SM1868-13 дээжний цирконуудын нэгэн зонхилох бүлгийг үүсгэж байгаа U-Pb харьцангуй залуу насны цөөн тооны цирконууд нь конкордант бус өгөгдлүүд байгаагаас гадна харьцангуй их интервалд буюу  $242 \pm 2.3$  ба  $299 \pm 3.6$  с.ж-ийн хооронд хэлбэлзэж байсан. Мөн түүнчлэн дээжлэлт хийсэн талбайн хойд болон өмнөд захаар дунд пермийн гранитоид бүрдэл өргөн тархсанаас гадна тэдгээрийн дэл судлын чулуулгуудын оролцоо байсныг үгүйсгэхгүй юм. Мөн уг хэмжилтийн хүрээнд илрэх ганц нэг силур болон кембрийн настай цирконууд нь хэдийгээр Th/U харьцаа 0.28-0.84 байгаа боловч тэдгээр нь тод илэрсэн бүслүүрлэг тогтоцгүй, ураны геохимийн агуулга өндөр 1142-1707 г/т байгаа нь тэдгээрийг метаморф гаралтай болохыг илтгэнэ. Харин энэхүү дээжинд зонхилох бүлгийг (55-60%) эзэлж байгаа U-Pb насны хэмжилтийн өндөр нарийвчлалтай конкорд өгөгдлүүд бүхий  $1026 \pm 6.6$  ба  $1539 \pm 15.5$  с.ж хооронд  $^{206}\text{U}/^{238}\text{Pb}$  нас нь хэлбэлзэх бүлэг цирконууд эзэлж байна. Иймээс бид судалгааны өнөөгийн түвшинд дээрх цирконуудын хамгийн залуу популяцийн U-Pb насны дундаж болох  $1248 \pm 21$  с.ж-ийн насны өгөгдлийг тус зузаалгийн хурдас хуримтлалын насны доод хязгаар гэж үзсэн болно (Зураг 54а). Энэхүү насны өгөгдөл нь Цээл формацын хурдас хуримтлалын настай дүйцэж байх бөгөөд өөрөөр хэлбэл тус зузаалгийг Хутаг-Уул метакомплексод бус, Цээл формацад ангилах боломж бүрдэж байна. Харин судалгаанд хамрагдсан SM1868-15 дээжний цирконуудын хамгийн залуу, өндөр нарийвчлалтай конкорд өгөгдлүүдэд үндэслэн тэдгээрийн U-Pb насны дундаж болох  $488 \pm 6.4$  с.ж-ийн насны өгөгдлийг бид тус боржин-гнейсийн талсжилтын нас гэж үзэж байна (Зураг 54б). Иймээс уг боржин-гнейсийг нь Хутагуул метаморф зузаалгийг түрсэн гранитоид биет гэж үзлээ.



Зураг 54. Хутаг-Уул метакомплексод зураглагдсан гнейсийн а) SM1868-13, б) SM1868-15 дээжнүүдийн цирконуудын U-Pb-ын насны конкордийн диаграмм

## МЕТАМОРФ ЧУЛУУЛГУУДЫН ПРОТОЛИТ, ТЭДГЭЭРИЙН ЭХ ҮҮСВЭР БОЛОН ГЕОДИНАМИК ОРЧИН.

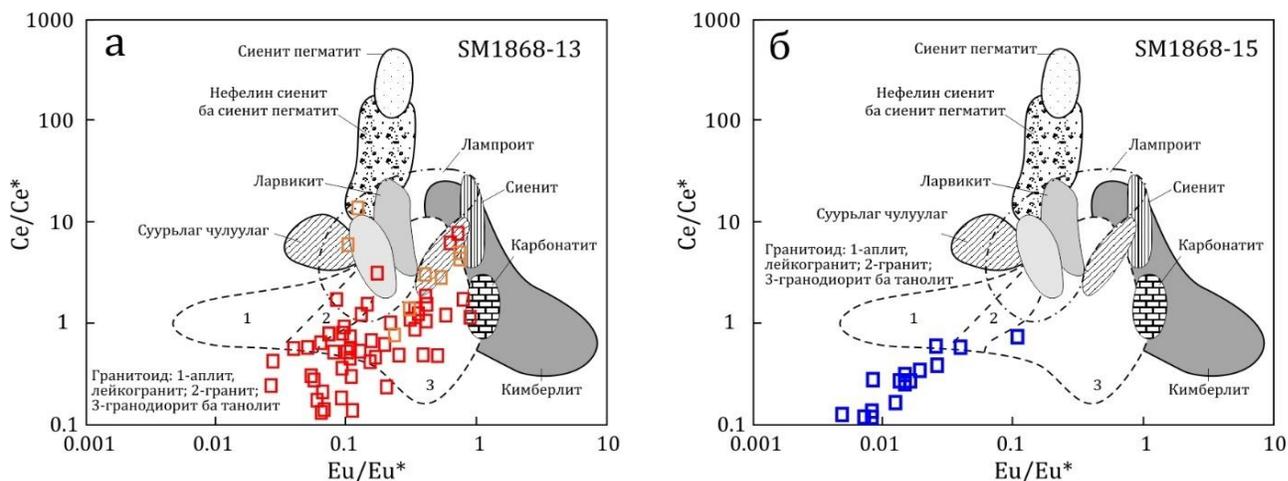
Баян овоо уул орчимд тархалттай метаморф чулуулгийн анхдагч протолитын найрлага, гарал үүсэл, үүслийн геодинамик нөхцлийг тогтоох зорилгоор практикт өргөн хэрэглэгддэг А.Симонены диаграммыг ашиглан боловсруулалт хийж үзэхэд занар ба ихэнх гнейсийн дээжнүүд пелит ба псаммитийн талбайд дээр, харин нэг дээж (SM1868-15) гранитоидын талбайд бууж байна (Зураг 55). Энэ бүгд нь бидний петрографийн судалгааны дүнг баталгаажуулах бөгөөд өөрөөр хэлбэл Баян овоо уул орчмын метаморф зузаалагт тунамал чулуугаар үүссэн занар ба гнейс зонхилох бөгөөд харин маагмын чулуулгаар үүссэн ортогнейс (SM1868-15) ховроор тохиолдож байгааг харуулна.



Зураг 55. Метаморф чулуулгийн анхдагч эх үүсвэрийг тогтоох Симонений диаграмм

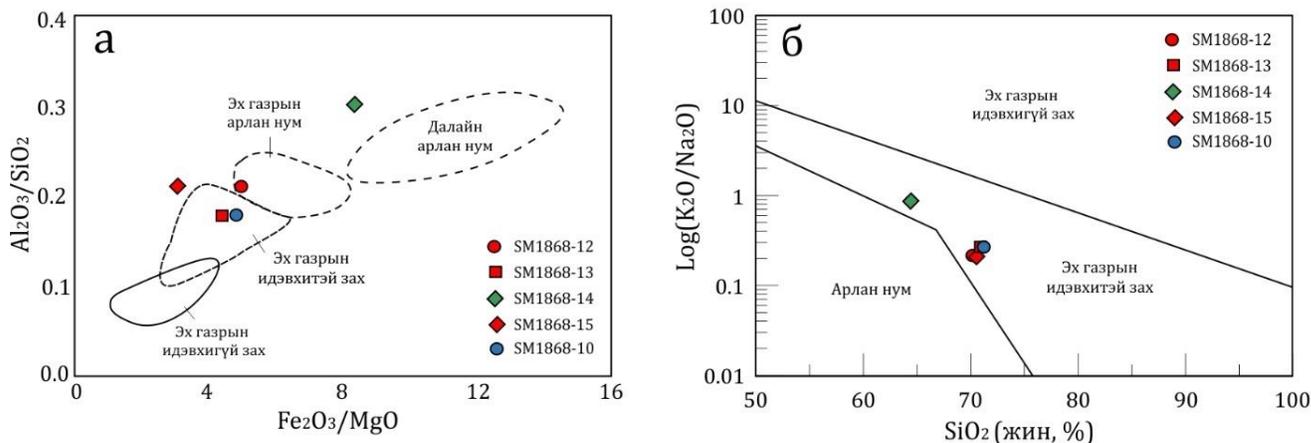
Баян овоо уул орчимд тархалттай гнейсийн цирконуудын эх үүсвэр маагмын чулуулгийн төрөл болон талсжилтын онцлогийг тогтоох зорилгоор үнэмлэхүй насны шинжилгээнд хамрагдсан дээжнүүдийн цирконуудын ГХЭ-ийн хуваарилалт, Eu ба Се-ийн гажлын өгөгдлүүдэд боловсруулалт хийв. Цирконуудын Eu/Eu\* ба Се/Се\*-ийн дискриминацийн диаграммаас харахад хамгийн эртний буюу  $1843 \pm 13$  ба  $631 \pm 6$  с.ж хооронд нас нь хэлбэлзэх протерозойн цирконы эх үүсвэрт гранит, гранодиорит болон тоналит зэрэг чулуулаг оролцсон бол  $299 \pm 3$  ба  $242 \pm 2$  с.ж хооронд  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  нас нь хэлбэлзэх пермийн цирконуудын эх үүсвэрт гранитоид болон суурилаг найрлагатай маагмын чулуулаг оролцоно (Зураг 56а, б).

Өмнө нь дурдсан тунамал болон метаморф хурдсын найрлага дахь голлох элементүүдийн хэмжээ нь хурдас хуримтлалын ба эх үүсвэр, геодинамик нөхцөлөөс хамаардаг учраас тэдгээр өгөгдлүүдийг ашиглан геодинамик нөхцөлийг тодруулах боломжтой байдаг. Эндээс авч үзвэл Bhatia (1983), Roser (1986) нарын боловсруулсан геодинамик орчныг тодорхойлох дискриминацийн диаграммууд дээр Баян овоо уул орчмын занар, элсэн чулуу болон гнейсүүд нь эх газрын идэвхтэй захын нөхцөлд хуримтлагдсан болох нь харагдана (Зураг 57).



Зураг 56. Гнейсүүдийн зөөгдмөл цирконуудын анх талсжсан эх үүсвэр чулуулгийн төрлийг тогтоох дискриминацийн диаграмм (Belousova, 2002). Нормчлолд Taylor & McLennan, 1959-ийн CI хондритийн сарнимал элементийн өгөгдлийг ашигласан болно.

Дээр дурдсан бүгдийг нэгтгэн дүгнэж үзвэл, Баян овоо уулын орчимд зураглагддаг метаморф зузаалгийн бүрэлдэхүүнд цайвар саарал өнгийн шохойн чулууны үе агуулсан бор саарал өнгийн метаэлсэн чулуу, кварц-серицит-биотит-мусковиттой занар, кварцит, гнейс тогтоогдсон бөгөөд тэдгээр нь эх газрын идэвхтэй захын орчинд гранитоид чулуулгийн өгөршлөөс үүсжээ. Тус метаморф бүрдлийн бүрэлдэхүүнд голлон тохиолдох гнейсийн зөөгдмөл цирконы U-Pb насны өгөгдлөөр тус зузаалаг нь  $1248 \pm 21$  с.ж-ээс хожуу буюу дээд мезопротрозойн цаг үед үүссэн байх боломжтой байна. Иймээс тус метаморф зузаалгийг Хутагуул бүрдлийн хэмжээнд бус харин Цээл формацын түвшинд авч үзэх нь зүйтэй гэж судалгааны өнөөгийн түвшинд үзэж байна. Харин зузаалгийн бүрэлдэхүүнд хамт ялгагдаж ирсэн маагмын гаралтай ортогнейсийн талсжилтын нас  $488 \pm 6.4$  с.ж байгаа нь тус гнейсийг Хатанбулагийн массивын хэмжээнд багахан тархалттай дунд-ордовикийн Аман-Ус бүрдэлд ялгах боломжтой байна.

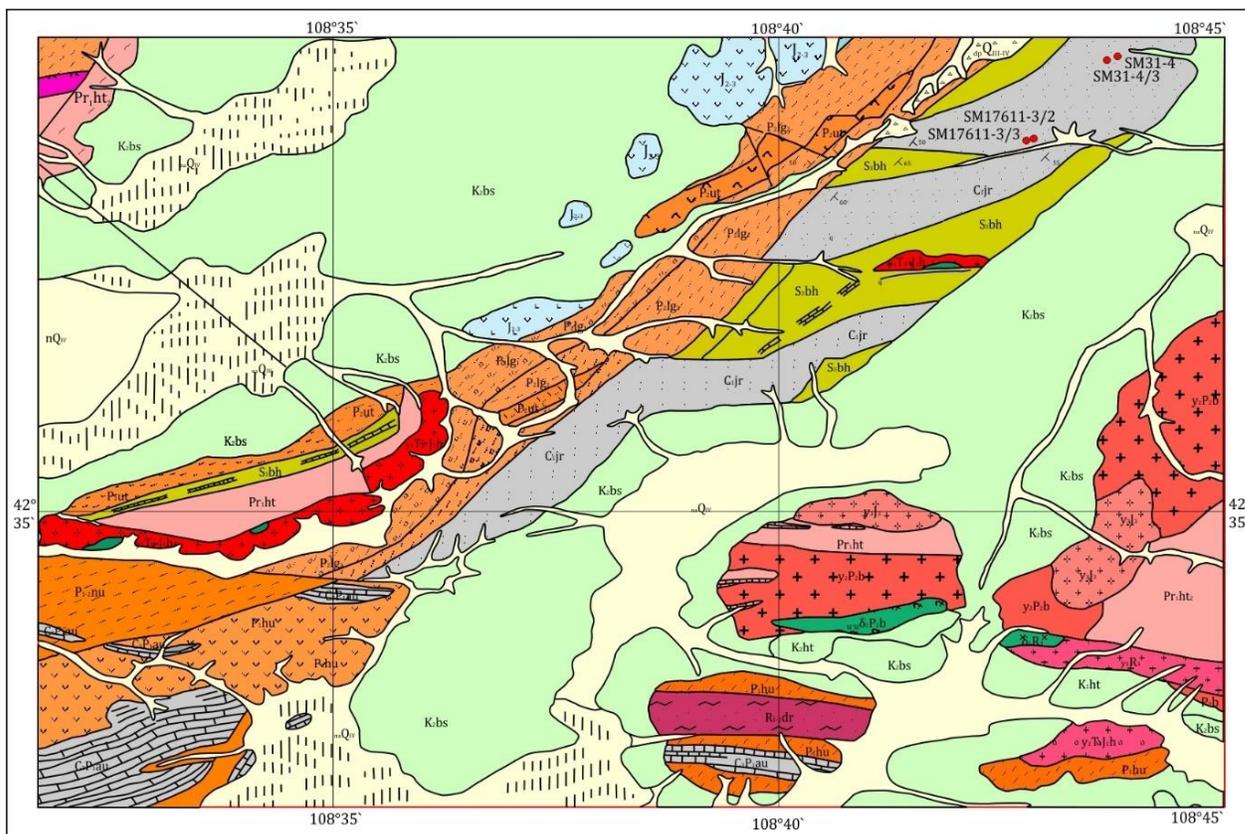


Зураг 57. Тунамал чулуулгийн үүслийн геодинамик орчинг тодорхойлох дискриминацийн диаграмм (a) (Bhatia and Crook, 1986), б) (Roser and Korsch, 1986)

## ЖИРЭМ-УУЛ ФОРМАЦ (C<sub>1</sub>Ju)

**ГЕОЛОГИЙН ТОГТОЦ.** Жирэм-Уул формацын хурдсыг анх 1953 онд Б.И.Данилов, А.А.Кулеш нар судлаж амьтны үлдвэрээр насыг нь тогтоожээ. [О.Д.Суетенко \(1968\)](#) Жирэм уулын орчимд судлаж шохойн чулууны үе ба мэшилд агуулагдах амьтны үлдвэрийн тодорхойлолтонд үндэслэн карбон-пермд хамааруулсан бол [С.В.Руженцев, Г.Бадарч нар \(1989, 4877ф\)](#) амьтны үлдвэр бүхий шохойн чулууг олистолит байдлаар агуулагдаж байгаа хэмээн үзэж тус зузаалгийг бүхэлд нь дээд пермд ялгажээ. 2001 онд Алтангэрэл нар 1:50000 масштабын геологийн зураглалын ажлаараа тус формацын литологийн тогтцыг нарийвчлан судлаж шохойн чулууны микстит агуулсан метаэлсэн чулуу, алевролитийн доод, хүчиллэг, дундлаг найрлагатай вулканитийн дунд, конгломерат-элсэн чулууны дээд зузаалгуудыг тус тус ялгаж мөрхөлтөн ба хөвд биетний (Ч.Минжингийн тодорхойлолт) үлдвэрт үндэслэн дээд пермд ангилсан байдаг. Харин [Дагва-Очир нар \(2001, 5384ф\)](#) зураглалын ажлаараа шохойн чулууны үе ба мэшлээс олдсон мөр хөлтөн, хөвд биетний үлдвэрийг 1994 онд И.Н. Мананков *Spirifer sp.*, *Orulgania sp.*, *Poliporella sp.*, хэмээн тодорхойлсонд үндэслэн доод карбоны турней-визейн стейжэд ангилжээ.

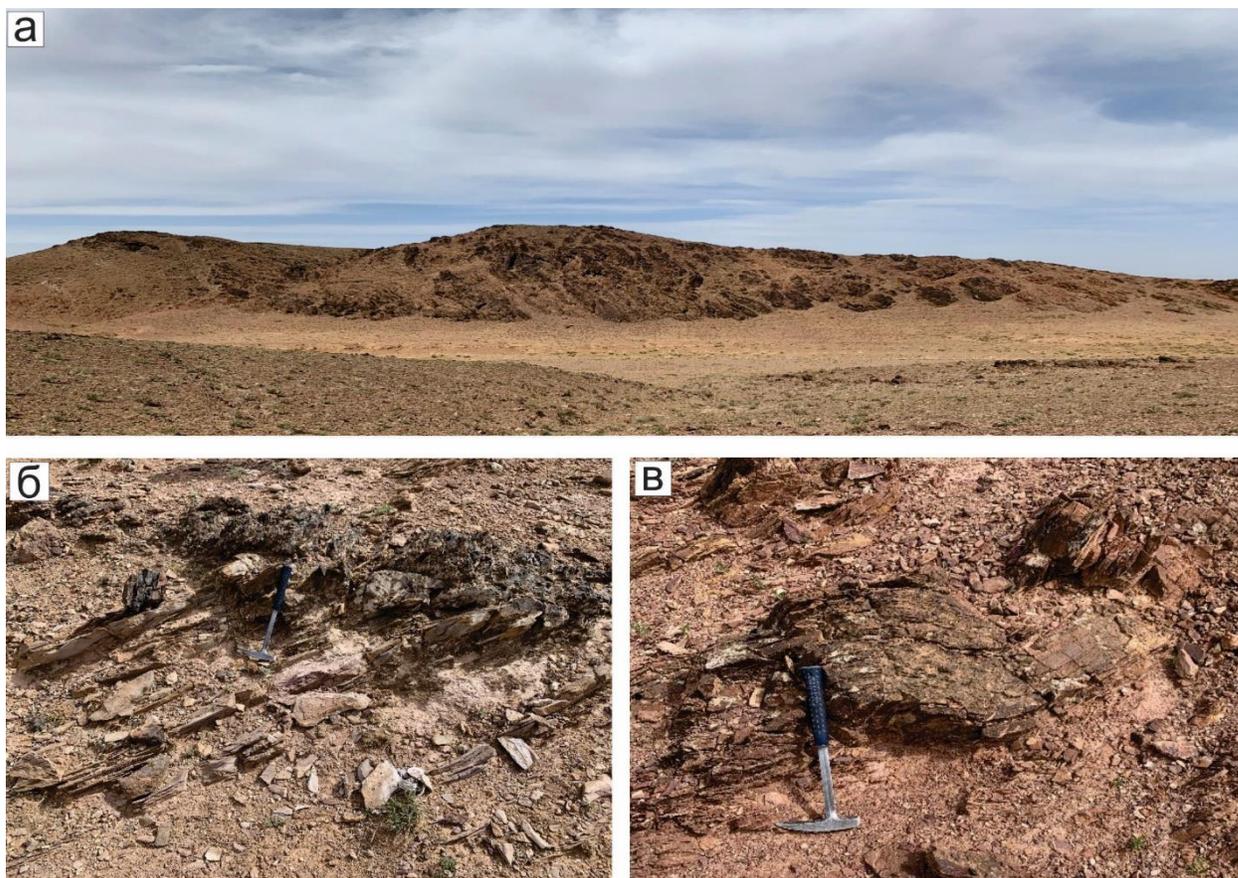
Уг формацын хурдас нь Цагаан Сүүжийн хяраас эхлэн зүүн хойш Жирэм уулыг дамнан Үзүүр толгой, Хүйтэн хар толгой хүртэл уртаашаа 24 км, өргөнөөрөө 3.4-8 км талбайд баруун урдаас зүүн хойш сунасан зурвас бүс үүсгэн тархсан байдаг. Энд тус зузаалаг нь силурийн Бүргэдхар-Уул формацын чулуулаг дээр давхрагазүйн үл нийцлэгээр байрлаж, дээд пермийн Луугийнгол формацын хурдсаар үл нийцлэгээр хучигдана ([Зураг 58](#)). Формацын бүрэлдэхүүнд янз бүрийн ширхэгтэй элсэн чулуу, алевролит, гравелит, конгломерат, шохойн чулуу, андезит ба дацит тохиолдоно. Жирэм уул орчимд Дагва-Очир нарын хийсэн зүсэлтэнд доод хэсэгт нь цайвар саарал, ягаавтар саарал том-дунд ширхэгт элсэн чулуу, бараавтар ногоон өнгийн занаржсан андезит, дацит, тэдгээрийн туфийн салаавчлал тохиолддог бол дээд хэсэгт нь шүр ба мөрхөлтний дардас агуулсан хөхөвтөр саарал өнгийн шохойн чулууны үе ба мэшил агуулсан жижиг-дунд ширхэгт шохойлог элсэн чулуу, саарал өнгийн жигд бус ширхэгт элсэн чулуу зонхилдог.



Зураг 58. Судалгааны талбайн геологийн зураг. SM17611-3/3 дээжлэлт хийсэн цэг болон дээжийн дугаар. “Гурван гол холдинг” ХХК-ны Сулинхээрийн талбайд 1999-2001 онд гүйцэтгэсэн 1:50000-ны масштабын геологийн зургийг суурь болгон ашиглав.

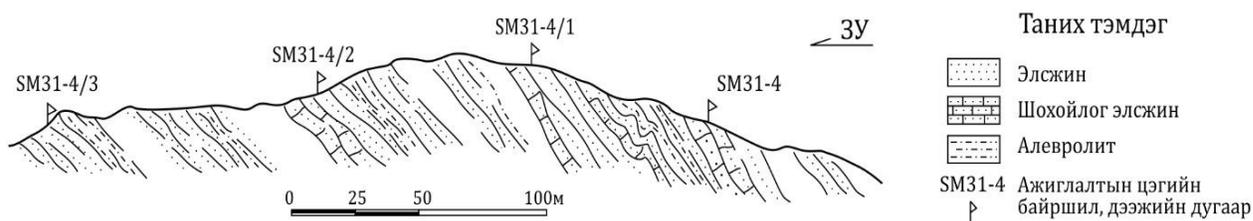
Иймэрхүү төрлийн литологийн дараалал Үзүүр толгой ба Хүйтэн хар толгой уул орчимд тэдний хийсэн зүсэлтэнд ч мөн илэрнэ. Нийт зузаан нь 1300 м-т хүрнэ. Харин дээрх судлаачид зузаалгийн бүрэлдэхүүнд оролцож буй андезит ба дацитаас тогтсон вулканоген хэсгийн зузаан харилцан адилгүй 140-800 м-т хэлбэлзэж байгааг тэмдэглээд суналын дагууд фаацын шилжилттэй болохыг тогтоожээ.

Хээрийн ажлын явцад Шар толгой ба Жирэм уулын өмнө талд Үзүүр толгой орчимд тархсан тунамал зузаалгийн хэмжээнд геологийн ажиглалт судалгааг явууллаа. Шар толгой уул орчимд формацын бүрэлдэхүүнд алевролитын нимгэн үе агуулсан ягаавтар өнгийн нэгэн төрлийн шохойлог элсэн чулуу зонхилох бөгөөд тэдгээр нь заримдаа деформацад автаж атираажсан байгаа нь ажиглагдана. Харин Үзүүр толгой орчимд хурдас нь илэрц сайтай хурдсын бүрэлдэхүүнд ягаавтар өнгийн жижиг-дунд ширхэгт элсэн чулуунаас гадна цайвар сааралдуу өнгийн том ширхэгт элсэн чулуу, ховроор конгломератын нимгэн үе тохиолдоно. Хурдсын бүрэлдхүүн дэх хар өнгөтэй харандаан хэсэгшилтэй алевролит, хүрэн өнгөтэй гадаргуу нь ширхэглэг бэржгэр карбонатлаг алевроэлсэн чулуу илүү онцлог бөгөөд литологи, зүсэлтийн төрхөөрөө судалгааны талбайд тархсан бусад хурдсаас ялган танихад хялбар байдаг (Зураг 59).



Зураг 59. Үзүүр толгой орчимд илрэх а) Жирэм-Уул формацын гаршын зураг  
б) карбонатлаг элсэн чулуу, алевролит, в) атираажилтанд орсон элсэн чулуу

Жирэм уулын өмнө талд Үзүүр толгой орчимд ( $42^{\circ}38'59''$ ;  $108^{\circ}43'40''$ ) хийсэн хэсэгчилсэн зүсэлтэнд улаавтар ягаан өнгийн жижиг ширхэгт шохойлог элсэн чулуу болон алевролитын салаавчлал тогтоогдоно (Зураг 60).



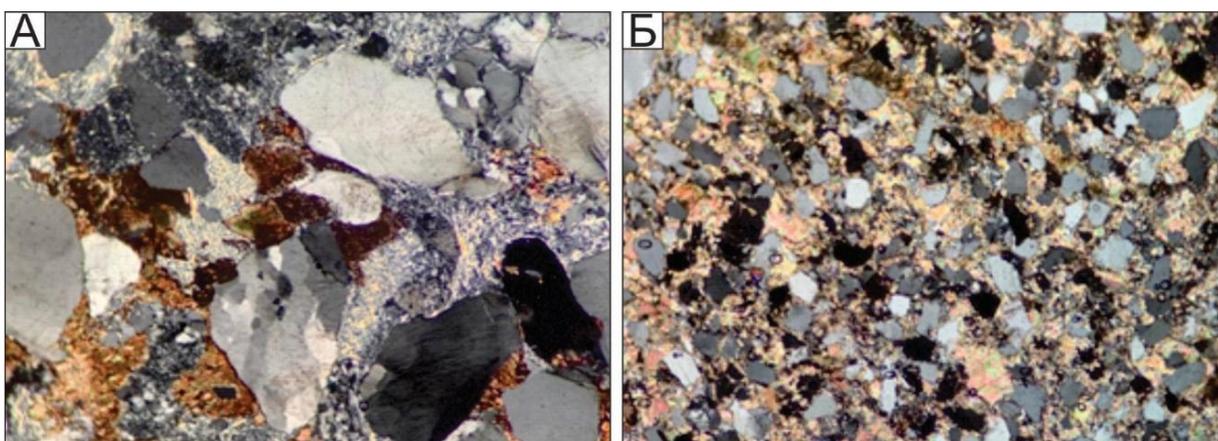
Зураг 60. Үзүүр толгой орчимд хийсэн Жирэм-Уул формацын хэсэгчилсэн зүсэлт

**ПЕТРОГРАФИ БА ГЕОХИМИ.** Судалгааны талбайд тархалттай Жирэм-Уул формацын петрографийн шинжилгээгээр шохойлог болон жижиг-дунд ширхэгт псаммитлаг структуртай элсэн чулуу тогтоогдсон.

**Элсэн чулуу** (SM17611-3/2) нь цайвар саарал өнгөтэй эрдсийн болон чулуулгийн хэмхдэс (75-80%) ба серицит, төмрийн усан исэл бүхий (20-25%) цементээс тогтоно. Хэмхдэсүүд нь 0.1-1.0 мм хэмжээтэй, псаммитлаг структуртай, цул нягт текстуртай. Эрдсийн хэмхдэсийн бүрэлдэхүүнд кварц давамгайлдах (60-65%) бол чулуулгийн

хэмхдэсээс риолит (25-30%), кварцит (>10%) тохиолдоно. Кварц нь дунд зэргийн мөлгөржилттэй 0.2-0.95 мм хэмжээтэй, ихэнхдээ зөв бус хэлбэртэй байна. Акцессор эрдсээр циркон, хүдрийн эрдэс тохиолдоно (Зураг 61а).

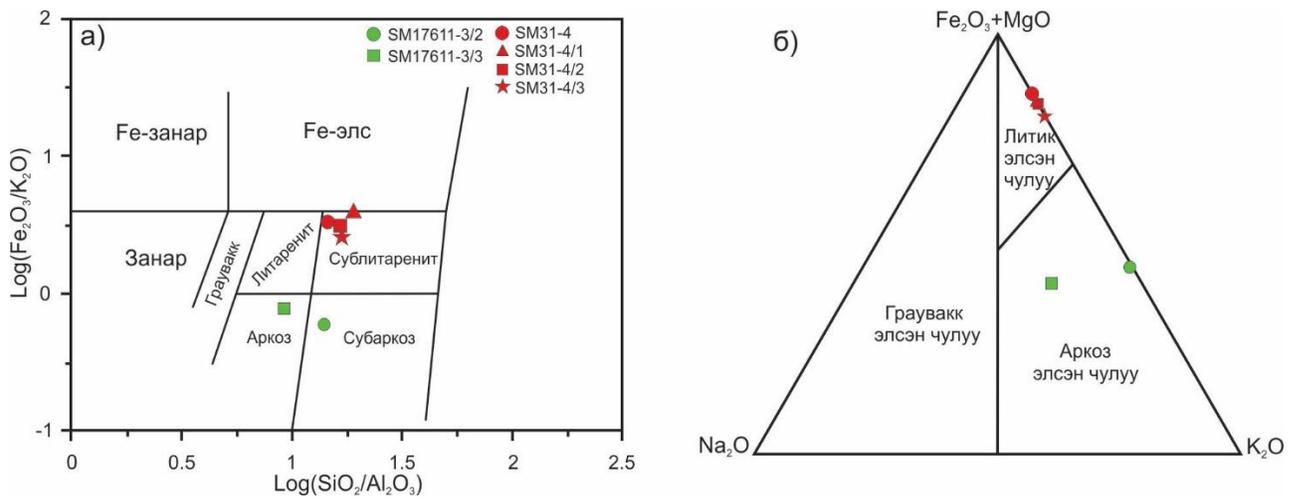
Харин **улаавтар өнгийн элсэн чулуу** (дээж SM31-4) нь бүрэлдэхүүний хувьд цайвар саарал өнгийн элсэн чулуутай ойролцоо бөгөөд эрдсийн хэмхдэс (55-60%) болон цементээс (40-45%) тогтоно. Эрдсийн хэмхдэсээс маш сайн сортлогдсон кварц давамгайлах ба чулуулгийн хэмхдэсээс кварцит, акцессор эрдсээс хүдрийн эрдэс тус тус тохиолдоно (Зураг 61б). Цементлэгч нь карбонат байх ба заагийн төрлийн карбонатаар цементлэгдсэн байна. Чулуулгийг бүрдүүлэгч эрдсийн хэмхдэсүүдийн хэмжээ нь 0.1-0.5 мм-ийн хооронд хэлбэлзэх ба дунд зэргийн мөлгөржилттэй. Чулуулаг нь псаммит структуртай, цул нягт текстуртай байна. Мөн 0.3 мм өргөнтэй карбонатлаг судал ан цаваар хөгжсөн байна.



Зураг 61. Жирэм-Уул формацын элсэн чулууны шлифийн зураг. а) дээж SM17611-3.2, б) дээж SM31-4.1, Өсгөлт (4x)

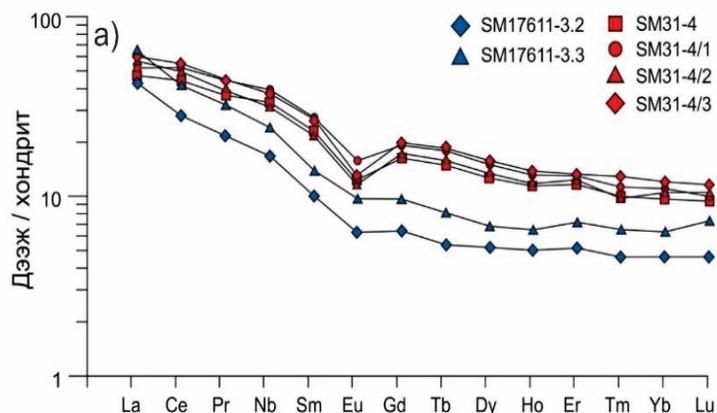
Жирэм-Уул формацын ягаавтар болон цайвар саарал өнгийн элсэн чулууунууд нь чулуулаг бүрдүүлэгч ислүүдийн хэмжээгээрээ хоорондоо эрс ялгарна. Формацын бүрэлдэхүүнд зонхилон тохиолддог ягаавтар өнгийн элсэн чулууны шатаалтын алдагдал 13.61 ба 22.19 хооронд хэлбэлзэж байгаа нь хурдас хуримтлалын дараа үед явагдсан хоёрдогч процесс болох карбонатжилттай (карбонат цемент) холбоотой юм. Шохойлог элсэн чулууны цахиурын ислийн агуулга 43.83-62.06%, бусад чулуулаг бүрдүүлэгч голлох ислүүд болох  $Al_2O_3 = 3.01-3.21\%$ ,  $Fe_2O_3 = 1.85-3.11\%$ ,  $MgO = 0.91-1.78\%$ ,  $CaO = 15.75-26.45\%$ ,  $K_2O = 0,64-0,88\%$  хооронд тус тус хэлбэлзэх бөгөөд харин  $Na_2O$  агуулга 0.01% орчимд байна. Харин формацын бүрэлдэхүүнд мөн багагүй хувийг эзлэх цайвар саарал өнгийн элсэн чулууны цахиур, хөнгөнцагаан болон калийн ислийн агуулга шохойлог элсэн чулууг бодвол харьцангуй өндөр 81.58-87.24%, 6.43-8.96% ба 1.89-2.69% хооронд тус тус хэлбэлзэж байхад кальцийн ислийн агуулга эрс бага 0.77-1.06% байгаа нь тэдгээрийн хурдас хуримтлалын орчин өөр байсаныг харуулна.

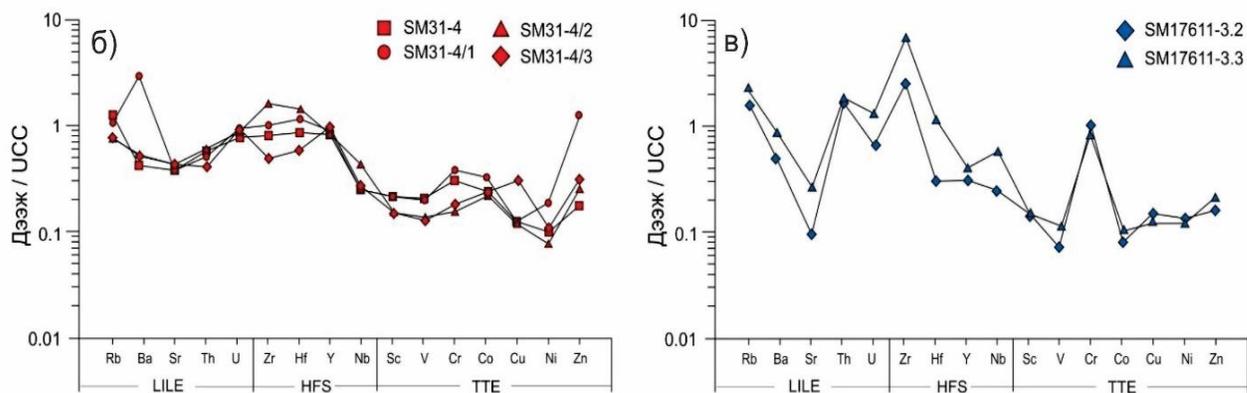
Петрохимийн шинжилгээний дүнд үндэслэн хийсэн элсэн чулууны ангиллын диаграммууд дээрээс Жирэм-Уул формацын шохойлог ба ердийн элсэн чулууунууд нь тус тус литит ба аркозын найрлагатай болох нь харагдана (Зураг 62а, б).



Зураг 62. Жирэм-Уул формацын элсэн чулууны ангиллын диаграммууд а) *Herron et al., 1988*, б)  $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}-(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{MgO})$  (*Blatt et al., 1980*)

Шохойлог элсэн чулууны хувьд ГХЭ-ийн нийлбэр агуулга 75-90 г/т байх бол ердийн элсэн чулууны хувьд харьцангуй бага 46-67 г/т хооронд хэлбэлзэнэ. Si хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн диаграммд дээрх хоёр төрлийн элсэн чулуу нь ХүГХЭ-ийг бодвол ХөгХЭ-ээр баяжсан байхаас гадна ХүГХЭ-ийн харьцангуй тэгш тархалтын хэлбэр ажиглагдана (Зураг 63а). Эх газрын дээд царцдасын (UCC) дундаж утгад нормчилсон олон элементийн спайдер диаграммд Жирэм-Уул формацын литик элсэн чулуунуудад Ва-ийн тод, Zr, Hf ба Zn-ийн сулавтар эерэг гажил илрэх бөгөөд бусад элементүүдээр харьцангуй шавхагдсан байдал илэрнэ (Зураг 63б). Харин аркоз элсэн чулуунуудад Ва-аас гадна Th, Zr, Cr-ийн эерэг гажил Sr, V ба Со-ийн сөрөг гажилтай хавсран илэрч байгаа нь харагдана (Зураг 63в).





Зураг 63. Жирэм-Уул формацын элсэн чулуунуудын а) *С1* хондритийн найрлагаар нормчилсон ГХЭ-ийн тархалтын муруй, б-в) эх газрын дээд царцдасын найрлагаар нормчилсон сарнимал элементүүдийн спайдер диаграмм, Жич: Нормчлолын өгөгдлүүдийг [Sun and McDonough \(1989\)](#) ба [Taylor and McLennan \(1985\)](#) ажлуудаас тус тус авсан болно.

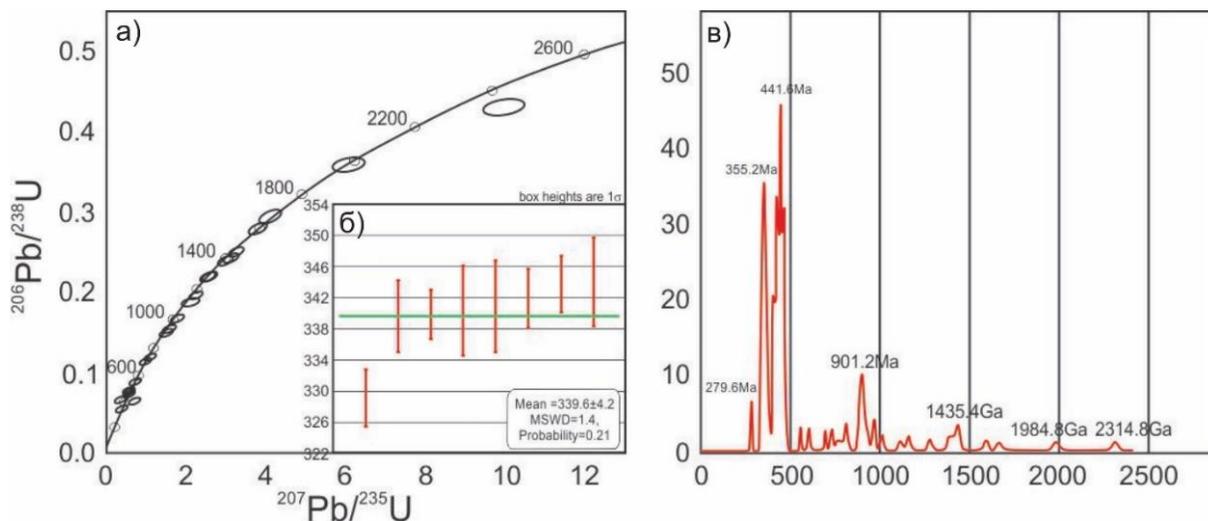
**ГЕОХРОНОЛОГИ.** Жирэм-Уул формацын тунамал зузаалгийн насны асуудлыг шийдвэрлэх зорилгоор Жирэм уулын өмнө талд тархсан цайвар саарал өнгийн литик элсэн чулууны SM17611-4.1 (42°39'41.1"; 108°44'04.7") дээжийг зөөгдмөл цирконы геохронологийн шинжилгээнд хамруулсан. Тус дээжнээс ялгасан 100 цирконы мөхлөгт LA-ICP MS-ийн аргаар хэмжилт хийснээс 75 ширхэг цирконы мөхлөг нь 95% дээш нарийвчлалтай конкорд өгөгдлүүд байв. Катодлюминесценцийн зургаас харахад эдгээр цирконууд нь 120 μm хүртлэх хэмжээтэй, ихэнхдээ тод илэрсэн бүслүүрлэг тогтоцтой байгаагийн зэрэгцээ Th/U харьцаа нь 0.2 ба 1.1 хооронд хэлбэлзэж байгаа нь тэдгээрийг маагмын гаралтай циркон болохыг харуулна (Зураг 64).



Зураг 64. Жирэм-Уул формацын элсэн чулууны SM17611 дээжийн цирконуудын катодлюминесценцийн зураг. Тайлбар: 53 (344 с.ж) (53-цирконы дугаар, 344 с.ж-цирконы U-Pb нас, с.ж)

Дээр дурдсан цирконуудад U–Pb-ны аргаар хийсэн үнэмлэхүй насны хэмжилтээр түүний бүрэлдэхүүнд  $2524 \pm 36$  с.ж.-ээс  $279 \pm 3$  с.ж хүртэлх настай цирконууд тогтоогдсон нь гол пик нь 355 с.ж, 442 с.ж ба 901 с.ж дээр төвлөрөн байрлах үнэмлэхүй

насны 3 популяцийг үүсгэнэ (Зураг 65а, б). Мөн хэдийгээр пик үүсгэхгүй боловч 1435 с.ж, 1984 с.ж ба 2314 с.ж-ийн настай бүлэг цирконууд байгаа нь цирконуудын үнэмлэхүй насны тархалтын гистограммаас тод харагдана (Зураг 65б). Цирконуудын үнэмлэхүй насны өгөгдлүүдийг морфологийн онцлогтой нь харьцуулан үзвэл өнцөглөг, муу мөлгөржсөн, призмлэг цирконууд нь залуу буюу 329 - 420 с.ж настай, нилээд мөлгөржсөн, хагас дугуй, нийлмэл бүслүүрлэг тогтоцтой цирконууд нь 421 с.ж-ээс эртний настай байгаа ерөнхий зүй тогтол ажиглагдана.



Зураг 65. Жирэм-Уул формацын элсэн чулууны SM17611 дээжний зөөгдмөл цирконуудын а) U–Pb-ийн насны конкордийн диаграмм, б) үнэмлэхүй насны тархалтын гистограмм, в) хамгийн залуу популяцийн насны дундаж өгөгдөл.

Жирэм-Уул формацын элсэн чулууны хувьд  $279 \pm 3$  с.ж-ийн настай ганцхан циркон байгаа бөгөөд энэхүү циркон нь Th/U харьцаа нь 0.94 боловч морфологийн шинжээрээ дахин талсжилтанд автсан метаморф циркон болох нь тогтоогдсон учир  $329 \pm 4$  ба  $344 \pm 6$  с.ж хооронд нас нь хэлбэлзэх хамгийн залуу популяцийн насны дундаж болох  $339.6 \pm 4.2$  с.ж-ийн өгөгдлөөр тус формацын хурдас хуримтлалын насны доод хязгаарыг тогтоолоо. Энэ нь Жирэм-Уул формацын насыг доод карбоны визейн стейжэд хамааруулах боломжтойг харуулж байна. Мөн элсэн чулууны цирконуудын бүрэлдэхүүнд доод силур, доод неопротерозойн цирконууд нилээд хэмжээгээр тохиолдож байгаа нь бүс нутгийн хэмжээнд тархсан тухайн насны эх үүсвэрүүдээс зөөгдөж ирсэн болохыг харуулна. Мөн цөөн ч гэсэн дунд мезопротерозой, палеопротерозой ба архейн цирконууд тогтоогдсон нь сонирхолтой юм.

### ЭХ ҮҮСВЭР, ХУРДАС ХУРИМТЛАЛЫН ГЕОДИНАМИК ОРЧИН.

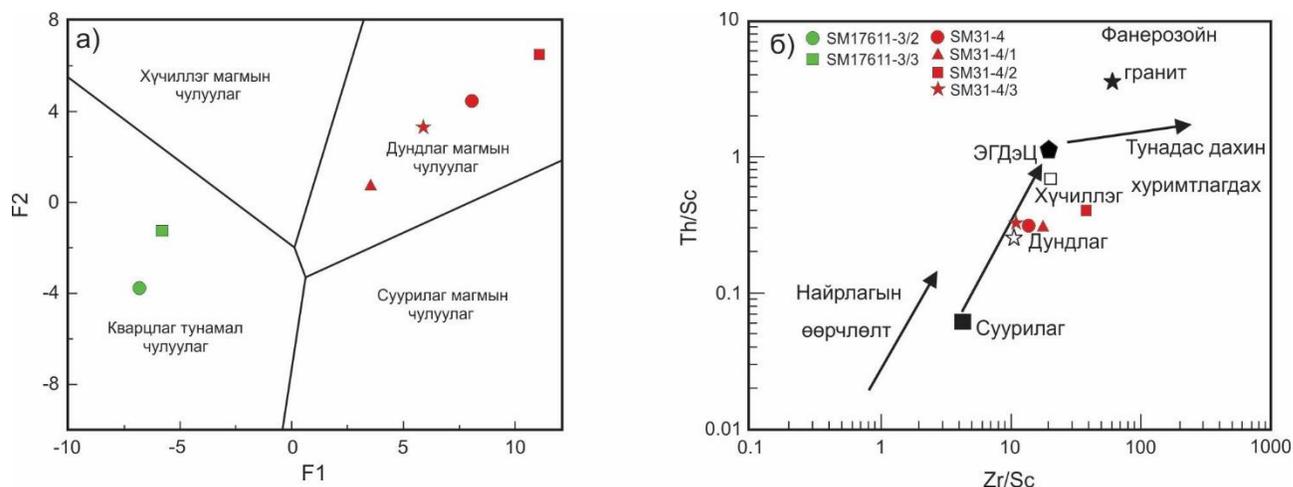
Жирэм-Уул формацын бүрэлдэхүүнд зонхилох хувийг эзэлдэг литик элсэн чулуунууд нь хоёрдогч карбонатжилтын процессд эрчимтэй автсан (шатаалтын алдагдал 13.61-22.19%), кальцийн ислийн харьцангуй өндөр агуулгатай (15.75-26.45%) байгаагаас үүдэн тунамал чулуулгийн эх үүсвэрийн судалгаанд нийтлэг ашиглагддаг химийн өгөршлийн ба найрлагын өөрчлөлтийн индекс (Cox et al., 1995) зэрэг чулуулаг

бүрдүүлэгч ислүүд дээр үндэслэсэн зарим аргачлалуудыг ашиглахад тохиромжгүй байсан. Иймээс бид элсэн чулууны эх үүсвэр болон геодинамик орчныг тодруулахдаа хурдсын сарнимал элементүүдийн агуулга болон харьцааны онцлог дээр тулгуурласан аргачлалуудыг голлон ашигласан болно.

Тус формацын элсэн чулуунууд нь хүчиллэг чулуулагт харьцангуй их хэмжээгээр агуулагддаг ХөгХЭ, Ва болон Zr-оор баяжсан, харин суурьлаг чулуулагт элбэгээр агуулагддаг V, Co, Ni ба Cr зэрэг элементүүдээр харьцангуй шавхагдсан байгаа нь геохимийн шинжилгээний дүнгээр тогтоогдлоо (Зураг 63).

Аркоз ба литик элсэн чулуунуудад Cr/Zr харьцаа 0.23-0.73 ба 0.17-0.69 буюу дунджаар 0.5 байгаа нь тэдгээрийг хүчиллэг эх үүсвэртэй болохыг харуулна. Гэхдээ Zr-ийн агуулга аркоз элсэн чулуунд 294-785 г/т байх бол литик элсэн чулуунд харьцангуй бага, 56-189 г/т, дунджаар 114 г/т (UCC = 190 г/т, PAAS = 210 г/т) байгаа нь аркоз элсэн чулууны эх үүсвэрт дундлаг-суурилаг чулуулгийн оролцоо байгааг илэрхийлнэ. Энэ нь түүний эх газрын дээд царцдасын (UCC) дундаж утгад нормчилсон олон элементийн спайдер диаграммд V ба Co-ийн сөрөг гажил илэрч байгаатай нийцэж байна (Зураг 63в).

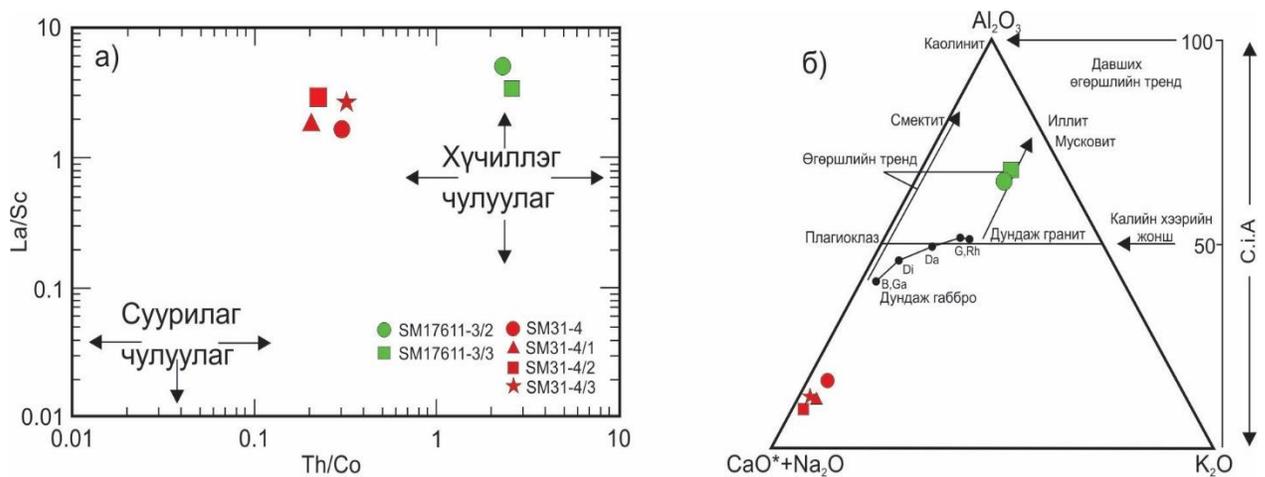
Судалгааны талбайд тархалттай элсэн чулууны эх үүсвэрийн төрлийг тодорхойлох F1 ба F2 болон Zr/Sc ба Th/Sc харьцааны диаграммууд дээр Жирэм-Уул формацын дээр литик элсэн чулуу нь дундлаг маагмын чулуулгаас, харин аркоз элсэн чулуу нь кварцлаг тунамал чулуулгийн эх үүсвэртэй байна (Зураг 66а, б).



Зураг 66. Жирэм-Уул формацын элсэн чулууны эх үүсвэрийн а) F1 ба F2 диаграмм (Roser & Korsch, 1988), б) Th/Sc болон Zr/Sc харьцааны диаграмм (McLennan et al., 1993)

Мөн хүчиллэг (Th, La) ба суурьлаг (Sc, Co) чулуулагт агуулагдах онцлогт нь тулгуурлан боловсруулсан (McLennan et al., 1980; Cullers, 2002) Th/Co ба La/Sc харьцааны дискриминацийн диаграмм дээр Жирэм-Уул формацын литик ба аркоз элсэн чулуунууд нь гарал үүслээрээ ялгаран байрлана (Зураг 67а). Дээр дурдсан элсэн чулуунуудын гарал үүслийн ялгаа нь өгөршлийн чиглэлийн диаграмм (Nesbitt and Young., 1984) дээр ч мөн ялгаран харагдана (Зураг 67б).

Ийнхүү литик ба аркоз элсэн чулуунууд нь гарал үүсэл болон хурдас хуримтлалын орчноороо ялгаатай болох нь тэдгээрт агуулагдах сарнимал элементүүдийн агуулга болон харьцаанаас харагдаж байна. Иймээс тунамал хурдсын хуримтлагдсан орчин, өөрөөр хэлбэл усны гүн болон зөөгдлийн хол ойрыг тодорхойлоход ашиглагддаг уламжлалт аргуудыг ашиглаж үзлээ.

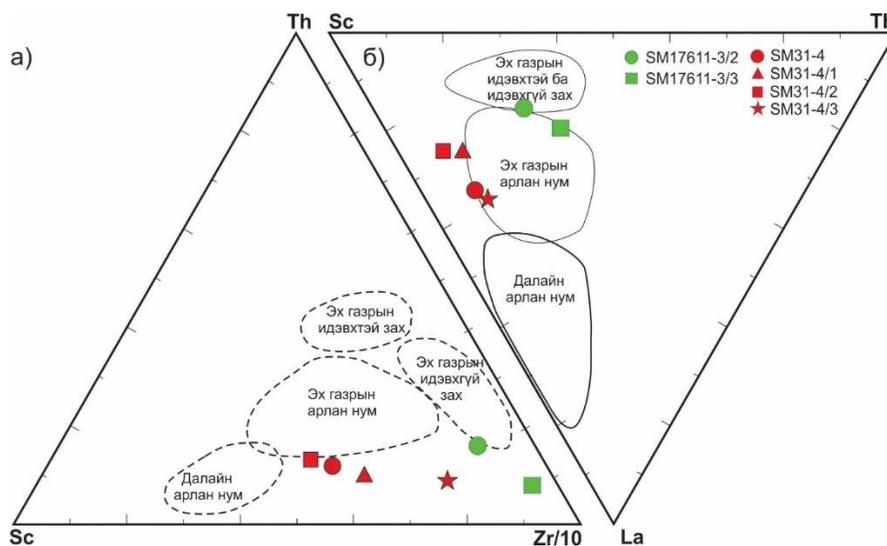


Зураг 67. Жирэм-Уул формацын элсэн чулуунуудын гарал үүслийн а) Th/Co ба La/Sc дискриминацийн диаграмм (Cullers, 2002), б) Өгөршлийн чиглэлийн диаграмм (Nesbitt and Young, 1984)

Тунамал хурдсанд агуулагдах Fe/Mn харьцаа 40-өөс бага бол гүн усны, 40-80 бол гүехэн усны, 80-160 эрэг орчмын гэж үздэг. Учир нь хурдас хуримтлал явагдсан усны гүн ихсэх тусам тунамал хурдас уснаас марганцыг шингээх явц ихэсдэг. Иймээс гүн усны хурдас хуримтлалд Fe/Mn харьцаа бага байдаг. Жирэм-Уул формацын аркоз элсэн чулуунд Fe/Mn харьцаа 126-234, харин литик элсэн чулуунд 35-40 байгаа нь аркоз элсэн чулууг эрэг орчмын гүехэн усны нөхцөлд, харин литик элсэн чулууг гүн усны нөхцөлд үүссэн болохыг тус тус харуулна. Ti/Zr харьцаа нь тунамал хурдсын хир хол зөөгдсөн талаар мэдээлэл өгдөг. Өөрөөр хэлбэл холоос зөөгдөх тусам энэ харьцааны утга багасдаг. Учир нь хир холоос зөөгдөнө, тэр хэмжээгээр титаны эрдсийг бодвол циркон илүү тогтвортой байж хурдсанд хуримтлагддаг. Ti/Zr харьцаа Жирэм-Уул формацын аркоз элсэн чулуунд 2-3, харин литик элсэн чулуунд 20-39 байна. Энэ бүгдээс дүгнэж үзвэл Жирэм-Уул формацын аркоз элсэн чулуу нь харьцангуй холоос зөөгдөж эрэг орчмын гүехэн усны нөхцөлд үүссэн, харин литик элсэн чулууны эх үүсвэр ойрхон, гүн усны нөхцөлд үүссэн байна.

Геохронологийн шинжилгээний дүнгээр тус формацын элсэн чулууны цирконуудын бүрэлдэхүүнд 442 с.ж дээр гол пик нь төвлөрсөн популяци зонхилж байгаа нь тэдгээрийн эх үүсвэрт силурийн Хатанбулаг бүрдлийн гранитоидийн өгөршил ба зөөгдөл голлох үүргийг гүйцэтгэсэн байж болохыг харуулна. Харин цирконуудын бүрэлдэхүүнд 901 с.ж, 1435 с.ж, 1984 с.ж ба 2314 с.ж-ийн настай бүлэг цирконууд тогтоогдож байгаа нь талбайн зүүн талд голчлон тархалттай эртний метаморф бүрдлүүдээс зөөгдсөн байж болно.

Тунамал хурдсын найрлага дахь голлох элементүүдийн хэмжээ нь хурдас хуримтлал ба эх үүсвэр мужийн төрөл, геодинамик нөхцлөөс хамаардаг учраас тэдгээр өгөгдлүүдийг ашиглан геодинамик нөхцлийг тодруулах боломжтой байдаг (Bhatia, 1983; McLennan and Taylor, 1991). Энэхүү зорилгоор холбогдох боловсруулалтыг хийж үзэхэд тунамал чулуулгийн тектоник орчныг тогтоох Th–Sc–Zr/10 ба La–Th–Sc (Bhatia and Crook, 1986) диаграммууд Жирэм-Уул формацын элсэн чулуунуудыг эх газрын нумын дээрх сав газрын хэмжээнд үүссэн болохыг харуулна (Зураг 68).



Зураг 68. Тунамал чулуулгийн тектоник орчныг тогтоох Th–Sc–Zr/10 and La–Th–Sc диаграммууд (Bhatia and Crook, 1986)

Дээр дурдсан бүхнээс авч үзвэл Жирэм-Уул формацын элсэн чулуунууд нь  $339.6 \pm 4.2$  с.ж-ээс хожуу буюу доод карбоны визейн стейжэд эх газрын нумын дээрх сав газрын хэмжээнд үүсжээ. Энэ цаг хугацаа нь Өмнөд Монголын хэмжээнд дээд девоноос доод карбонд явагдсан Хатанбулагийн эртний массивын Цагаан Уулын блок Төв Монголын бичил тив рүү шургах явцад үүссэн эх газрын идэвхтэй захын нөхцөл бий болсон цаг хугацаатай дүйж байгаа бөгөөд энэ үйл явцтай холбоотойгоор ихээхэн хэмжээний вулканоген чулуулгийн бялхалт явагдаж интрузив массивууд үүссэн болох нь тогтоогдсон байдаг (Wainwright et al., 2011; Zhang et al., 2019).

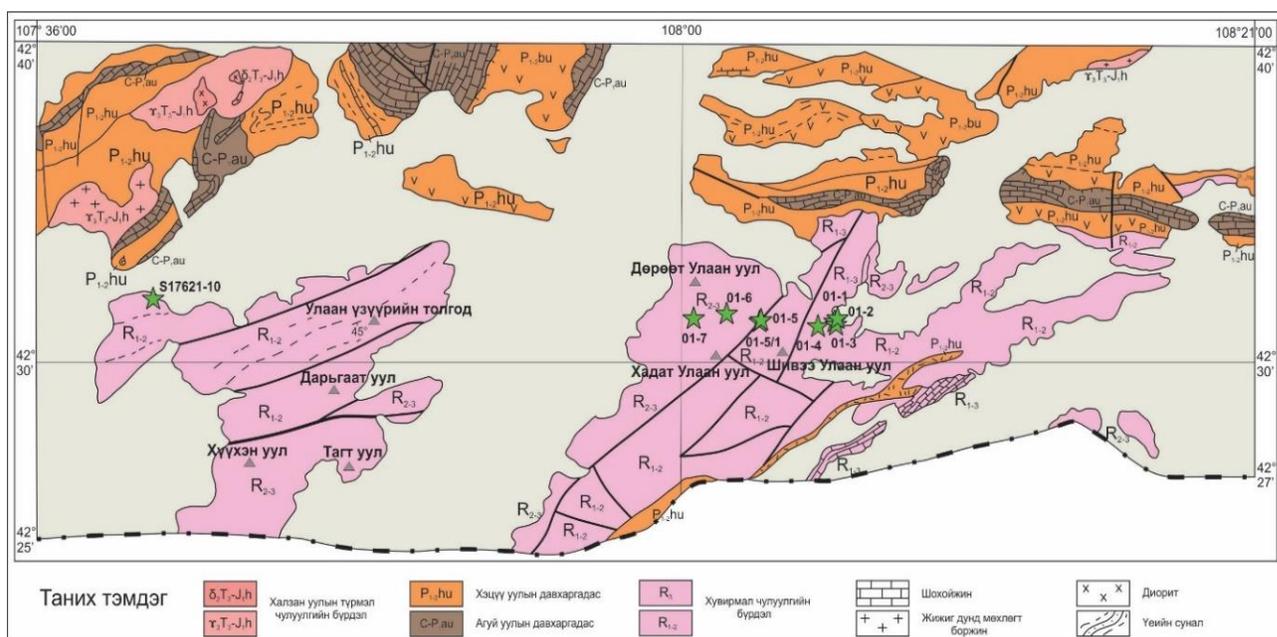
Өмнөд Монголын эртний массивын хучаас бүрдэл Жирэм-Уул формацын хээрийн геологийн ажиглалт, геохими, мөн зөөгдмөл цирконуудын U-Pb судалгааны үр дүнд дараах гол дүгнэлтүүдийг хийж байна. Үүнд:

Жирэм-Уул формацын шохойлог ба ердийн элсэн чулуунууд нь литик ба аркозын найрлагатай бөгөөд литик элсэн чулуунууд нь дундлаг маагмын чулуулгаас эх үүсвэрээс зөөгдөж гүн усны нөхцөлд хуримтлагдсан бол аркоз элсэн чулуу нь кварцлаг тунамал чулуулгийн эх үүсвэрээс зөөгдөж эрэг орчмын гүехэн усны нөхцөлд үүсжээ. Жирэм-Уул формацын элсэн чулуу нь доод карбоны визейн цаг үед эх газрын нумын дээрх сав газрын хэмжээнд үүссэн бөгөөд тэдгээрийн эх үүсвэрт силурийн Хатанбулаг бүрдлийн гранитоид болон эртний метаморф хурдсын өгөршил ба зөөгдөл голлох үүргийг гүйцэтгэсэн болохыг тогтоолоо.

### 3.1.3. ДАРГИАТ УУЛЫН ДҮҮРЭГ

Даргиат уулын дүүрэгт доод-дунд протерозойн Даргиат формацад ангилагдсан хурдас Хүүхэн хар уул, Шувуун хүрэнгийн толгод, Даргиат уул, Улаан үзүүрийн толгод, Билгэхийн толгод, Хар толгой, Хөх толгой, Улаан толгой, Морьт уул, Битүү уул, Могойтын толгод, Сүүж урдын хэсэг, Тоосгонтын гүвээ зэрэг газруудын орчимд буюу улсын хил дагуу зураглагдсан байдаг (Зураг 69).

Тус формацыг өмнөх судлаачид Сулинхээрийн бүсэд хамааруулж ирсэн боловч академич О.Төмөртоогогийн Монгол орны 1:500000 масштабын геологийн зураг болон тайлбар бичигт тусгасан Монгол орны нутаг дэвсгэрийн тектоник дүүрэгчлэлийн (Төмөртоого, 2017) дагуу Хатанбулагийн эртний массивын Хутаг Уулын блокийн бүрэлдэхүүнд зураглагдсан байдаг.



Зураг 69. Судалгааны талбайн геологийн зураг. Галбын говийн талбайд явуулсан геологийн цогцолбор судалгааны 1987-1995 онд гүйцэтгэсэн 1:200000 масштабын геологийн зураглалын ажлаар зохиогдсон геологийн зургаас авав (Бүрэнхүү нар 1995, 4877Ф).

Ногоон саарал, хүрэн саарал өнгийн кварц-биотитот, кварц-биотит-актинолитот, кальцит-хлорит-эпидотот занарууд, кварцит болон хоёр гялтгануурт занар зэрэг метаморф чулуулгаас тогтсон тус зузаалгийг 1:200000 масштабын зураглалын ажлаар Бүрэнхүү нар (4877Ф) ямар нэг амьтан ургамлын үлдвэргүй учир геологийн байршил болон литологийн харьцуулалтанд үндэслэн доод-дунд рифейн ангилагдаагүй зузаалагт ялгажээ. Харин 1:50000 масштабын геологийн ерөнхий эрэл, зураглалын ажлаар Алтангэрэл нар (5168Ф) улсын хилийн дагуу буюу Даргиатын структурын бүсэд тархсан эдгээр хувирмал чулуулгуудыг мөн доод-дунд болон дээд рифейн түвшинд ялгажээ. Нийт зузааныг 4000 – 6000 м гэж үзсэн (5168Ф). Харин хожим явагдсан УГЗ-200 төслөөр (Цэнддорж нар., 2006Ф) Даргиат формацын тархалт болон насанд нилээд өөрчлөлт орсныг дурдвал, Жаргалантын хөндийн зүүн урд талд илэрдэг хэсгийг дунд

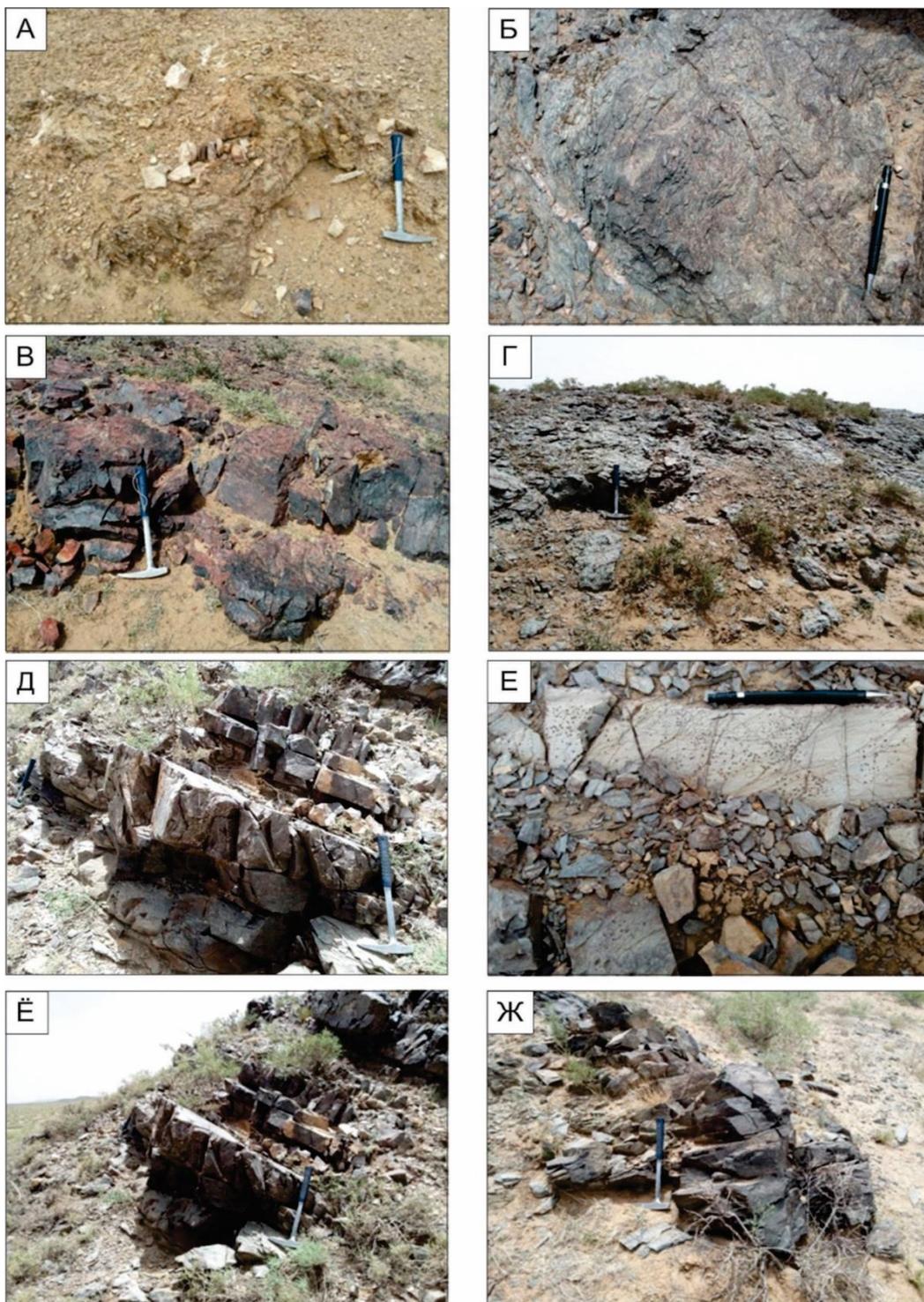
пермд, харин Даргиат уул, Шар хад уул, Жирмийн шар уул орчимд тархсан хэсгийг дээд карбон-доод пермийн цахиурлаг-занарын Даргиат формацад, харин тус зузаалгийн К-49-1 хавтгай дахь шууд үргэлжлэлийг Гантөмөр нар (2005) дунд неопротерозойн Даргиат формацад тус тус ангилжээ. Дээр дурдсанаас авч үзвэл өмнөх зураглалын ажлуудаар Даргиат формацын нас ба тархалтын асуудал бүрэн шийдвэрлэгдээгүйн зэрэгцээ УГЗ төслөөр хийгдсэн 1:200000 масштабын геологийн зурагт формацын нас зэргэлдээ орших хоёр хавтгайн хэмжээнд зөрөөтэй тусгагдсан байгааг харж болно.

## **ГЕОЛОГИЙН ТОГТОЦ.**

Судалгааны талбайд тархсан эртний метаморф чулуулгууд нь ихэвчлэн өргөргийн дагуу ба зүүн хойш сунаж 2.5 - 10 км өргөн зурваст 10 - 30 км хүртэл км үргэлжлэх, голдуу хагарлууд дагаж тектоникийн янз бүрийн блокод өөр өөр насны түрмэл чулуулгуудаар зүсэгдэж, залуу насны тунамал, бялхмал зузаалгаар хучигдаж түүний доороос том жижиг гарш, үлдэц, тектоникийн давхраас байдлаар илэрнэ (5168Ф). Уг хурдас нь төрөл бүрийн занар, төмрөөр баяжсан кварцит, хувирмал терриген чулуулаг, заримдаа гантигжсан шохойн чулууны нимгэн мэшил үеэс бүрдэнэ. Эдгээр чулуулаг бараан саарал, улаан хүрэн, боровтор ногоон өнгийн ногоон занарын фацид хувирсан зүүн хойш, өргөргийн дагуу сунаж тогтсон, суналын дагуу хагарлуудаар хэрчигдэж нийлмэл атираажил үүсгэсэн байна. Даргиатын дүүргийн түрүү-дунд протерозойн хувирмал чулуулаг нь давхаргазүйн хувьд доод протерозойн хурдастай шууд зааглаж буй хил зааг ажиглагдаагүй. Харин Гүн тойрмын орчимд палеопротерозойн хурдастай өнцгийн үл нийцлэгээр байрлаж зарим хэсэгтээ хагарлаар зааглагдана (5168Ф).

Зүүн тогоо уулын зүүн урд хэсгээр багахан талбайд доод-дунд рифейн хувирмал занар цонх байдлаар илэрсэн байх бөгөөд энд бичил атираажил бүхий ногоон занар, төмөржсөн кварцит, гантигжсан шохойн чулууны үеүд ажиглагдана. Уг хурдас нь бусад насны чулуулгуудтай шууд заагласан харьцаа ажиглагдахгүй бөгөөд ихэвчлэн хагарлаар тусгаарлагдахаас гадна, хил зааг орчмын нилээд хэсэг нь сэвсгэр хурдсаар хучигдсан байх тул доод, дээд хил зааг тодорхойгүй.

Хээрийн судалгааны ажлын явцад Шивээ Улаан уулын хойд хэсгээс (дээж SM-01/1-SM-1/4) дээжлэлт хийсэн бөгөөд гаршийн хувьд илрэц муутай (Зураг 70а-г), элсээр хучигдсан байдалтай, газар дээрээ жижиг атираажилтанд орсон ногоон занар байх бөгөөд заримдаа төмрийн исэлд ихээхэн автсан цахиурлаг чулуулаг тааралдана. Бидний явуулсан хээрийн судалгааны ажлаар Даргиат формацын бүрэлдэхүүнд төрөл бүрийн занар, төмрөөр баяжсан кварцит, метаэлсэн чулуу, метаалевролит зонхилж, мөн гантигжсан шохойн чулууны мэшил болон нимгэн үе тохиолдоно. Эдгээр чулуулаг нь ерөнхийдөө зүүн хойш болон бараг өргөрөгийн дагуу сунаж тогтсон, суналын дагуу хагарлуудаар хэрчигдэж нилээд атираажсан байдал ажиглагдана (Зураг 70а-г).

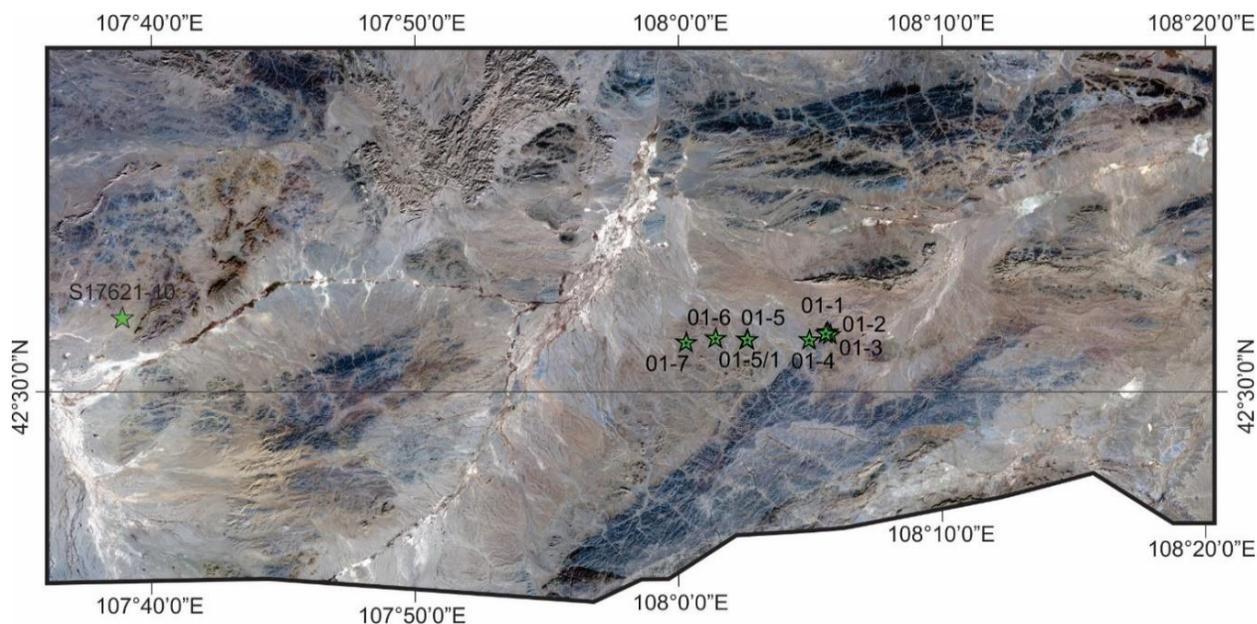


Зураг 70. Даргиат формацын голлох чулуулгуудын гаршийн зураг. а) б) Кварц-хлоритот ногоон занар (SM01/2), в) Кварцит (SM01/3), г) Кварц хлоритот занар (SM01/4), д) Кварц-серицитэт занар (SM01/5), е) Кварц-серицитэт занар (SM01-5/1), ё) Кварц-серицитэт занар (SM01/6), ж) Кварц-серицит, хлоритот занар (SM01/7)

Харин Хадат Улаан уулын хойд талд, Дөрөөт Улаан уулын зүүн өмнөд талд (дээж SM-1/5-SM-1/7) шаварлаг занар (унал нь 195/30°) бор өнгийн жижиг ширхэгтэй элсэн чулуутай салаавчлан байрлах бөгөөд энэ нь зузаалгийн нилээд хэсгийг

бүрдүүлдэг. Мөн атираажилтанд автаж бага зэрэг хувиралд орсон хар бараанаас ногоовтор өнгийн хлорит-серицитэт занар газрын гадарга дээр цухуйц байдлаар энд тэнд ажиглагдана (Зураг 70д-ж). Уг газруудад тархсан занар нь гадаргад гарш маш муу байдаг бөгөөд өгөршлийн үйл явцад бутарч цахиурын хэмхдэсүүд гадаргыг бүрхэж хучих бөгөөд хуурай сайр жалгуудаар шаравтар, ногоовтор, хөх саарал хлорит-серицитэт занар хувирмал элсэн чулуу зонхилон илэрнэ. Хурдсын ерөнхий сунал өргөргийн дагуу сунасан гүний хагарлыг дагаж зэрэгцээ байрлалтай хагарлаас алслагдах тусмаа сунал нь зүүн хойш шилжиж байдаг. Уг хурдсын харагдах зузааныг 3000 м орчим гэж үзсэн байдаг (Алтангэрэл нар, 5168Ф).

Өмнөх зураглалын ажлын явцад хийгдсэн агаар, сансрын зургийн тайлалаас авч үзвэл занар нь нэгэн жигд бараан саарал дэвсгэр өнгөтэй, иржгэр зурагламжтай байх ба тектоник хагарал эвдрэлд өргөн автсан тул баруун урагш болон баруун хойш чиглэлтэй хагарал, ан цавууд сайн тайлагддаг байна. Бид хээрийн судалгааны ажлын явцад Даргиат формацын хурдас өргөн тархсан өмнөд хэсэг буюу хилийн зурвас хэсэгт ажиглалт хийх боломжгүй байсан тул зөвхөн хойд зах хэсгээр ажилласан болно (Зураг 71).



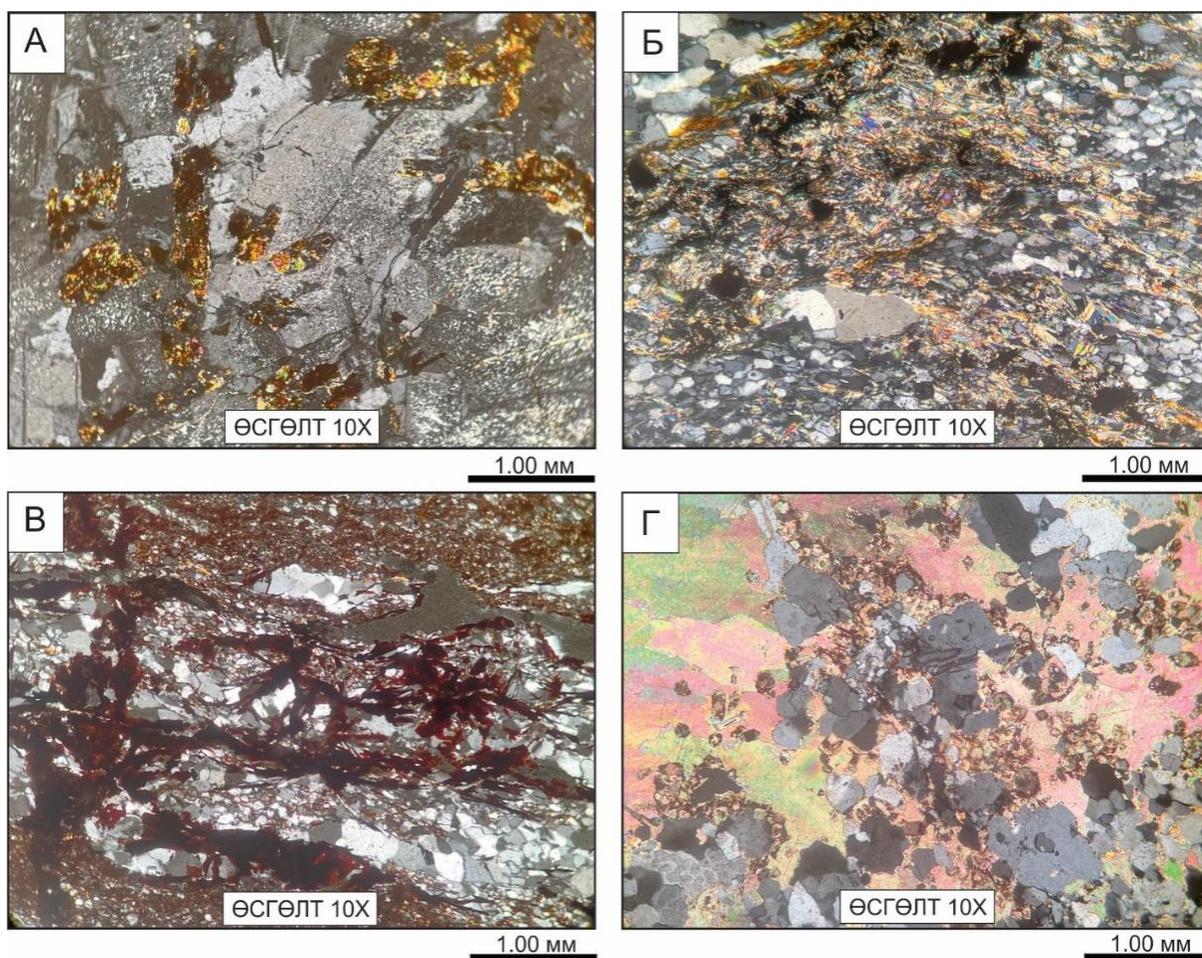
Зураг 71. Судалгааны талбайн сансрын зураг

## ПЕТРОГРАФИ.

**Ногоон занар** (дээж SM01-1). Бор шаргалдуу өнгөтэй чулуулаг нь эрдсийн хэмхдэс (80-85%), хүртэлх ховроор эпидот, хлоритоос (15-20%) тогтоно. Голлох эрдсээс плагиоклаз тааралдах бөгөөд серицитэд хувирсан урт сунасан призмлэг маягийн хэлбэртэй 0.25-0.5 мм хүртэлх хэмжээтэй байх ба кварц нь (5-10%) – 0.30-0.1 мм хэмжээтэй зөв бус хэлбэртэй байна. Серицит, хлорит нь чулуулгийн ан цаваар түрэгдсэн байдалтай байна. Амфибол нь урт сунасан, зарим хэсэгтээ эпидот болон карбонатат хувирсан байна. Хүдрийн эрдэс цөөн байна (Зураг 72а).

**Дээж (SM01/2, SM01/4).** Даргиат формацын ногоон занарууд нь кварц (70-75%), ба хлорит серицит (25-30%) тогтоно. Хэмхдэсүүд нь 0.02-0.45 мм хэмжээтэй, занарлаг текстуртай байна. Эрдсийн хэмхдэсийн бүрэлдэхүүнд кварц давамгайлах бөгөөд жижиг дунд мөхлөгтэй дунд зэргийн мөлгөржилттэй, сунасан тогтоцтой байна. Хлорит, серицит нь (25-30%), мөн занаршилтын дагуу сунасан заримдаа агрегатлаг бүтэцтэй болсон нь ажиглагдаж байна. Уг чулуулаг нь деформацад нилээн автсан ан цав судлуудаар хлорит зөв бус хэлбэртэй байна. Мөн хүдрийн эрдэс болон циркон агуулна (Зураг 72б, г).

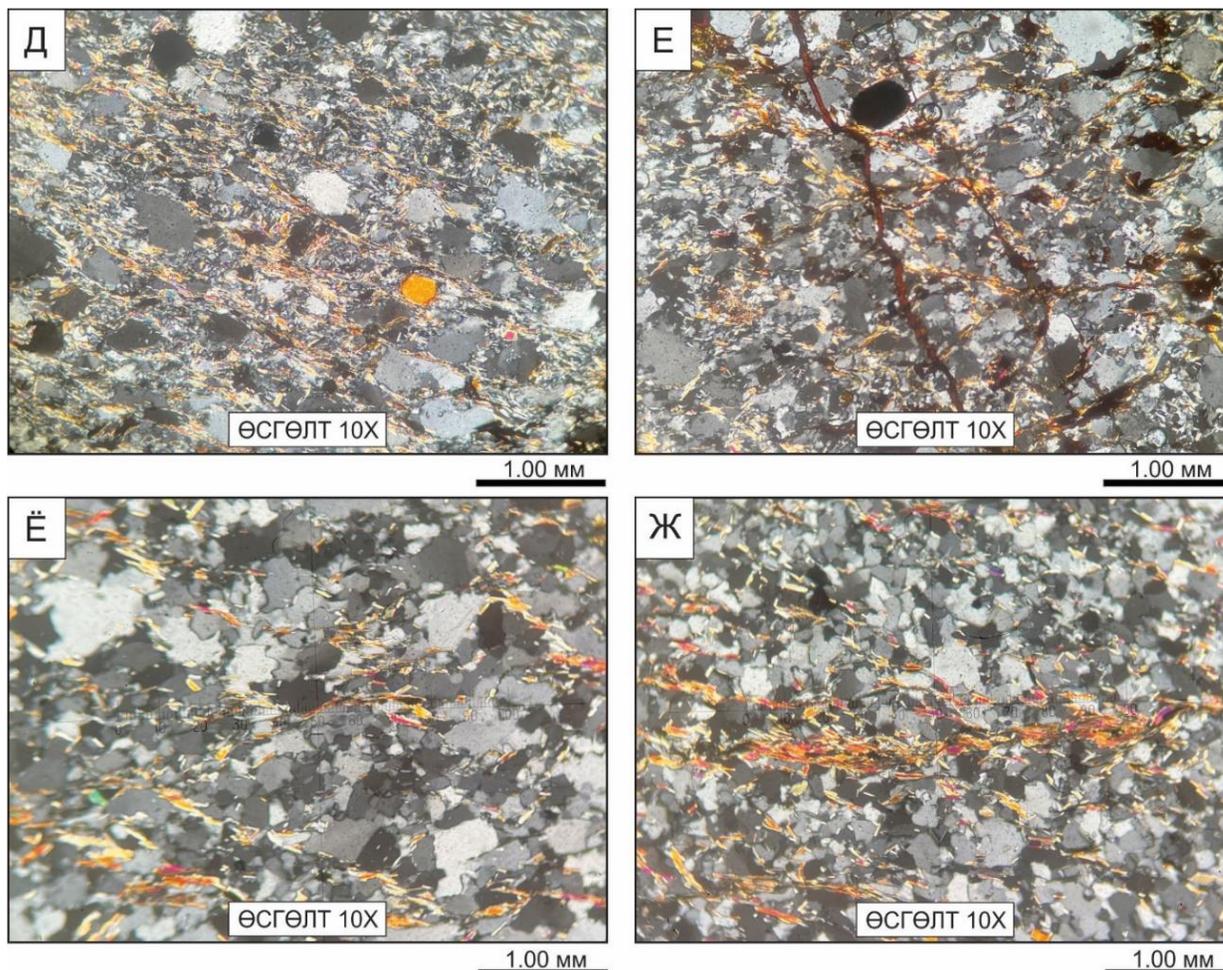
**Кварцит (дээж SM01-3).** Улаан хүрэн өнгөтэй, дунд ширхэгтэй 0.1-0.2 мм хүртэлх хэмжээтэй зөв бус хэлбэртэй кварц (70-75%) давамгайлсан байна. Харин улаан хүрэн өнгийн төмрийн исэл нь (25-30%) ан цаваар нэвчсэн байна. Цул нягт текстуртай эрдсүүд нь өнцөглөсөн зөв бус хэлбэртэй байна (Зураг 72в).



Зураг 72. Даргиат формацын ногоон занар болон кварцитын шлифийн зураг. а) б) Кварц-хлоритот ногоон занар (SM01/2), в) Кварцит (SM01/3), г) Кварц хлоритот ногоон занар (SM01/4)

**Занаржсан метаэлсэн чулуу** (дээж SM01-5, SM01-5/1, SM01-6, SM01-7). Уг метаэлсэн чулуу нь кварц (50-55%), серицит болон мусковит, хлорит (40-45%), хүдрийн эрдэс (>5%) зэргээс тогтох бөгөөд занарлаг текстуртай. Хэмхдэсүүд нь мөн 0.025-0.25 мм хэмжээтэй, бага зэрэг мөлгөржсөн байгаа нь ажиглагдана. Чулуулаг нь ан цаваараа

серицитээр нэвчсэн байна. Эрдсийн хэмхдэсээс кварц (50-55%), давамгайлах ба бага хэмжээгээр хлорит, мөн биотит ажиглагдаж байна. Биотитийн мөхлөг 0.040 мм хэмжээтэй сунасан хэлбэртэй. Кварцийн мөхлөгүүд зөв бус хэлбэртэй байна. Ан цаваар нь төмрийн усан исэл нэвчсэн. Акцессор эрдсүүдээс циркон ховроор ажиглагдана (Зураг 73).

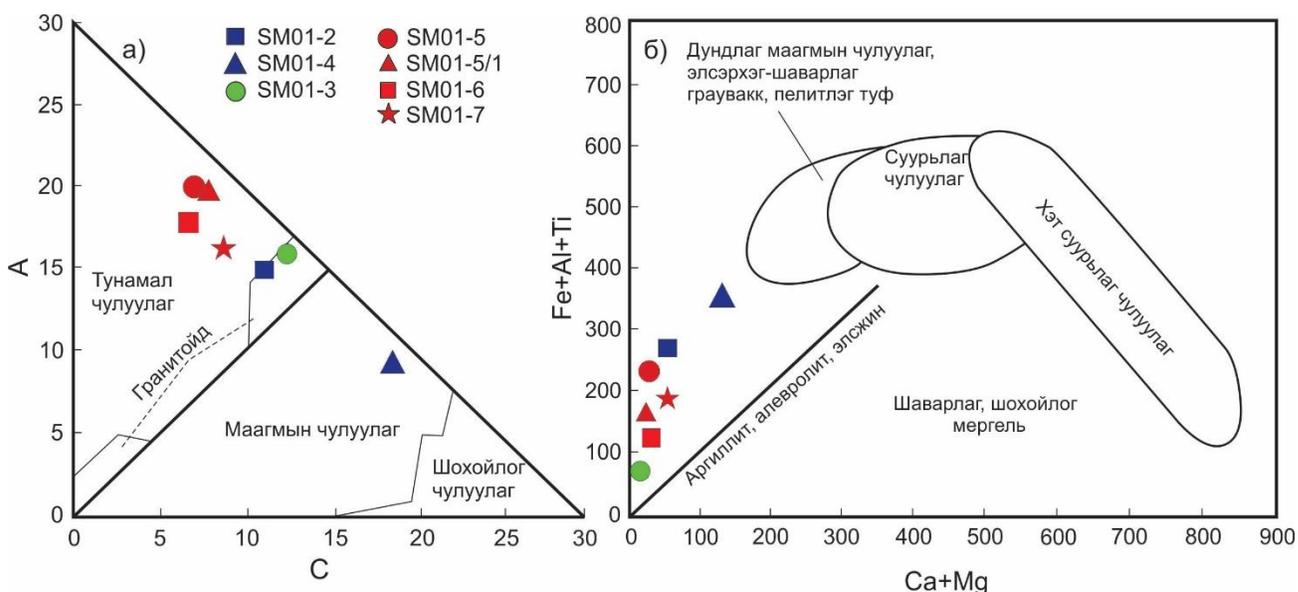


Зураг 73. Даргиат формацын голлох чулуулгуудын шлифийн зураг д-ж) (кварц-серицитэт) метаэлсэн чулуу (SM01/5, SM01-5/1, SM01/6, SM01/7)

**МЕТАМОРФ ЧУЛУУЛГУУДЫН ПРОТОЛИТ.** Хээрийн ажлын явцад хийсэн макро ажиглалт болон петрографийн судалгааны үр дүнгээс авч үзэхэд Даргиат Уулын дүүргийн метаморф зузаалгийн бүрэлдэхүүнд деформацид хүчтэй автсан микро атираажилт үүссэн ногоон занар, гялтгануурт занар болон кварцит зонхилно. Эдгээр чулуулгуудын петрографийн судалгаанд үндэслэн ногоон занар болон гялтгануурт занарууд нь тунамал чулуулгаар үүссэн байж болох юм.

Метаморфизмын явцад даралт болон температурын нөлөөгөөр чулуулгийн анхдагч тогтоц бүрэн болон хэсэгчлэн арилдаг. Иймээс метаморф чулуулгийн анхдагч протилитийн найрлага, гарал үүсэл, үүслийн геодинамик нөхцлийг тогтооход тэдгээрийн химийн найрлагын онцлогт тулгуурласан төрөл бүрийн аргачлалыг ашигладаг. А.Нематовын диаграмм нь чулуулгийн химийн шинж дээр үндэслэн орто

болон пара чулуулгийг ялгах боломж олгодог. Харин Б.Маун ба Х.де ля Рошагийн диаграмм нь хувирмал чулуулгийн анхдагч эх үүсвэрийн найрлагыг нарийвчлан тодорхойлоход чиглэдэг байна (Зураг 74а,б).



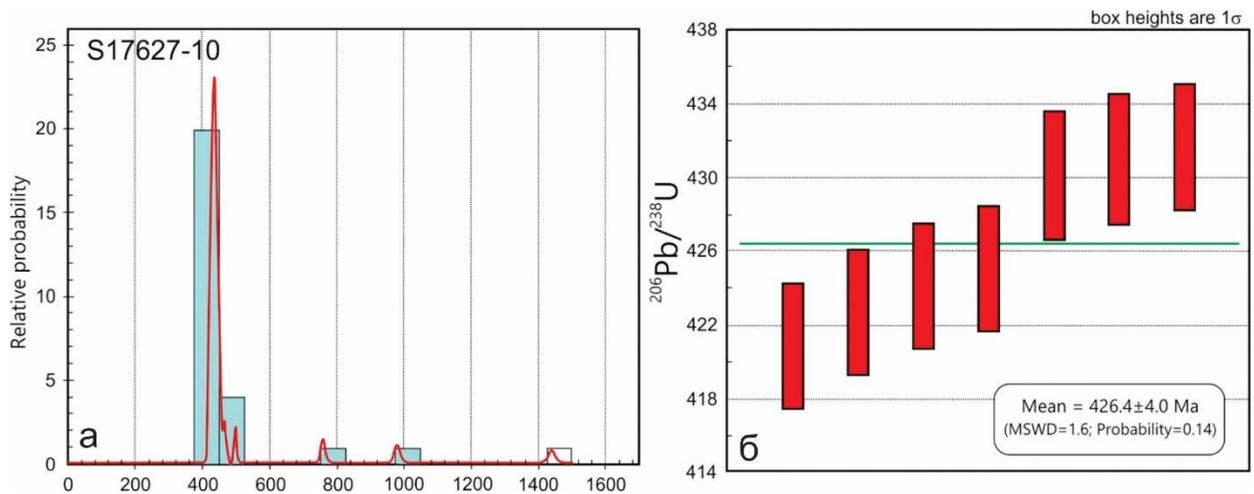
Зураг 74. Даргиат формацын метаморф чулуулгийн анхдагч эх үүсвэрийг тогтоох а) А.Нематов болон б) Маун ба Х.Де Ля Рошагийн диаграмм

Нематовын диаграмм дээр Даргиат формацын метаэлсэн чулуу болон ногоон занарууд нь ихэнхидээ тунамал чулуулаг дээр бууж байгаа бөгөөд Рошагийн диаграмм дээр эдгээр нь бүгд аргиллит, алевролит, элсэн чулууны талбай дээр бууж байгаа нь уг занаруудын анхдагч эх үүсвэр нь тунамал чулуулаг байсныг илэрхийлнэ. Уг чулуулгийн геохимийн шинжилгээний дүнгээр хийсэн боловсруулалт нь петрографийн судалгааны дүнтэй нийцэж байна (Зураг 74).

**ГЕОХРОНОЛОГИ.** Даргиат формацын насны асуудлыг шийдвэрлэх зорилгоор 1 дээжийг U-Pb геохронологийн шинжилгээнд хамруулсан. Тус дээжийг Бүрэнхүү нар (4877Ф)-ын 1:200000 масштабын геологийн зурагт доод-дунд рифейгээр, харин Цэнддорж нар (2006Ф)-ын УГЗ-200 төслийн геологийн зурагт дээд карбон-доод пермийн Даргиат формацаар зурагласан зузаалгаас буюу Жаргалантын хөндий орчимд илэрсэн ногоон занарын гаршаас авсан (42°30'51.4", 107°39'28.6").

Тус дээжээс ялгасан 32 цирконыг U-Pb-ны аргаар нас тогтоох шинжилгээнд хамруулсан бөгөөд цирконуудын бүрэлдэхүүнд  $421 \pm 3$  с.ж ба  $1439 \pm 11$  с.ж хооронд конкордант нас нь хэлбэлзэх цирконууд тогтоогдсон болно (Зураг 75).

Эдгээрийн дундаас тус занарын хамгийн залуу 7 цирконы насны дундаж болох  $426 \pm 4$  с.ж-ийн насны өгөгдлийг тус занарын хурдас хуримтлалын насны доод хязгаар гэж үзлээ. Өөрөөр хэлбэл Жаргалантын хөндийн дүүрэгт Даргиат формацаар зураглагдаж ирсэн ногоон занарын зузаалаг нь силурийн сүүлч, доод девоны эхэн үед үүссэн болох нь харагдаж байна.



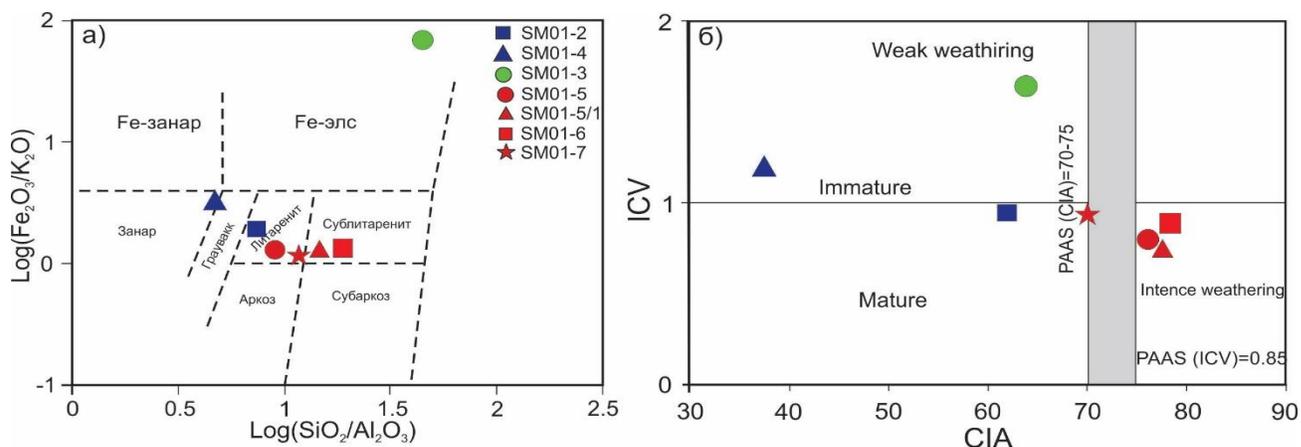
Зураг 75. Даргиат формацын ногоон занар (дээж S17627-10)-ын а) зөөгдмөл цирконуудын тархалтын гистограмм, б) хамгийн залуу цирконуудын насны дундаж утга

Гэхдээ энэ өгөгдлийг нийт формацын хэмжээнд хавтгайруулан хэрэглэх нь учир дутагдалтай учир бид тус формацын Хятадын нутаг дахь үргэлжлэл болох гнейс, мигматит ба амфиболит зонхилсон Baoyintu группийн гнейсжсэн гранитад  $1644 \pm 11$  ба  $1710 \pm 20$  с.ж тогтоогдсоны зэрэгцээ зөөгдмөл цирконы геохронологийн шинжилгээгээр кварцитийн хурдас хуримтлалын насны дээд хязгаарыг 1426 с.ж-ээр тогтоосон (Sun LiXin et al., 2018) зэрэг өгөгдлүүдтэй харьцуулан үзэж судалгааны өнөөгийн түвшинд Даргиат формацыг дунд мезопротерозойд ялгалаа. Цаашид Даргиат формацын метаморф хурдсын геохронологийн судалгааг үргэлжлүүлэх шаардлагатай бөгөөд формацын бүрэлдэхүүн, тархалтыг ч эргэж харах шаардлагатай байна.

**ГЕОХИМИ.** Даргиат формацаар зураглагдсан метаморф зузаалгаас нийт 7 дээжийг геохимийн шинжилгээнд хамруулсан бөгөөд макро шинж болон петрографийн судалгаар өөр хоорондоо ялгагдаж байгаа тул үүнд: Ногоон занар, метаэлсэн чулуу, төмөрт кварцит гэсэн 3 төрөл ялгаж байна.

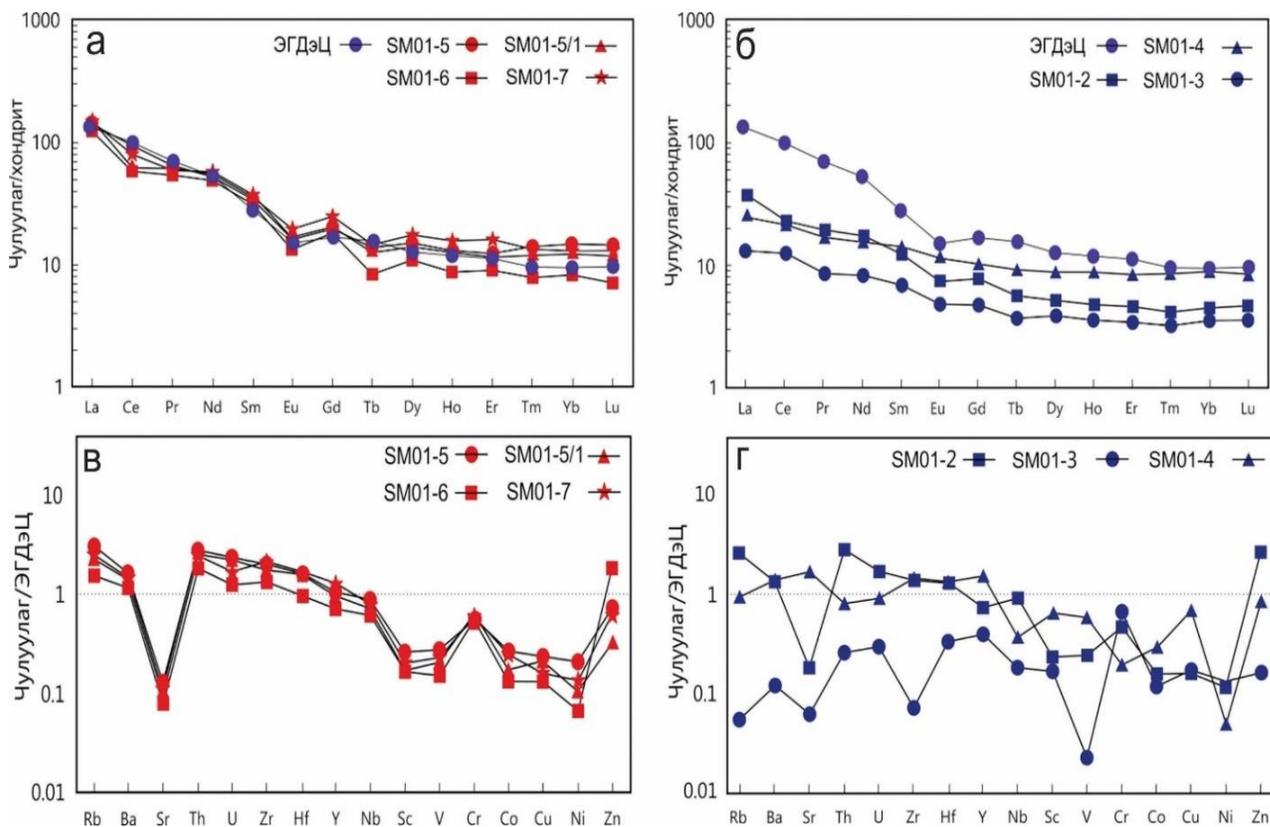
**Ногоон занар** (SM01/2-SM01/4) нь петрохимийн шинжилгээний дүнгээр ( $\text{SiO}_2 = 65.4 - 77.1\%$ ,  $\text{TiO}_2 = 0.53 - 0.88\%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 11.4 - 15.1\%$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 4.1 - 6.4\%$ ,  $\text{MgO} = 1.65 - 2.10\%$ ,  $\text{CaO} = 0.37 - 4.33\%$ ) хооронд хэлбэлзэж байна. Харин метаэлсэн чулуунуудын (SM01/5-SM01/7) нь цахиурын ислийн агуулга харьцангуй их ( $\text{SiO}_2 = 82.1 - 89.4\%$ ), харин хөнгөнцагааны исэл ( $\text{Al}_2\text{O}_3 = 5.32 - 9.89\%$ ) бага байх бөгөөд  $\text{Na}_2\text{O}$  агуулга 0.01% орчимд байгаа нь тэдгээрийн хурдас хуримтлалын орчин өөр байсан болохыг харуулна.

Петрохимийн шинжилгээний дүнд үндэслэн хийсэн элсэн чулууны ангиллын диаграммууд дээрээс Даргиат формацын ногоовтор занар, метаэлсэн чулуу нь тус тус сублитаренит, литит, занар ба грауваккын найрлагатай болох нь харагдана (Зураг 76а,б). Энэ нь тэдгээрийн эх үүсвэрийн муж ялгаатайн зэрэгцээ физик химийн өгөршлийн эрчим өөр өөр байсныг харуулж байна.



Зураг 76. Даргиатийн метаморф бүрдлийн занарын ангиллын а) Петтиджони диаграмм (Pettijohn et al., 1972) б) химийн өгөршлийн (CIA) ба найрлагын өөрчлөлтийн индекс (ICV)-ийн харьцааны диаграмм (Cox et al., 1995).

Даргиат формацын метаэлсэн чулуу болон ногоон занарын ГХЭ-ийн нийлбэр агуулга 108-139 г/т хооронд хэлбэлзэнэ. Занарын С1 хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн диаграмм дээр Се-ийн бага зэрэг сөрөг гажил Eu-ийн тод илэрсэн сөрөг гажилтай хавсран илрэх бөгөөд чулуулаг нь ХүГХЭ-ийг бодвол ХөгХЭ-ээр баяжсан, ХүГХЭ-ийн харьцангуй тэгш тархалт ажиглагдана (Зураг 77а). Харин ногоон занарын хувьд ойролцоо зүйтогтол илрэх боловч агуулгын хувьд эх газрын дээд царцдасын дундаж агуулгаас харьцангуй бага болох нь харагдаж байна (Зураг 77б).

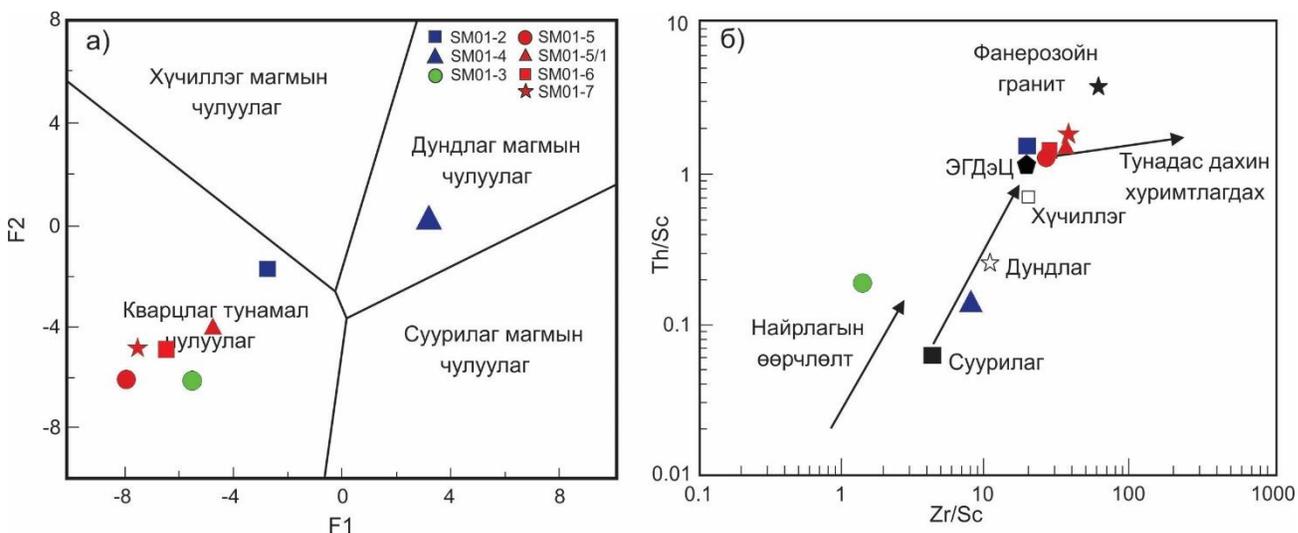


Зураг 77. С1 хондритод нормчилсон ГХЭ-ийн диаграмм (Sun & Mcdonough, 1989), ЭГДэЦ-ын дундаж утаад нормчилсон олон элементийн спайдер диаграмм (Taylor and McLennan, 1985)

Эх газрын дээд царцдасын (UCC) дундаж утгад нормчилсон олон элементийн спайдер диаграммд Даргиат формацын метаэлсэн чулуу нь Sr-ийн тод, Sc, V, Ni-ийн тод сөрөг гажил ажиглагдах бөгөөд бусад элемент дундаж утгатай харьцангуй дүйж байна. Харин судалгааны талбайн ногоон занарын хувьд ихэнх элементүүдээр шавхагдсан байдал илэрнэ (Зураг 77г).

**Тунамал зузаалгийн эх үүсвэр, хурдас хуримтлалын орчин, геодинамик нөхцөл.** Тунамал чулуулгийн эрдсийн бүрэлдэхүүн, бодисын найрлага нь эх үүсвэр чулуулгийн төрөл, тэдгээрийн физик, химийн өгөршил, зөөгдөл, хуримтлалын онцлогоос шалтгаалдаг. Иймээс тунамал чулуулгийн химийн найрлагын шинжилгээний дүнг ашиглан хурдас хуримтлалын эх үүсвэр, зөөгдөл хуримтлалын онцлогийг тогтоосон олон янзын аргачлалууд боловсруулагдан ашиглагдаж байдаг (Taylor and McLennan, 1985; Condie et al., 1993). Даргиат формацын метаэлсэн чулуунууд нь хүчиллэг чулуулагт харьцангуй их хэмжээгээр агуулагддаг ХөгХЭ, Ва болон Zr-оор баяжсан, харин суурьлаг чулуулагт элбэгээр агуулагддаг V, Co, Ni ба Cr зэрэг элементүүдээр харьцангуй шавхагдсан байгаа нь геохимийн шинжилгээний дүнгээр тогтоогдлоо (Зураг 77).

Судалгааны талбайд тархалттай метаэлсэн чулууны эх үүсвэрийн төрлийг тодорхойлох F1 ба F2 болон Zr/Sc ба Th/Sc харьцааны диаграммууд дээр Даргиат формацын дээр метаэлсэн чулуу нь кварцлаг тунамал чулуулгаас, харин ногоовтор занар нь дундлаг маагмын чулуулгаас эх үүсвэртэй болох нь харагдаж байна (Зураг 78а).

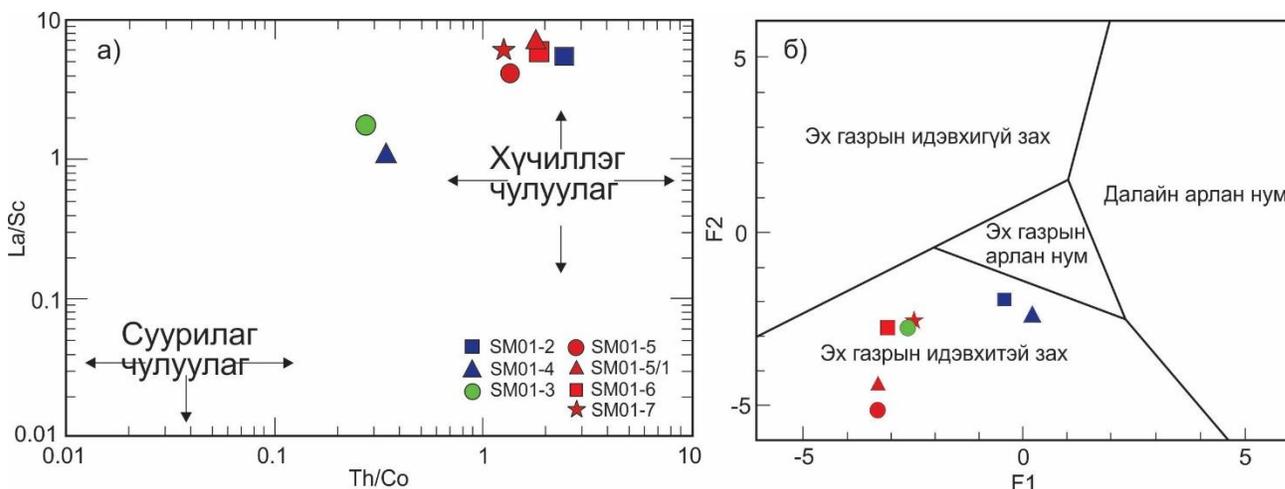


Зураг 78. Даргиат формацын метаэлсэн чулууны эх үүсвэрийн а) F1 ба F2 диаграмм (Roser & Korsch, 1988), б) Th/Sc болон Zr/Sc харьцааны диаграмм (McLennan et al., 1993)

Sc ба Th нь харьцангуй тогтвортой элемент учир эх үүсвэр чулуулгаас зөөгдөн тунамал хурдсанд тоо хэмжээний хувьд бараг өөрчлөлтгүйгээр хуримтлагддаг учир Th/Sc харьцаа нь эх үүсвэр чулуулгийн дундаж найрлагыг заадаг (McLennan et al., 1993). Мөн Zr нь хуримтлагдаж эх үүсвэр чулуулгаас зөөгдөн тунамал чулуулагт маш

сайн хадгалагддаг бол Sc нь харьцангуй тогтворгүй байдаг. Иймээс Zr/Sc харьцаа нь ахин хуримтлал явагдсан эсэхийг харуулдаг үзүүлэлт юм. Уг үзүүлэлтүүдэд тулгуурлан боловсруулсан Th/Sc ба Zr/Sc дискриминацийн диаграмм дээрээс авч үзвэл тэдгээр нь хүчиллэг маагмын чулуулгаас үүсэлтэй бөгөөд ахин хуримтлалд бараг автаагүй ЭГДэЦ-ын утгатай ойролцоо байна (Зураг 78б).

Мөн хүчиллэг (Th, La) ба суурьлаг (Sc, Co) чулуулагт агуулагдах онцлогт нь тулгуурлан боловсруулсан (McLennan et al. 1980; Cullers, 2002) Th/Co ба La/Sc харьцааны дискриминацийн диаграмм дээр Даргиат формацын метаэлсэн чулуу ба ногоон занар нь гарал үүслээрээ ялгаран байрлана (Зураг 79а).



Зураг 79. Даргиат формацын метаэлсэн чулуунуудын гарал үүслийн а) Th/Co ба La/Sc дискриминацийн диаграмм (Cullers, 2002)

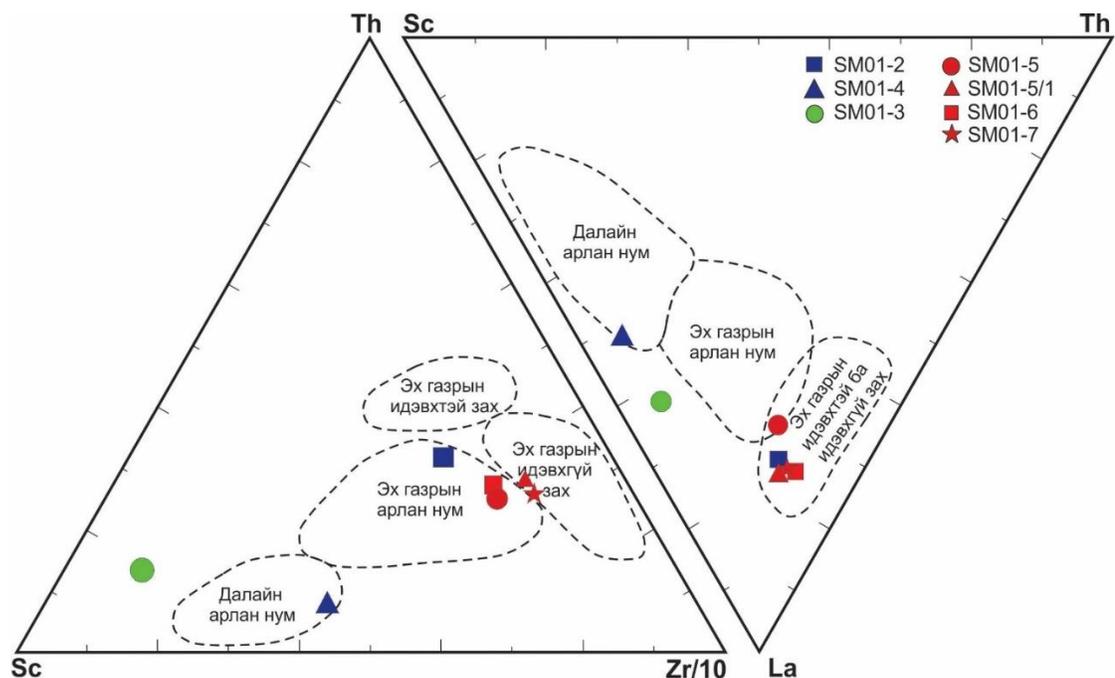
Эх үүсвэр мужийн химийн өгөршлийн эрчим нь чулуулгийн найрлага, өгөршлийн процесс явагдсан хугацаа, уур амьсгалын нөхцөл болон тектоник өргөгдлийн хурд зэрэг олон төрлийн хүчин зүйлээс хамаардаг (Wronkiewicz and Condie, 1989). Кальци, натри ба кали зэрэг элементүүд нь химийн өгөршлийн явцад эх үүсвэр чулуулгаас амархан зөөгддөг бөгөөд хурдсанд агуулагдах эдгээр химийн элементүүдийн хэмжээгээр химийн өгөршлийн эрчмийг тодорхойлох боломжтой.

Даргиат формацын метаэлсэн чулуу болон ногоовтор занаруудын тэжээгдлийн мужийн химийн өгөршлийн эрчмийг тодорхойлох зорилгоор  $(CIA = [Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O)] * 100)$ , найрлагын өөрчлөлтийн индекс  $((ICV = (Fe_2O_3 + MgO + CaO + Na_2O + K_2O + TiO_2) / Al_2O_3))$  зэрэг үзүүлэлтүүдийг тооцоолж үзэв. Химийн хувирлын индекс (CIA) нь өгөршилд автаагүй эх газрын базальтад 40-50, гранитойдод 50-55 (Cox et al., 1995) байдаг бол хээрийн жонш шаварлаг эрдэсд хувирах явцаас хамааран химийн хувирлын эрчим багатай бүс нутгуудад тус индекс 50-60, дунд зэрэг бол 70-80, өндөр бол 80-90, маш өндөр бол 90-ээс их байдаг байна. Харин найрлагын өөрчлөлтийн индекс (ICV) нь химийн өгөршлийн эрчим нэмэгдэх тусам буурдаг бөгөөд өгөршилд автаагүй эх газрын базальтад 2.2, харин гранитоидод 0.95 байдаг байна.

Химийн өгөршлийн индексийн утга уг формацын метаэлсэн чулуулгуудад 70-78, ногоовтор занаруудад 37-61 хооронд тус тус хэлбэлзэх бол найрлагын өөрчлөлтийн

индекс тус чулуулгуудад ойролцоо 0.64-1.63 хооронд хэлбэлзэж байна. Уг үр дүнгээс авч үзвэл Даргиат формацын мета элсэн чулуу нь химийн өгөршилд дунд зэрэг автсан бол ногоон занарын хувьд индекс багавтар байна.

Тунамал чулуулгийн найрлага дахь голлох элементүүдийн хэмжээ нь хурдас хуримтлалын ба эх үүсвэр мужийн төрөл, геодинамик нөхцлөөс хамаардаг учраас тэдгээр өгөгдлүүдийг ашиглан геодинамик нөхцлийг тодруулах боломжтой байдаг (Bhatia, 1983; McLennan and Taylor, 1991). Энэхүү зорилгоор холбогдох боловсруулалтыг хийж үзэхэд тунамал чулуулгийн тектоник орчныг тогтоох Th–Sc–Zr/10 ба La–Th–Sc (Bhatia and Crook, 1986) диаграммууд Даргиат формацын метаэлсэн чулуу болон ногоон занар нь эх газрын идэвхтэй захын нөхцөлд үүссэн болохыг харуулж байна (Зураг 80).



Зураг 80. Th–Sc–Zr/10 ба La–Th–Sc харьцааны тектоник орчныг тодорхойлох диаграмм (Bhatia and Crook, 1986)

Өмнөд Монголын эртний массивын Хутаг уулын блокын хэмжээнд тархалттай Даргиат формацын хээрийн геологийн ажиглалт, геохими, петрографийн судалгааны үр дүнд дараах гол дүгнэлтүүдийг хийж байна. Үүнд: Даргиат формацын метаэлсэн чулуу болон ногоон занарууд нь петро-геохимийн судалгаагаар литаренит ба занарын найрлагатай бөгөөд метаэлсэн чулуулгууд нь мөн хүчиллэг маагмын эх үүсвэртэй болох нь тогтоогдлоо. Метаэлсэн чулуулгын CIA (70-78), ногоон занаруудад (37-61) хооронд тус тус хэлбэлзэх бол ICV тус чулуулгуудад ойролцоо (0.64-1.63) хооронд хэлбэлзэж байгаа нь өгөршилд дунд автсан, тектоникийн идэвхижилт ихтэй муж буюу эх газрын идэвхтэй захын нөхцөлд үүссэн.

## ДҮГНЭЛТ.

Хатанбулагийн эртний массивын Хутаг Уулын блокийн суурь ба хучаас бүрдэлд хамаарагддаг Хутаг-Уул метакомплекс, Цээл, Даргиат болон Жирэм-Уул формацуудын хээрийн геологийн ажиглалт судалгааг Хутаг уул, Баян овоо ба Даргиат уулын дүүргүүдэд тус тус явуулж хээрийн судалгааны материалыг хурдас чулуулгийн петрографи, геохими болон геохронологийн судалгаатай нэгтгэн боловсруулсны үр дүнд дараах гол дүгнэлтүүдийг хийлээ. Үүнд:

- Метаморф чулуулгуудын геохронологийн судалгаагаар Хутаг уулын дүүрэгт Цээл формацын насыг дунд-дээд мезопротерозойд хамаарагдах болохыг баттай тогтоосон бөгөөд харин Хутаг-Уул метакомплексын зөөгдмөл цирконуудын бүрэлдэхүүнд 1700 - 2000 с.ж настай цирконууд багагүй хувь эзлэж байгаагийн зэрэгцээ 1500 с.ж дээр гол пик нь төвлөрсөн цирконы популяци нийтлэг тохиолдож байгаа зэрэгт үндэслэн түүний насыг судалгааны өнөөгийн түвшинд дунд-дээд палеопротерозойд хамааруулав.
- Баян овоо уулын дүүрэгт Хутаг-Уул метакомплексод зураглагдсан зузаалгийн бүрэлдэхүүнд голлон тохиолдох гнейсийн зөөгдмөл цирконы U-Pb насны өгөгдлөөр тус зузаалаг нь  $1248 \pm 21$  с.ж-ээс хожуу буюу дээд мезопротерозойн цаг үед үүссэн болох нь тогтоогдсон тул Цээл формацад ангилж түүнийг түрсэн харьцаатай ортогнейсийн талсжилтын нас  $488 \pm 6.4$  с.ж байгаад үндэслэн түүнийг дунд ордовикийн Аман-Ус бүрдэлд ялгах нь зүйтэй гэж үзлээ.
- Хутаг уулын ба Баян овоо уулын дүүрэгт тархалттай Хутаг-Уул метакомплекс ба Цээл формацын янз бүрийн найрлагатай занарууд нь тунамал чулуулгаар үүссэн бол төрөл бүрийн найрлагатай гнейсүүд нь хүчиллэг маагмын чулуулгийн протолиттой болох нь тогтоогдсон бөгөөд тэдгээрийн геохимийн онцлог нь эх газрын дээд царцдасын шинж чанартай бөгөөд эх газрын хаяа – эх газрын нумын орчинд үүсжээ.
- Хутаг-Уул метакомплексын бүрэлдэхүүнд нийтлэг тохиолддог цайвар саарал, хөхөвтөр саарал өнгийн ортогнейсүүдэд  $1010 \pm 9$  ба  $942 \pm 9.7$  с.ж хооронд нас нь хэлбэлзэх доод неопротерозойн талсжилтын тогтоогдсонд үндэслэн эдгээр ортогнейсүүдийг Хутаг-Уул метакомплексод бус харин тус бүс нутагт ялгагддаг түрүү неопротерозойн Холбоонуур бүрдэлд ангилах нь зүйтэй гэж үзлээ. Эдгээр ортогнейсүүдийн геохимийн онцлог нь синколлизийн болон фракцлагдсан гранитийн шинжтэй бөгөөд магадгүй коллизийн дараах тэлэлтийн процессын явцад үүссэн байж болохоор байна. Цаашид нарийвчлан судлах шаардлагатай.
- Даргиат формацын бүрэлдэхүүнд зонхилон тохиолддог элсэн чулуу ба ногоон занар нь тектоникийн идэвхшил өндөртэй эх үүсвэр мужийн дахин хуримтлагдсан кварцлаг тунамал чулуулгаар эх газрын идэвхитэй захын нөхцөлд үүссэн болохыг тогтоолоо. Насны хувьд хил залгаа Хятадын нутагт тогтоогддог Баоюнту (Baoyintu) группийн гнейсжсэн гранитад  $1644 \pm 11$  ба  $1710 \pm 20$  с.ж нас тогтоогдсоны зэрэгцээ кварцитийн хурдас хуримтлалын насны дээд хязгаарыг 1426 с.ж-ээр тогтоосон ([Sun LiXin et al., 2018](#)) зэрэг өгөгдлүүдтэй

харьцуулан үзэж судалгааны өнөөгийн түвшинд дунд мезопротерозойд ялгалаа. Цаашид Даргиат формацын метаморф хурдсын геохронологийн судалгааг үргэлжлүүлэх шаардлагатай бөгөөд формацын бүрэлдэхүүн, тархалтыг ч эргэж харах шаардлагатай байна.

- Жирэм-Уул формацын бүрэлдэхүүнд литик ба аркозын найрлагатай шохойлог ба ердийн элсэн чулуунууд зонхилох бөгөөд литик элсэн чулууны дундлаг маагмын чулуулгаас эх үүсвэрээс зөөгдөж гүн усны нөхцөлд хуримтлагдсан бол аркоз элсэн чулуу нь кварцлаг тунамал чулуулгийн эх үүсвэрээс зөөгдөж эрэг орчмын гүехэн усны нөхцөлд үүсжээ. Тэдгээр нь доод карбоны визейн цаг үед ( $339.6 \pm 4.2$  с.ж-ээс хожуу) эх газрын нумын дээрх сав газрын хэмжээнд үүссэн бөгөөд эх үүсвэрт силурийн Хатанбулаг бүрдлийн гранитоид болон неопротерозойгоос дээд архейн настай эртний метаморф чулуулгуудын өгөршил ба зөөгдөл голлох үүргийг гүйцэтгэсэн болохыг тогтоолоо.

### 3.2. ЦАГААНУУЛЫН БЛОКИЙН СУУРЬ БА ХУЧААС БҮРДЛҮҮДИЙН ГЕОЛОГИ, ГЕОХРОНОЛОГИ, ГЕОХИМИ

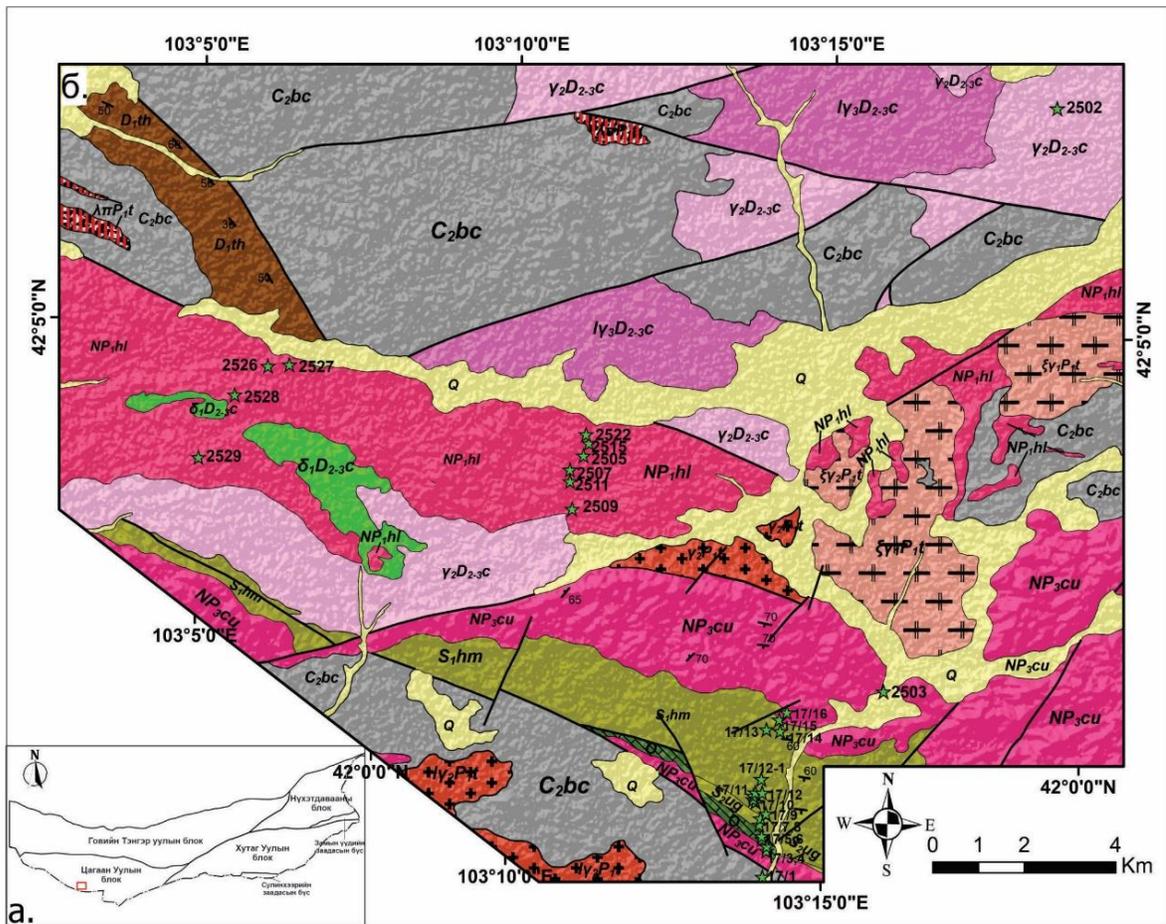
Цагаануулын блок нь Хатанбулагийн эртний массивын баруун өмнөд хэсэгт байрлах бөгөөд Өмнөд Монголын ороген мужийн тектоник мужлалтын болон дүүрэгчлэлийн талаарх янз бүрийн цаг хугацаанд боловсруулагдсан схем болон ангилалуудад Өмнөд Говийн бичил тив ([Зоненшайн, Хасин, 1973](#)), Өмнөд Говийн массив ([Бямба, 2012; Бямба нар., 2018](#)), Цагаан уул террейн ([Badarch et al., 2002](#)), Баруун Цохиотын эх газрын идэвхгүй хаяаны террейн ([Төмөртоого, 2002](#)), Тотошаны ороген тогтолцооны Хутаг уулын террейн ([Төмөртоого, 2012](#)), Хатанбулагийн эртний массивын Цагаан уулын блок ([Төмөртоого, 2014](#)) гэх зэргээр нэрлэгдэн бичиглэгдэж ирсэн тектоник структур юм ([Зураг 81а](#)). Түүний суурь бүрдэлд Цагаан уул болон Онч Хайрхан уулын дүүрэгт тархалттай, төрөл бүрийн гнейс, гранит-гнейс, амфиболит, гантиг, талст занар зэрэг изоклиналь атриа болон милонитжилтанд эрчимтэй өртсөн ангилагдаагүй метаморф зузаалгийг, харин хучаас бүрдэлд нь дээд неопротерозойн Цагаан-Уул, доод ордовикийн Эхэнхаяа, Адагбайшинт, дунд-дээд ордовикийн Дундхаяа, силурын лландовери-венлок серийн Хөхморьт, Өгөөмөр, Элгэн зэрэг формацуудыг хамааруулан зураглаж ирсэн байдаг.

1990-ээд оноос Онч Хайрхан уулын дүүрэг болон түүний Хятадын нутаг дахь үргэлжлэлд тархсан мигматит, амфиболит, парагнейс, ортогнейс, милонит, талст занараас тогтох хурдсыг доод цэрдийн үед явагдсан эх газрын тасралтай холбоотойгоор үүссэн Ягаан-Онч Хайрхан хувирмал цөм бүрдлийн “хувирмал цөм” хэсэг болохыг тогтоосноор ([Webb et al., 1999; Zheng & Zhang, 1994; Бадарч, 1999](#)) нэг талаас эртний метаморф бүрдлээр зураглагдах талбай хумигдаж нөгөө талаас эртний блокийн оршиж байгаа асуудал улам маргаантай болжээ. Учир нь тухайн цаг үед [Козаков \(1986\)](#) бүтээлд цухас дурдагдсан “Цагаан Толгой худгийн дүүрэгт гранат агуулсан аплитийн цирконд Л.В. Сумин Pb-Pb термоизохроны аргаар 770 с.ж-ийн нас тогтоосон” гэсэн мэдээлэлээс өөр ямар нэг насны өгөгдөл байхгүй байсан байна. Хожим нь [Wang et al \(2001\)](#) Цагаан уулаас зүүн өмнөд зүгт Хятадын нутагт Ягаан хувирмал цөм бүрдлийн төв хэсэгт (Jingdouaobao) тархсан гранит-гнейсэд  $916 \pm 16$  с.ж-ийн нас тогтоосон нь цөм бүрдлийн протолит нь илүү эртнийх бөгөөд неопротерозойн тектоно-маагмын процесст автсан болохыг харуулсны зэрэгцээ эртний блокийн суурийн үлдэц оршиж байгааг баталгаажуулах нэгэн үндэслэл болжээ.

Ийнхүү Цагаан уулын блокийн суурь хэмээн үзэж ирсэн метаморф зузаалгууд нь орчин үеийн геохронологи, геохимийн судалгаанд огт хамрагдаагүй, насны асуудал нь зөвхөн 1980-аад онд хэвлэгдсэн гнейсийн зузаалгийг зүссэн аплитын дайкийн 770 с.ж-ийн насны тодорхойлолт ([Козаков, 1986](#)) болон геологийн харьцуулалтанд үндэслэгдэн неопротерозой ([Бадамтулга нар., 2005, 5626Ф](#)) ба палеопротерозой ([Буянбаатар нар., 2011, 6326Ф](#)) гэх зэргээр ангилагдан зураглагдаж иржээ.

Иймээс тайлангийн энэхүү хэсэгт Хатанбулагийн эртний массивын Цагаан уулын блокийн суурь бүрдэлд хамаарагддаг палеопротерозойн ангилагдаагүй зузаалаг болон хучаас бүрдэлд хамаарагддаг палеозойн зарим формацуудын

литологийн тогтоц, эрдсийн бүрэлдэхүүн, бодисын найрлага, нас ба гарал үүслийн асуудлыг шийдвэрлэх зорилгоор Цагаан уул ба Хөрхийн нурууны дүүрэгт явуулсан судалгааны ажлын үр дүнгээс тусган харууллаа.



- |   |   |
|---|---|
| <b>Q</b> Дөрвөдөгчийн хурдас  | <b>S<sub>2ug</sub></b> Өгөөмөр формац. Улаан саарал өнгөтэй элсэн чулуу, гравелитын үе агуулсан конгломерат   |
| <b>АтP<sub>1t</sub></b> Риолит порфир   | <b>S<sub>1hm</sub></b> Хөх морьт формац. Ногоовтор, бараавтар, саарал элсжин, аргиллит, занар, алевроэлсжин, шохойн чулуу, ховроор гравелит.              |
| <b>γ<sub>2-3c</sub></b> II фаз. Жижиг, жижиг-дунд ширхэгтэй биотитог гранит   | <b>O</b> Ангилалдаагүй хурдас. Хөх цагаан саарал, саарал өнгийн хааяа гантгигсан шохойн чулуу   |
| <b>ε<sub>2-3c</sub></b> I фаз. Жижиг, жижиг-дунд ширхэгтэй хааяа порфир маягийн шүтлэг гранит   | <b>NP<sub>3cu</sub></b> Цагаан Уул формац. Цайвар саарал, цайвар цахгурлаг шохойн чулуу, кваршит, ховроор гантгигсан, доломитжсон шохойн чулуу, алевролит |
| <b>C<sub>2bc</sub></b> Баруун цохио формац. Андезит, андезидацит, риолит, риодацит, дацит, гэдгээрийн туф, ховроор туф элсжин, туф конгломерат, туф алевролит | <b>NP<sub>1hl</sub></b> Хулстай формац. Гранит гнейс, гранодиорит гнейс, мигматит, гантгиг ховроор биотит, кварцаг занар, кварцит                         |
| <b>γ<sub>3D<sub>2-3c</sub></sub></b> III фаз. Янз бүрийн ширхэгтэй порфир маягийн шүтлэг лейкогранит  | <b>□</b> Хагарал  |
| <b>γ<sub>2D<sub>2-3c</sub></sub></b> II фаз. Жижиг-дунд, дунд ширхэгтэй биотит, биотит-эвэр хуурмагт гранит   | <b>↘</b> Байрлалын элемент  |
| <b>δ<sub>1D<sub>2-3c</sub></sub></b> I фаз. Жижиг-дунд ширхэгтэй порфир маягийн диорит  | <b>★</b> Дээжнүүдийн байршил  |
| <b>D<sub>1th</sub></b> Таван худаг формац. Конгломерат, гравелит, том ширхэгт элсэн чулуу, андезит түүний туф, туфконгломерат, шохойн чулуу                   |   |

Зураг 81. Судалгааны талбайн байршил ба (а) геологийн зураг (б). Геологийн зургийг Монгол Улсын 1:200000 масштабын геологийн зурагаас хэсэчлэн авч сансрын зургийн тайлал ашиглан боловсруулав. Байршлын зурагт Төмөртөгов (2014)-ын Монгол орны Атриат мужуудын тектоник бүслчлэлийн схемийг ашиглав.

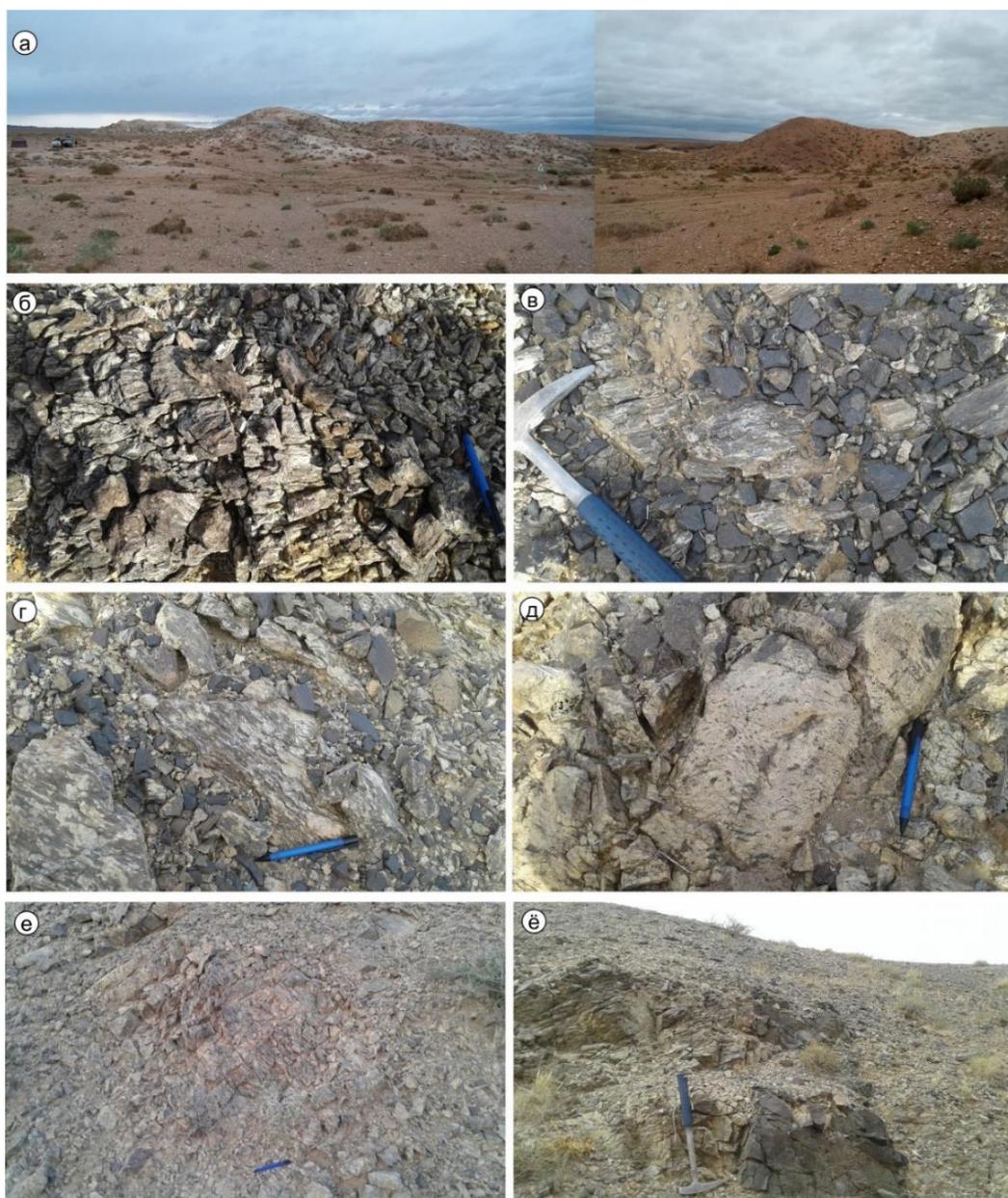
### 3.2.1. ЦАГААН УУЛЫН ДҮҮРЭГ

**ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙН АНГИЛАГДААГҮЙ ЗУЗААЛАГ.** Цагаан уулын блокийн суурь бүрдэлд тооцогддог хамгийн эртний метаморф зузаалаг нь тус блокийн баруун өмнөд хэсэгт Цагаан уулын хярын ар хэсгээр харьцангуй нам гадаргуу үүсгэн байрладаг. Тус зузаалаг нь хойд болон зүүн-урд талаараа дээд карбоны Баруунцохио, доод неопротерозойн Цагаан-Уул, доод девоны Овоотхүрэн формацуудаас тектоник хагарлаар зааглагдаж хожуу девоны Хашаат ба доод девоны Төгрөг бүрдлээр түрэгдсэн, зарим тохиолдолд тектоник хил заагтай байршина (Зураг 81б).

Мигматит, гялтгануур-амфиболт занар, гантиг, доломитжсон шохойн чулууны үе, мэшил агуулсан гнейс, боржин гнейсээс голлон тогтох тус зузаалгийг анх Хубльдигов нар (1954, 0805ф) дунд масштабын талбайн судалгаагаар илрүүлж кембрийн өмнөх бүрдэлд ангилсан бол Махбадар нар (1995Ф), Б.Дамдинжав нар (2000, 5307Ф) доод-дунд протерозойн хувирмал комплекс нэрээр ялгаж ирсэнийг хожим нь 1:50000 масштабын геологийн зураглалын ажлаар Бадамтулга нар (2005, 5626Ф) Хулстайн комплекст ялгаж насыг нь доод неопротерозойн түвшинд зураглажээ. Харин хожим буюу 2007-2010 онуудад явагдсан 1:200000 масштабын Улсын геологийн иж бүрдэл зураг зохиох “Өмнөд Монгол-III” төслийн К-48-XIV хавтгайн геологийн зураг (Буянбаатар нар., 2011, 6326Ф) болон хамгийн сүүлд буюу 2017 онд зохиогдсон Монгол Улсын 1:500000 масштабын зурагт (Эрдэнэчимэг нар., 2017, 8480ф) тус хувирмал хурдсыг палеопротерозойн ангилагдаагүй зузаалагт ялгасан байдаг.

Бидний явуулсан хээрийн ажиглалт судалгаагаар тус ангилагдаагүй зузаалгийн бүрэлдэхүүнд өмнө талд нь цайвар саарал өнгийн дундаас төм мөхлөгт гнейс (дээж 2505, 2506, 2509) зонхилон тохиолдох бол хойд болон баруун хойд хэсгээр бараавтар саарал (2514, 2515, 2518) болон ягаавтар саарал өнгийн гнейс (дээж 2525, 2526, 2527) илэрнэ (Зураг 82).

Нийт зузаалгийн хэмжээнд багахан зузаантай олон тооны ногоовтор саарал өнгийн андезит (дээж 2508, 2511, 2517, 2523/1) болон ягаавтар өнгийн аплитийн дайкууд (дээж 2507, 2510) ихээр тохиолдох бөгөөд аплит нь гнейсжсэн (Зураг 82д) байхад вулканигийн дайкууд нь ямар нэгэн деформациад автаагүй байгаа нь ажиглагдана. Мөн зузаалгийн хэмжээнд багахан зузаантай үе хэлбэрээр кварцит (дээж 2524), амфиболит (дээж 2515, 2516, 2522) болон гантигжсан шохойн чулуу (дээж 2512, 2513) тохиолдоно.



*Зураг 82. Цагаан уулын ард талд зураглагддаг метаморф зузаалгийн а-г) Цайвар саарал өнгийн гнейсийн зузаалгийн харагдах ерөнхий байдал ба гаршийн зураг, д) Гнейсийн зузаалгийг зүссэн аплитийн дайк, е-ё) Гранит-гнейсийн гаршийн зураг*

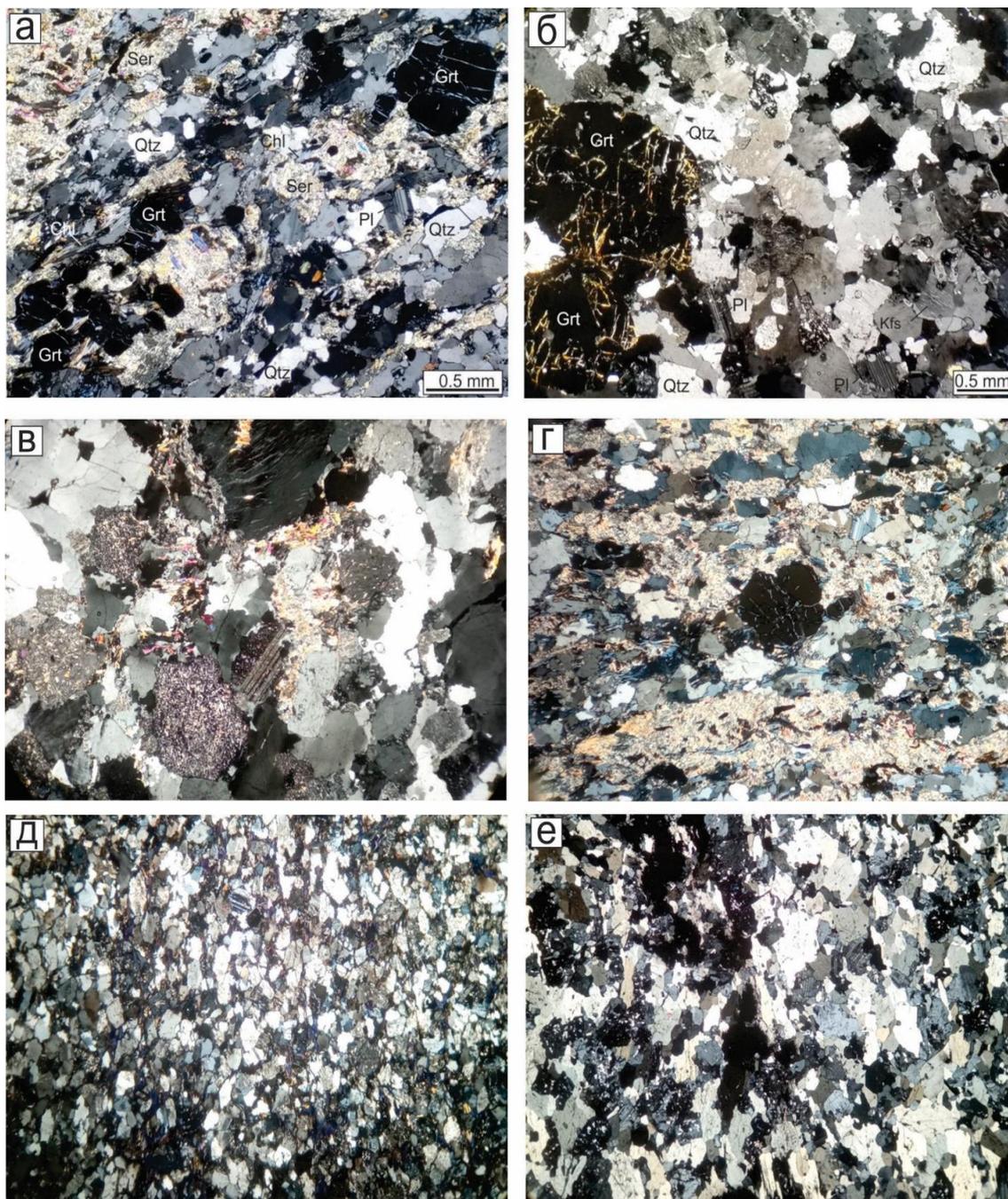
**ПЕТРОГРАФИ.** Петрографийн судалгаагаар метаморф зузаалгийн бүрэлдэхүүнд гранат агуулсан хоёр гялтгануурт гнейс зонхилох бөгөөд мөн биотитот гнейс, кварц-хлорит-эпидотот занар, занаржсан метаэлсэн чулуу болон амфиболит тохиолдоно. Голлон тохиолдох чулуулгуудын петрографийн онцлогоос доор дурдав.

**Гранат агуулсан хоёр гялтгануурт гнейс (дээж 2509)** нь цайвар саарал өнгөтэй, жижгээс дунд мөхлөгтэй чулуулаг бөгөөд кварц (55-60%), плагиоклаз (5-10%), серицит-мусковит (30-35%), биотит (10-15%), гранат (1-5%) зэргээс тогтоно ([Зураг 83а](#)). Гранобласт, лепидогранобласт структуртай, гнейслэг текстуртай. Кварц, плагиоклаз нь

1 мм хүртэл хэмжээтэй, ерөнхийдөө зуувандуу хэлбэртэй болж гнейсжилтийн чиглэлийн дагуу урт тэнхлэгээрээ байрласан. Кварцын мөхлөгүүд эрчимтэй бутарч, зарим үендээ нилээд томорч дахин талсжин шүдлэг хэлбэртэй захтай болсон бол плагиоклаз төдийлөн бутраагүй байгаа нь ажиглагдана. Мөн гнейсжилтийн чиглэлийн дагуу сунасан хэлбэртэй серицит-мусковит ба хэсэгчлэн хлоритжсон биотитийн урт нарийн хуудсархаг агрегатууд ихээр тохиолдоно. Гранатын мөхлөгүүд нь изометрлэг хэлбэртэй, 0.3-0.8 мм хүртэл хэмжээтэй, зах хэсэг болон ан цавууд нь хлоритоор (биотит) түрэгдсэн байгаа нь ажиглагдана ([Зураг 83а](#)). Парагнейсийн зузаалгийг зүссэн **Аплит (Дээж 2507)** нь кварц (50-55%), калишпат (20-25%), плагиоклаз (5-10), гялтгануур (10-15%) болон гранат (1-5%) зэрэг эрдсүүдээс тогтоно. Аплит, порфир зарим тохиолдолд мирмекит структуртай, биотит ба мусковитийн сунасан хэлбэрийн урт нарийн хуудсархаг агрегатуудаар үүссэн гнейслэг текстуртай ([Зураг 83б](#)). Гранатын мөхлөгүүд нь 1.5 мм хүртлэх хэмжээтэй, изометрлэг хэлбэртэй, ихэнхдээ эвдэрч бутарсан, ан цав хэсгүүдээрээ биотитоор түрэгдсэн байна.

**Плагиоклаз-биотитот гнейс (дээж 2527)** нь ялгаралд ороогүй, ихэнхдээ хавтгайдуу хэлбэртэй, хоорондоо нягтарч талсжин шүдлэг заагтай болсон кварц, плагиоклаз, калишпат болон урт нарийхан, агрегатлаг биотитоос голлон тогтох бөгөөд ховроор циркон, сфен ба апатит зэрэг акцессор эрдсүүдийг агуулна. Лепидогранобласт структуртай, гнейслэг текстуртай. Плагиоклазын зарим хэмхдэс нарийхан альбитын ихэрлэлтэй, нийтдээ серицитжсэн, калишпат нь пертит задралын нарийн судлуудтай, сулхан пелитжсэн хувиралтай. Биотит нь нилээд эрчимтэй хувирч хлорит ба хүдрийн эрдсийн агрегатаар солигдож бохирдуу ногоон өнгөтэй харагдана. Тэд гнейсжилтийн чиглэлийг тодруулан сунаж нарийхан үешилт үүсгэж тархсан. Тэдний дотор хүдрийн эрдсүүд нь жижиг талстууд, агрегат бөөгнөрөл үүсгэсэн байна ([Зураг 83в](#)). **Гранат агуулсан плагиоклаз-биотитот гнейс (дээж 2514)**. Жигд бус хэмжээний (0.3-0.7 мм) кварц, плагиоклазын мөлгөршил сайтай, нягтарч дахин талсжсан ширхэгүүдээс тогтох лепидогранобласт структуртай, занарлаг текстуртай. Тэдгээрийн дотор кварц нь чулуулгийн 60%-аас доошгүйг эзлэх ба зарим хэсэг буюу микро үеийг бараг дангаараа (биотитын ялтасууд энд тэнд зай завсарт нь агуулагдсан) бүрдүүлнэ. Плагиоклаз ихэнхдээ бүрэн серицитжсэн (агрегатлаг) мөхлөгүүд хэлбэрээр бие даасан нарийн үе маягтай ялгарсан байгаа нь анхдагч тунамалын үешилтээс үүдэлтэй бололтой. Мөн тэр чиглэл дагуу нь янз бүрийн зэргээр хувирсан биотитын (хүрэн өнгийн) мөхлөгүүд тархсан байна. Хувирсан биотитыг дагаж хүдрийн эрдсийн агрегат хуримтлал нилээд үүссэн. Гол онцлог эрдэс нь янз бүрийн хэмжээний (1 мм хүртэл хэмжээтэй) өнгөгүй гранатын мөхлөгүүд байгаа бөгөөд, тэд гялтгануур ихтэй үеийг дагаж тархсан, дан кварцын үенд ховор ажиглагдана. Харин кварцын үенд цирконы жижиг мөхлөг тааралдана. Петрографийн шинжид үндэслэн төдийлөн сайн ялгараагүй тунамал хурдсаас үүссэн гэж үзэж болохоор байна ([Зураг 83г](#)). **Занаржсан алевроэлсэн чулуу (дээж 2520)**. Кварц, плагиоклаз, биотитийн хоорондоо нягт байршилтай нилээд жижиг (0.1 мм –ээс томгүй) голдуу хавтгайдуу хэлбэртэй ширхэгүүдээс бүрдэнэ. Бластопсаммит структуртай, занарлаг текстуртай. Плагиоклаз нь жигд бус сулхан серицитжсэн, хааяа тод полисинтет ихэрлэлтэй, кварцын мөхлөгүүд нь мөн адил

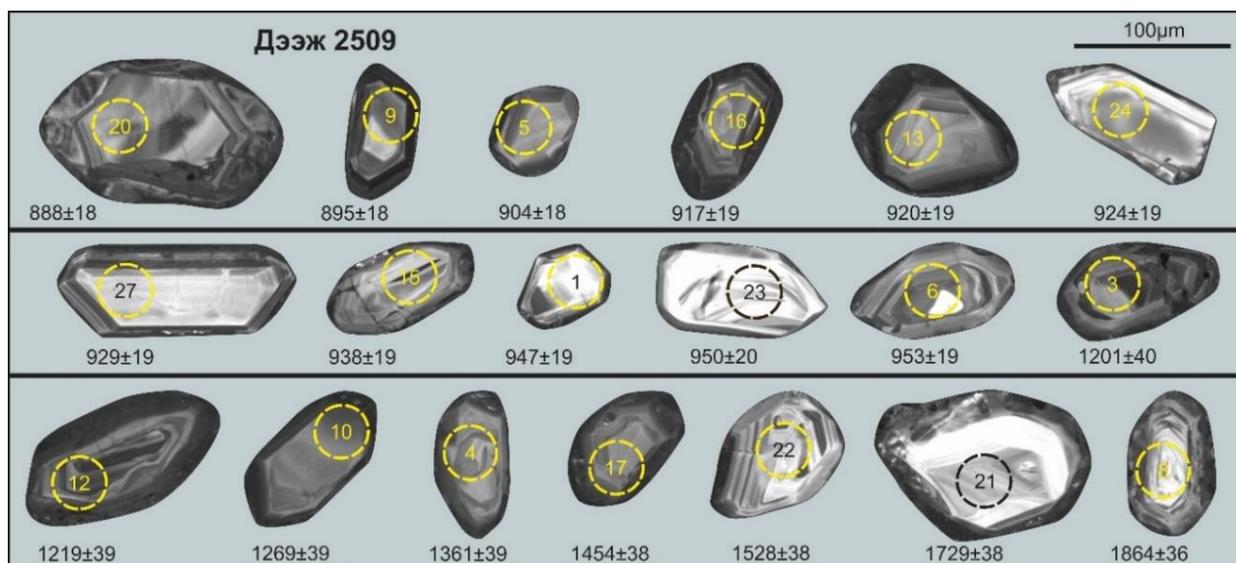
хэлбэр, хэмжээтэй байх ба биотит нь цайвар болж хувирсан, хүдрийн эрдсийн агрегатлаг үүсвэрүүд захаар нь үүссэн харагдана. Тэд бүгд нэгэн чиглэлтэй, нягт байршилтай болсон занарлаг шинжийг үүсгэнэ. Акцессор эрдсүүдээс апатитын олон тооны жижигхэн, голдуу бөөрөнхий мөхлөгүүд, мөн ховроор сфен ажиглагдана. Мөн чуулгийн занаршилтыг нь зүсч хожуу үүссэн эпидотын нарийхан судал хааяа тааралдана (Зураг 83д).



Зураг 83. Цагаан уул орчимд палеопротерозойгоор зураглагддаг метаморф зузаалгийн голлох чулуулгуудын шлифийн зураг. а) Гранат агуулсан хоёр гялтгануурт парагнейс б) Гранат агуулсан аплит, в) Плагиоклаз-биотитот гнейс, г) Гранат агуулсан плагиоклаз-биотитот гнейс, д) Занаржсан алевроэлсэн чулуу, е) Амфиболит

**Амфиболит (дээж 2515).** Чулуулаг бараг өнгөгүй сулхан шаргал өнгөтэй, эвэрхуурмагийн хоорондоо нийлж нийтдээ чулуулгийн 80% орчимыг эзлэх томоохон урт мөхлөгүүд болон тэдгээрийн хооронд ялгарсан плагиоклазын (10-13%) болон бүрэн хувирсан пироксений бараан саарал агрегат (реликт порфирбласт) мөхлөг (7-8 %) зэргээс тогтоно. Мөн хөхөлбөр интерфренцийн өнгөтэй циозит (эпидот)-ийн агрегат бөөгнөрөл судал маягтай ялгарсан байх ба маш нарийхан (хялгасан судал) карбонат тааралдана. Гранопорфиробласт структуртай, субпаралелль текстуртай (Зураг 83е).

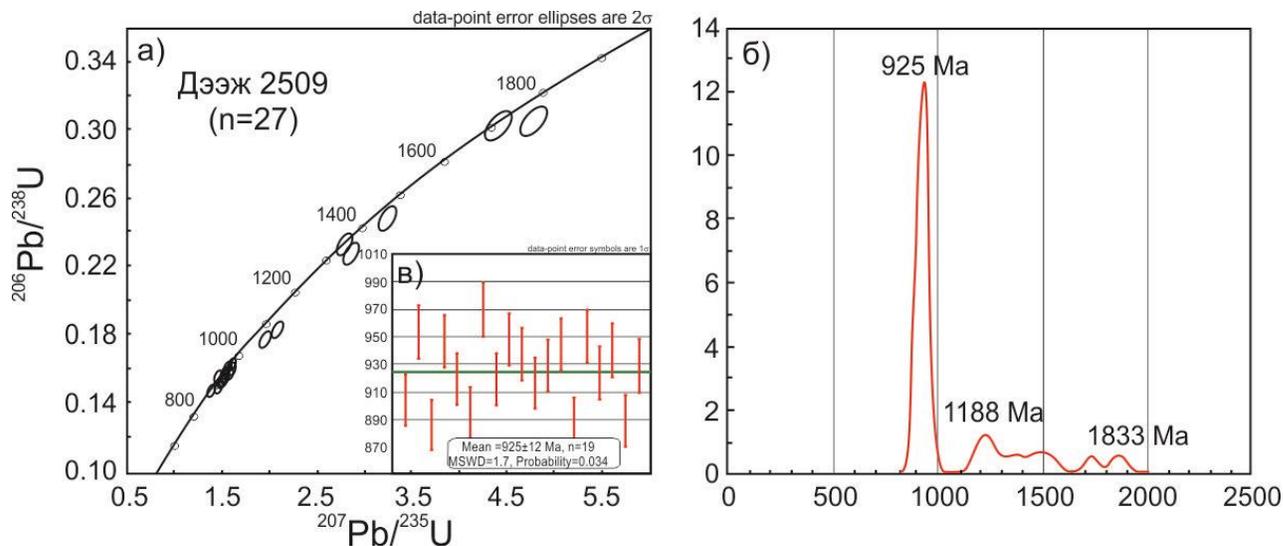
**ГЕОХРОНОЛОГИ.** Гранат агуулсан хоёр гялтгануурт парагнейсийн 2509 дээжнээс ялгасан цирконуудаас шаардлага хангасан нийт 27 мөхлөгийг U-Pb-ны үнэмлэхүй насны шинжилгээнд хамруулсанаас бүгд 94%-оос дээш илтгэлцүүр бүхий өндөр нарийвчлалтай конкорд өгөгдлүүд байв. Зөөгдмөл цирконуудын катод-люминесценцийн зургаас харахад тэдгээр нь 50-150  $\mu\text{m}$  урттай, талстын уртыг өндөрт харьцуулсан харьцаа 1:1 ба 1:2 хооронд хэлбэлзэнэ. Тэдгээр мөхлөгүүд нь янз бүрийн түвшинд мөлгөржсөн, бүдгээс тод илэрсэн бүслүүрлэг тогтоцтой (Зураг 84) байхаас гадна цирконуудын Th/U харьцааны утга харьцангуй өндөр, 0.1 ба 0.62 хооронд байгаа нь тэдгээрийг маагмын гаралтай болохыг илтгэнэ (Koschek, 1993).



Зураг 84. Гнейсийн 2509 дээжний зөөгдмөл цирконуудын катод-люминесценцийн зураг. Тайлбар: 20/888±18 (20 - цирконы дугаар, 888±18 - цирконы U-Pb нас, с.ж)

Дээр дурдсан зөөгдмөл цирконуудад U-Pb аргаар хийсэн үнэмлэхүй насны хэмжилтээр түүний бүрэлдэхүүнд 1864 ± 36 с.ж.-ээс 886 ± 18 с.ж.-ийн настай цирконууд байх бөгөөд тэдгээр нь 925 с.ж дээр гол пик нь байрлах үнэмлэхүй насны голлох нэг популяцийг үүсгэнэ (Зураг 85а, б). Цирконуудын бүрэлдэхүүнд 886 ± 18 ба 970 ± 20 с.ж. хооронд  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  нас нь хэлбэлзэх доод неопротерозойн циркон 70%, 1201 ± 40 ба 1361 ± 39 с.ж хооронд  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  нас нь хэлбэлзэх дунд мезопротерозойн циркон 16%-ийг тус тус эзлэх бөгөөд 1454 ± 38 – 1528 ± 38 с.ж ба 1729 ± 38 – 1864 ± 33 с.ж-ийн

$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  настай доод мезопротерозой ба дээд палеопротерозойн цирконууд багахан хэмжээгээр тохиолдоно. Энэ бүгдээс авч үзвэл цирконуудын бүрэлдэхүүнд ихэнх хувийг эзлэх доод неопротерозойн цирконуудын гол пик нь 925 с.ж дээр төвлөрөн байрлаж байгаа нь түүний насны тооцоолсон дундаж болох  $925 \pm 12$  с.ж-ийн өгөгдөлтэй дүйцэж байна (Зураг 85в).

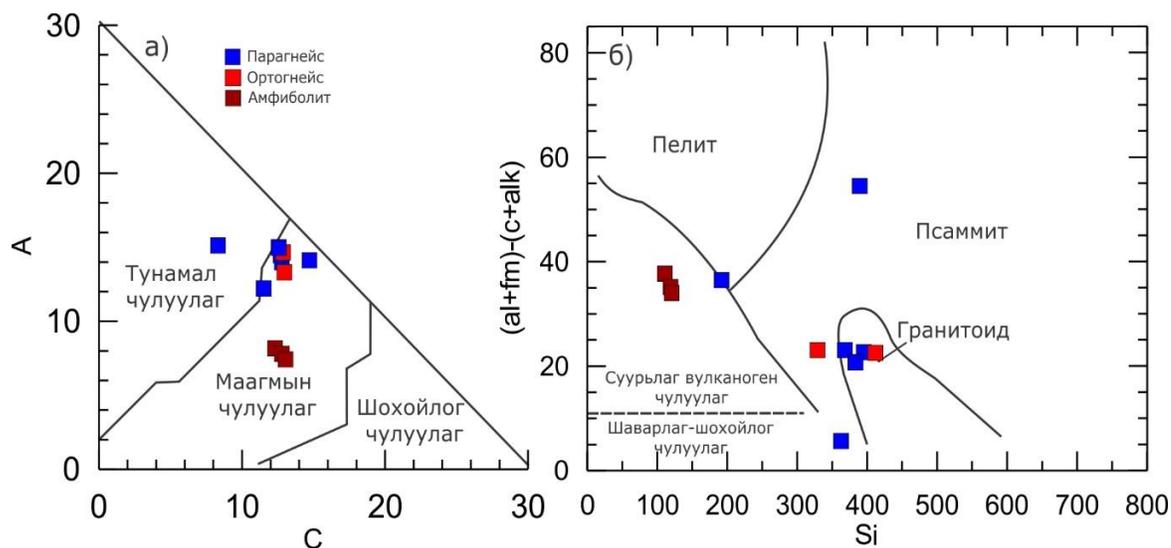


Зураг 85. Гнейсийн 2509 дээжний зөөгдмөл цирконуудын а) Үнэмлэхүй насны конкордийн диаграмм, б) Тархалтын гистограмм, в) Хамгийн залуу насны популяцийн дундаж утгын диаграмм

Ийнхүү Цагаан уулын дүүрэгт бидний явуулсан геохронологийн судалгаагаар гранат агуулсан хоёр гялтгануурт парагнейсийн цирконуудын бүрэлдэхүүнд  $886 \pm 18$  ба  $970 \pm 20$  с.ж хооронд  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  нас нь хэлбэлзэх доод неопротерозойн циркон ихэнх хувийг эзлэх бөгөөд тэдгээрийн үнэмлэхүй насны дундаж болох  $925 \pm 12$  с.ж-ийн өгөгдлөөр хурдас хуримтлалын насны доод хязгаарыг тогтоож болно. Харин хурдас хуримтлалын насны дээд хязгаарыг тус зузаалгийг зүссэн аплитийн дайкийн насаар тогтоох боломжтой юм. Петрографийн судалгаагаар тус аплит нь гранатын олон тооны мөхлөгүүдийг агуулах бөгөөд их бага хэмжээгээр гнейсжсэн байгаа нь тогтоогдсон. Судалгааны өнөөгийн түвшинд бид уг аплитийг Цагаан уулаас зүүн зүгт 60 км-т орших Цагаан Толгой худгийн ( $105^{\circ}55'30''$ ;  $41^{\circ}57'15''$ ) дүүрэгт 770 с.ж-ээр нас нь тогтоогдсон аплитийн дайктай харьцуулагдах боломжтой гэж үзэж байна. Өөрөөр хэлбэл, Цагаан уулын араар тархсан гнейсийн зузаалгийн протолит нь 925 - 770 с.ж хооронд буюу неопротерозойн тонийн цаг үед хуримтлагджээ. Иймээс бид цаашид палеопротерозойд ангилж ирсэн энэхүү метаморф зузаалгийг тус дүүрэгт 1:50000 масштабын геологийн зураглал ажил явуулах явцад [Бадамтулга нарын \(2005, 5626Ф\)](#) нэрлэсэн нэрээр Хулстай формацад ангилж насыг нь доод неопротерозойн тонийн стейжэд зураглах нь зүйтэй гэж үзлээ.

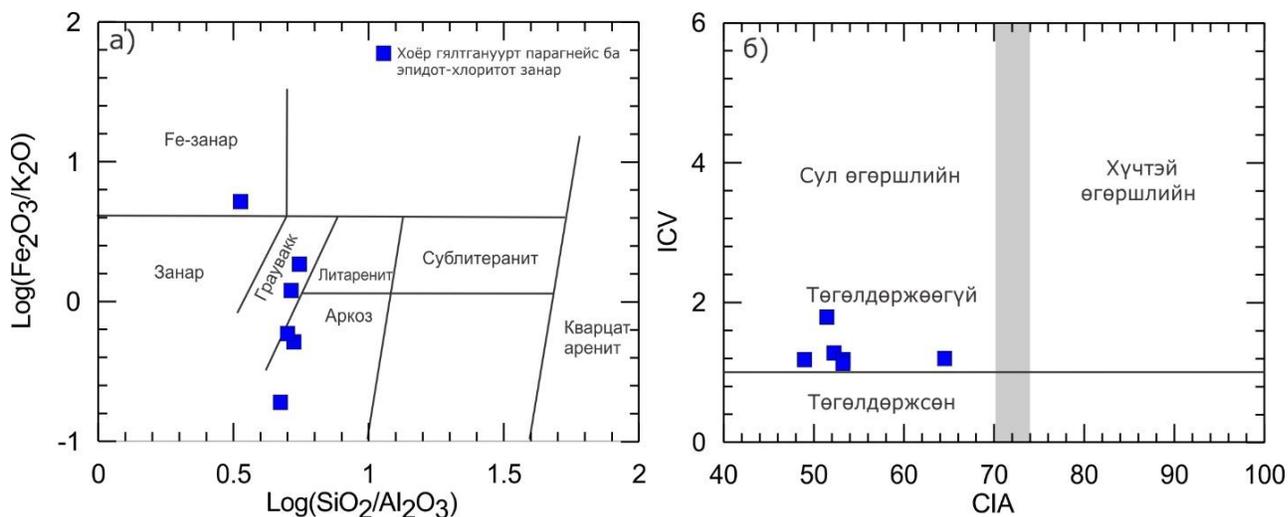
**ГЕОХИМИ.** Цагаан уулын дүүрэгт доод неопротерозойн Хулстай формацад ялгагдсан гнейсүүд болон амфиболитийн геохимийн шинжилгээний дүнг боловсруулахын тулд юуны түрүүнд тэдгээр чулуулгийн эх үүсвэр буюу анхдагч протолитийг тогтоох

зорилгоор практикт өргөн хэрэглэгддэг Симонин ба Нематовын диаграммуудыг ашиглав (Зураг 86). Эдгээр диаграммуудыг ашиглан боловсруулалт хийж үзэхэд амфиболит нь суурьлаг маагмын чулуулаг буюу базальтаар, занар нь пелитлэг тунамал чулуулгаар үүссэн болох нь тод харагдах бөгөөд харин янз бүрийн найрлагатай гнейсүүдийн хувьд тодорхой ялгагдахгүй байгаа нь ажиглагдана (Зураг 86). Иймээс гнейсүүдийн протолитийг тодорхойлохдоо петрографийн судалгаанд голлон тулгуурласан болно.



Зураг 86. Хулстай формацын метаморф чулуулгуудын анхдагч протолитийг тогтоох  
а) А.Нематов болон б) А.Симонены диаграммууд.

**Тунамал протолиттой парагнейс.** Метаморф зузаалгийн бүрэлдэхүүнд гранат агуулсан хоёр гялтгануурт парагнейс зонхилох бөгөөд бага хэмжээгээр хлорит-эпидотот занар тохиолдоно. Хоёр гялтгануурт парагнейсийн цахиурын ислийн агуулга 71.8 – 72.8 %, бусад чулуулаг бүрдүүлэгч голлох ислүүд болох  $\text{Al}_2\text{O}_3$  12.1 - 15.2%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  1.0 - 6.37 %,  $\text{MgO}$  2.50 -1.29%,  $\text{CaO}$  0.95 - 2.94%,  $\text{Na}_2\text{O}$  1.07 – 3.71 %,  $\text{K}_2\text{O}$  2.83 – 5.91 % хооронд тус тус хэлбэлзэж байгаа нь эх газрын дээд царцдасын дундаж утгатай (Rudnick and Gao, 2003) ойролцоо байна. Харин хлорит-эпидотот занарын хувьд цахиурын (59.3%) ба калийн ислийн (1.41%) агуулга харьцангуй бага байх бол  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (7.32 %),  $\text{MgO}$  (3.47%) ба  $\text{CaO}$  (5.20%) агуулга харьцангуй өндөр байгаа онцлог ажиглагдана. Петрохимийн шинжилгээний дүнд үндэслэсэн ангиллын дагуу гранат агуулсан хоёр гялтгануурт парагнейс нь аркозоос грауваккийн найрлагатай байх бол хлорит-эпидотот занар нь төмөрлөг занарт ангилагдана (Зураг 87а, б).

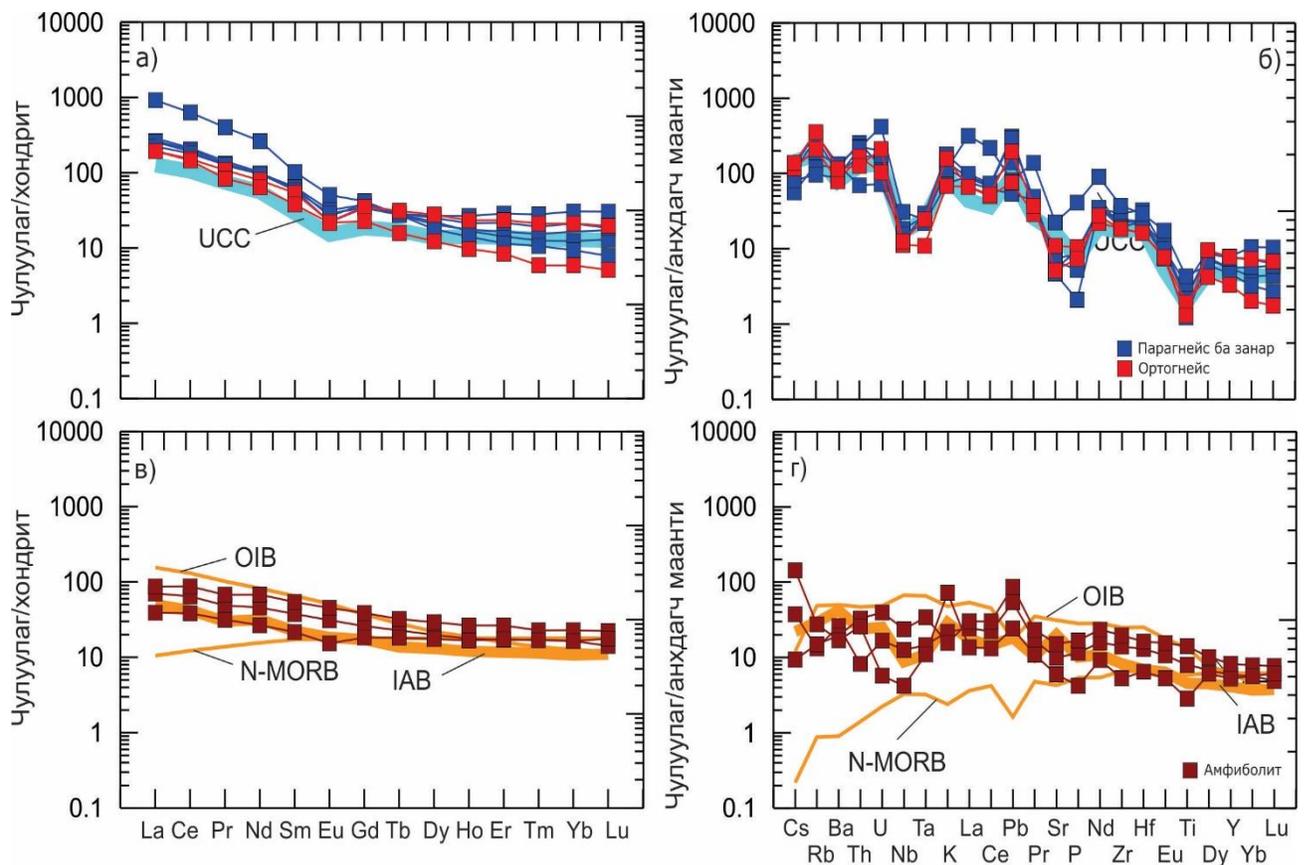


Зураг 87. Хулстай формацын парагнейс ба занарын протолитийн ангиллын диаграмм. а) Петтиджоны диаграмм (Pettijohn et al., 1972), б) Химийн өгөршлийн (CIA) ба найрлагын өөрчлөлтийн индекс (ICV)-ийн харьцааны диаграмм (Cox et al., 1995)

Эдгээр тунамал эх үүсвэртэй парагнейсүүдийн  $Cl$  хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн графикт  $Eu$ -ийн сөрөг гажил ( $Eu/Eu^* = 0.50 - 0.65$ ) илрэх бөгөөд чулуулаг нь ХүГХЭ-ийг бодвол ХөгХЭ-ээр баяжсан, өөрөөр хэлбэл  $La_n/Yb_n$ -ийн харьцаа 7.27-21.3 хооронд хэлбэлзэнэ (Зураг 88а). Тэдгээр хоёр гялтгануурт парагнейсүүдийн ГХЭ-ийн нийлбэр агуулга 259 – 290 г/т байх бөгөөд дунджаар 274 г/т байна. Харин эпидот-хлориттой занарын хувьд (дээж 2520)  $Eu$ -ийн сулавтар сөрөг гажил ( $Eu/Eu^* = 0.77$ ) илрэх боловч  $La_n/Yb_n$ -ийн харьцаа 97.3 байх бөгөөд ГХЭ-ийн нийлбэр агуулга харьцангуй өндөр 802 г/т байгаа онцлог ажиглагдана. Мөн хоёр гялтгануурт парагнейсийн 2523 дээжний хувьд  $Eu$ -ийн гүнзгий эерэг гажил ( $Eu/Eu^* = 2.07$ ) илрэх бөгөөд ХүГХЭ-ийг бодвол ХөгХЭ-ээр ( $La_n/Yb_n = 79.6$ ) баяжсан боловч ГХЭ-ийн нийт агуулга харьцангуй бага 80 г/т байна (Жич: 2523 дээжний өгөгдлийг зураг 88-т харуулаагүй болно).

Хэдийгээр парагнейс ба занарууд нь ГХЭ-ийн онцлогоороо бага зэрэг ялгаатай боловч анхдагч маантийн найрлагаар нормчилсон сарнимал элементийн тархалтын диаграммд ерөнхийдөө ойролцоо зүйтогтолтой, том ионт литофиль элемент ( $Rb, K$ ) болон өндөр цэнэгтэй элемент  $U, Pb, Zr, Hf$ -ийн эерэг гажил,  $Nb, Ta, Sr, P, Sr, Ti$ -ний тод илэрсэн сөрөг гажилтай хавсран илэрнэ (Зураг 88б).

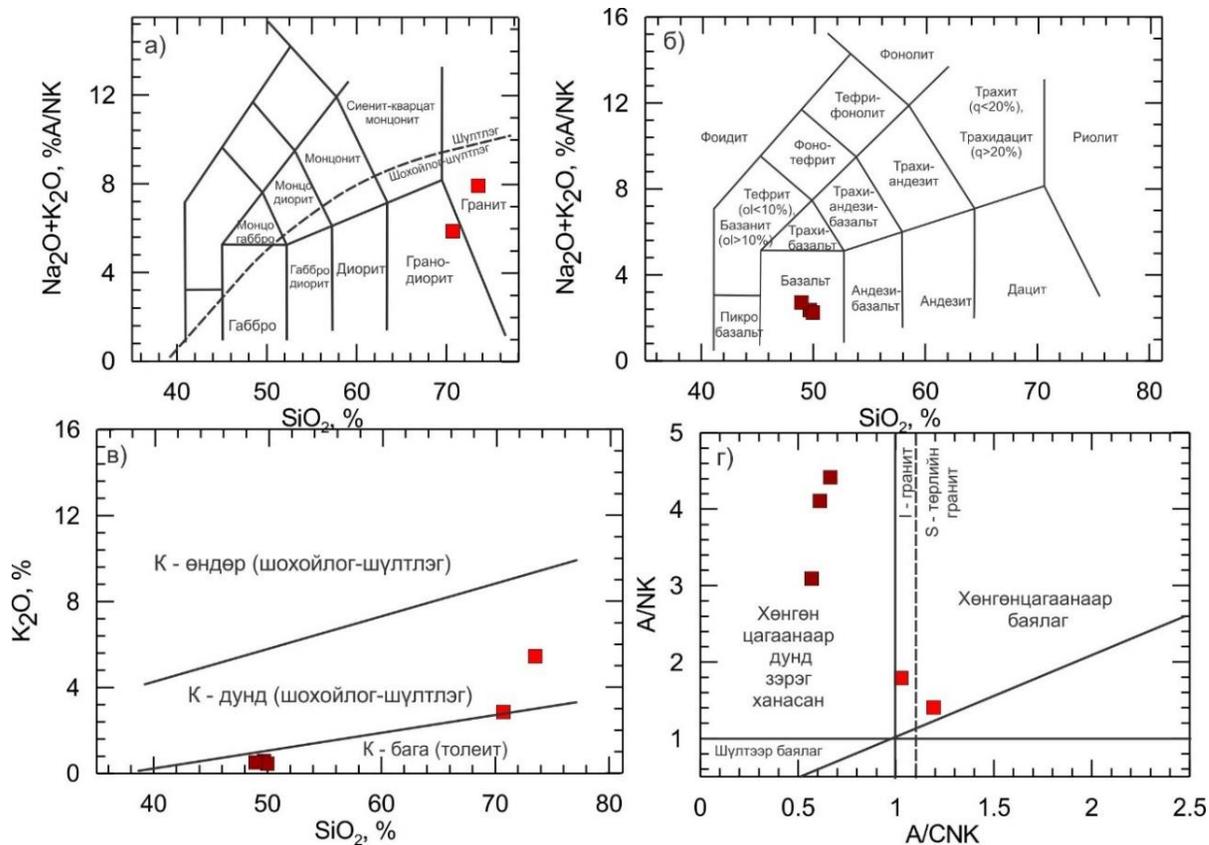
ГХЭ ба сарнимал элементүүдийн тархалтын онцлог нь парагнейстэй ижил байгааг Зураг 88-аас харж болно. Өөрөөр хэлбэл ортогнейсүүдийн  $Cl$  хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн графикт  $Eu$ -ийн сөрөг гажил ( $Eu/Eu^* = 0.52 - 0.73$ ) илрэх бөгөөд чулуулаг нь ХүГХЭ-ийг бодвол ХөгХЭ-ээр баяжсан, өөрөөр хэлбэл  $La_n/Yb_n$ -ийн харьцаа 9.17-32.7 хооронд хэлбэлзэх бол анхдагч маантийн найрлагаар нормчилсон сарнимал элементийн тархалтын диаграммд том ионт литофиль элемент ( $Rb, K$ ) болон өндөр цэнэгтэй элемент  $U, Pb, Zr, Hf$ -ийн эерэг гажил,  $Nb, Ta, Sr, P, Sr, Ti$ -ний тод илэрсэн сөрөг гажилтай хавсран илэрнэ (Зураг 88а, б). ГХЭ-ийн нийлбэр агуулгыг авч үзвэл 191 – 221 г/т байна.



Зураг 88. Хулстай формацын метаморф чулуулгуудын CI хондритийн найрлагаар нормчилсон ГХЭ-ийн ба анхдагч маангийн найрлагаар нормчилсон сарнимал элементүүдийн спайдер диаграмм. Нормчлолын өгөгдлүүдийг Sun & McDonough (1989), Эх газрын базальтын дундаж өгөгдлийг Kelemen et al., (2003) ажлуудаас тус тус авав

**Ортогнейс буюу маагмын чулуулгаар үүссэн гнейс.** Петрографийн судалгаа болон хээрийн геологийн ажиглалтын дүнд тулгуурлан цайвар саарал өнгийн дундаас том мөхлөгтэй кварц, плагиоклаз биотит зэргээс тогтсон гнейс буюу 2526 ба 2527 дугаартай дээжнүүдийг ортогнейсэд хамааруулсан. Эдгээр чулуулгуудын цахиурын ислийн агуулга 70.7 – 73.5 %, бусад чулуулаг бүрдүүлэгч голлох ислүүд болох  $Al_2O_3$  14.0 - 14.4%,  $Fe_2O_3$  2.53 - 3.83 %,  $MgO$  0.53 - 1.25%,  $CaO$  0.99 - 3.29%,  $Na_2O$  2.46 – 3.01 %,  $K_2O$  2.45 – 3.01 % хооронд тус тус хэлбэлзэнэ. Чулуулаг нь химийн гол ислийнхээ хэмжээгээр ( $Na_2O+K_2O$  ба  $SiO_2$ ) гранит ба гранодиоритын найрлагатай, хөнгөнцагаанаар баялаг, К-ийн дунд (2.86 - 5.45%) агуулгатай шохойлог-шүлтлэг эгнээний чулуулгийн төрөлд хамаарагдана (Зураг 89а, в, г).

**Амфиболит.** Суурьлаг вулканоген чулуулгаар үүссэн амфиболитийн цахиурын ислийн агуулга 48.9 – 50.0 %, бусад чулуулаг бүрдүүлэгч голлох ислүүд болох  $Al_2O_3$  12.9 - 16.6%,  $Fe_2O_3$  11.8 - 16.5 %,  $MgO$  4.82 - 8.54%,  $CaO$  10.2 - 11.1%,  $Na_2O$  1.79 – 2.21 %,  $K_2O$  0.46 – 0.57 % хооронд тус тус хэлбэлзэж байна. Амфиболит нь химийн гол ислийнхээ хэмжээгээр ( $Na_2O+K_2O$  ба  $SiO_2$ ) базальтын найрлагатай, хөнгөнцагаанаар дунд зэрэг ханасан, К-ийн бага (2.86 - 5.45%) агуулгатай толеитийн эгнээний чулуулгийн төрөлд хамаарагдана (Зураг 89б, в, г).



Зураг 89. Хулстай формацын а) Ортогнейсийн ангиллын  $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  (Irvine & Baragar, 1985); б) Амфиболитийн ангиллын  $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  (Le Maitre et al., 1989), в)  $\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$  харьцааны диаграмм (Peccherillo and Taylor, 1976); г) A/CNK – A/NK харьцааны (Middlemost, 1985) диаграммууд

Амфиболитийн CI хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн графикт Eu-ийн гажил илрэхгүй бөгөөд ( $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0.98 - 0.99$ , зөвхөн 2515 дээжинд уг харьцаа 0.77 байна) чулуулаг нь ХүГХЭ-ийг бодвол ХөгХЭ-ээр бага зэрэг баяжсан, өөрөөр хэлбэл  $\text{La}_n/\text{Yb}_n$ -ийн харьцаа 2.38 - 4.30 хооронд хэлбэлзэх шулуун хэлбэрийн тархалтыг үүсгэж байгаа нь эх газрын базальтын дундажтай нийцлэг байгаа нь харагдана (Зураг 88в). Анхдагч маантийн найрлагаар нормчилсон сарнимал элементийн тархалтын диаграммд К ба Рb-аар баяжиж Nb, P, Ti-аар үл ялиг шавхагдсаныг эс тооцвол Эх газрын базальттай ерөхийдөө ойролцоо шинжийг үзүүлнэ (Зураг 88г). Тэдгээрийн ГХЭ-ийн нийлбэр агуулга 70 – 151 г/т байх бөгөөд дунджаар 109 г/т байна.

## МЕТАМОРФ ЧУЛУУЛГУУДЫН ҮҮСЛИЙН ГЕОДИНАМИК ОРЧИН

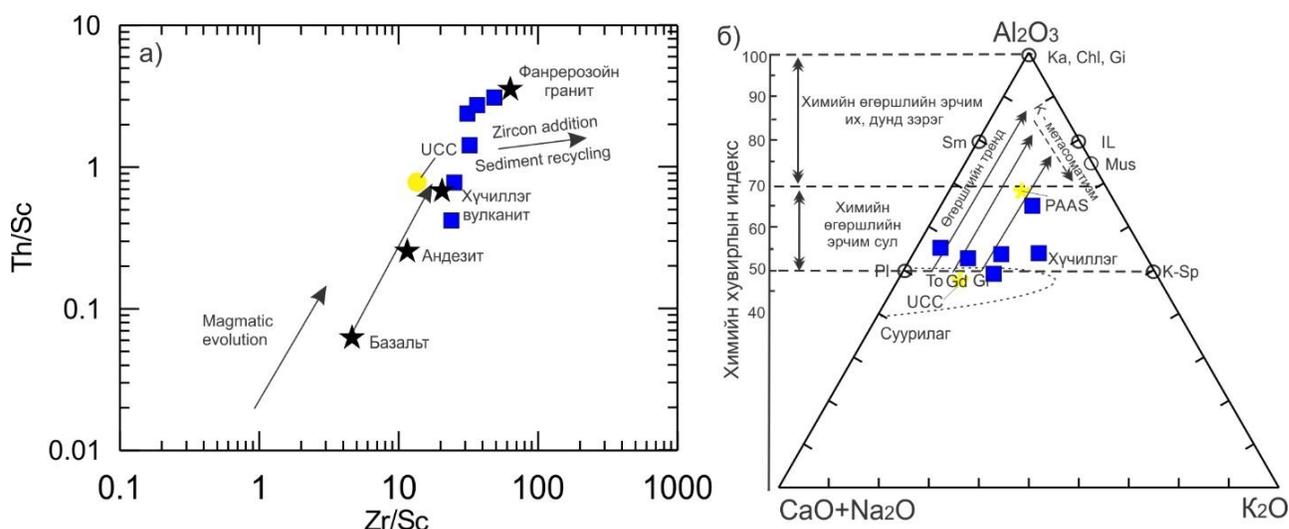
### Тунамал протолиттой метаморф чулуулгуудын эх үүсвэр, хурдас хуримтлалын орчин, геодинамик нөхцөл

Петрохимийн онцлогоороо Хулстай формацын парагнейс нь грауваккаас аркоз элсэн чулууны найрлагатай болох талаар дээр дурдсан (Зураг 87а). Тэдгээрийн химийн өгөршлийн индексийн утга 49 – 64 хооронд хэлбэлзэх бол найрлагын өөрчлөлтийн индекс 1.13 - 1.79 байгаа нь тэдгээр нь химийн өгөршлийн эрчим сул,

физик өгөршил давамгайлсан мужаас үүсэлтэй болохыг илтгэнэ (Зураг 87б). Өөрөөр хэлбэл эх үүсвэр мужийн найрлагад шаварлаг эрдсийн оролцоо бага байсан байна. Харьцуулах зорилгоор авч үзвэл өгөршилд автаагүй эх газрын дээд царцдасын химийн өгөршлийн индекс 48 байдаг бол дунд зэрэг өгөршилд автсан архейн дараах занарт (PAAS) энэ индекс 70-75, харин каолинит, гипс зэрэг шаварлаг эрдсүүдэд 100 орчим байдаг байна (McLennan et al., 1993; Rudnick and Gao, 2003). Плагиоклазын өөрчлөлтийн индекс (PIA) 48 - 73 (дундаж 56) байгаа нь зөөгдөл, хуримтлалын процессын явцад плагиоклаз хувиралд маш бага автсан болохыг давхар харуулна.

Тунамал хурдсын зөөгдөл ба ялгарал нь монацит, циркон зэрэг хүнд эрдсүүдийн хуримтлалаас үүдэн хурдсын геохимийн онцлогт нөлөөлөх бөгөөд жишээлбэл монацитын хуримтлалаас үүдэн хурдсын  $Gd_n/Yb_n$  харьцаа 12 хүртэл эрс өсдөг (Cullers, 1988; McLennan et al., 1990, 1993). Мөн цирконы хуримтлалаас үүдэлтэй хурдсанд Zr ба Zr/Sc харьцааны утга өсдөг (McLennan, 1989; McLennan and Taylor, 1991; McLennan et al., 1993; Cullers 1994). Хулстай формацын парагнейсийн  $Gd_n/Yb_n$  харьцаа 0.91 – 3.40 буюу дунджаар 2.1 байгаа нь монацитаар үл ялиг баяжсан болохыг харуулна. Энэ утга эх газрын дээд царцдасын ихэнх чулуулагт 1.0–2.0 байдаг (McLennan et al., 1993). Мөн эдгээр метаморф чулуулгуудын Zr агуулга 113 – 419 г/т, дунджаар 270 г/т байх бөгөөд Th/Sc -Zr/Sc дискриминацийн диаграмм дээр тэдгээр нь маагмын трендтэй паралель байгаа нь цирконоор төдийлөн баяжаагүй болохыг харуулна (Зураг 90а).

Харин U ба Th-ийн хувьд исэлдлийн орчинд уусамтгай чанар харилцан адилгүй учир Th/U харьцаа аажмаар ихэсдэг зүйтогтол илэрдэг (McLennan and Taylor, 1980). Хулстай формацын занар ба парагнейсийн Th/U харьцаа 2.13 – 8.27 хооронд буюу дунджаар 4.40 байгаа нь ЭГДЭЦ-ын дундажтай ижил (3.89, Rudnick and Gao, 2003), харин архейн дараах занарын дундажаас (PAAS, 4.5 – 5.5, McLennan and Taylor, 1980) бага байна. Тэдгээр чулуулгийн  $SiO_2/Al_2O_3$  харьцаа (3.35 – 5.54) харьцангуй бага, харин ГХЭ-ийн нийлбэр агуулга (259 – 290 г/т) харьцангуй өндөр байгаа зэрэг нь зөөгдөл, хуримтлал харьцангуй ойр зайнаас явагдсан болохыг харуулна.

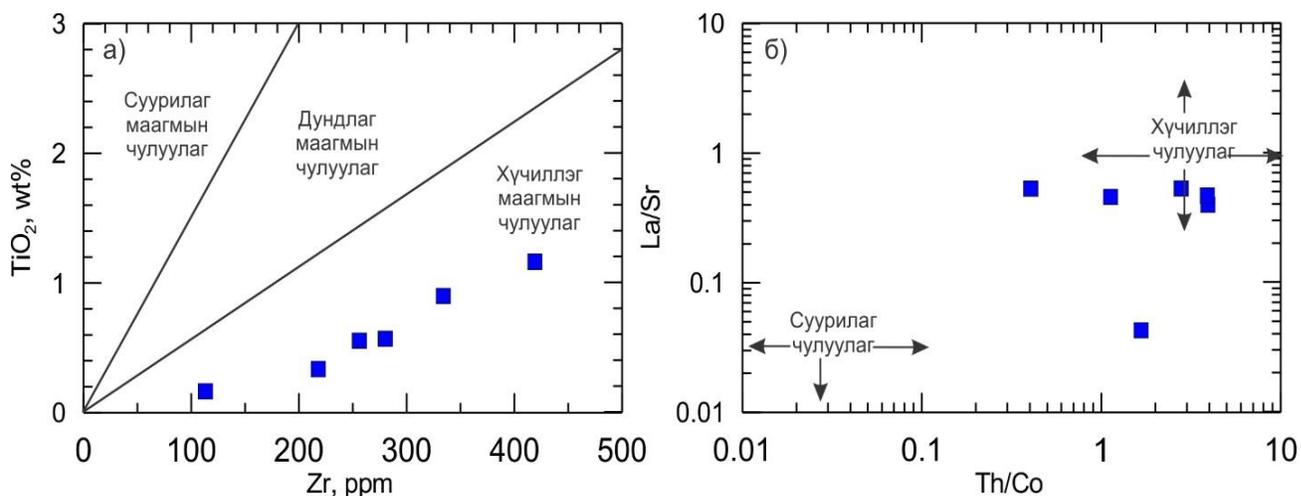


Зураг 90. Хулстай формацын парагнейс ба занарын а) Th/Sc ба Zr/Sc дискриминацийн диаграмм (McLennan et al., 1993), б) A–CN–K (Nesbitt and Young, 1982) гурвалжин диаграмм.

Учир нь хурдсын зөөгдөл, хуримтлал эрчимтэй явагдаж ялгарал нэмэгдсэний үр дүнд хурдсын төгөлдөржилт нэмэгдэж улмаар кварцын агуулга нэмэгддэгтэй холбоотойгоор  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  харьцаа ихсэж бусад сарнимал элементүүдийн агуулга багасдаг байна (McLennan et al. 1993).

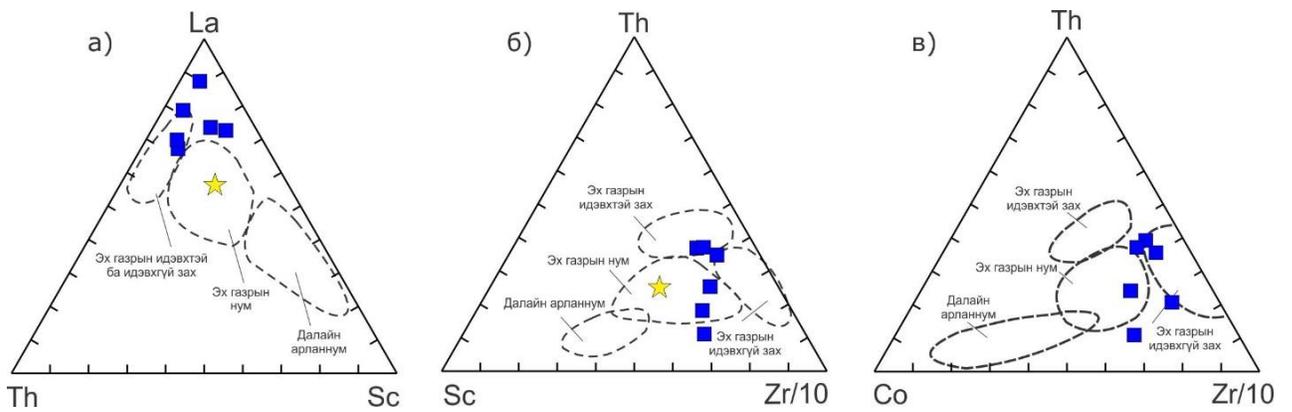
**Эх үүсвэр мужийн шинж чанар ба найрлага.** Тунамал чулуулгийн эх үүсвэр мужийн найрлага, өгөршил ба хурдас хуримтлалын дараа үеийн хувирлын процессын явцад элементүүд хэрхэн өөрчлөгдсөн онцлог болон өгөршлийн трендийг тус тус харуулдаг  $(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}) - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{K}_2\text{O}$  гурвалжин диаграмм (Nesbitt and Young, 1982) дээр Хулстай формацын парагнейс ба занар нь тоналит, гранодиорит ба гранитын өгөршлийн тренд дээр байрлаж байгаа нь тэдгээрийн эх үүсвэрт хүчиллэг маагмын чулуулаг зонхилж байсаныг харуулна (Зураг 90б). Мөн тус диаграммаас өгөршлийн тренд А–К шугам руу чиглэж байгаа байдал нь плагиоклазаас Са ба Na маш бага зөөгдсөн, өөрөөр хэлбэл эх үүсвэр мужид химийн өгөршлийн эрчим маш бага, харин физик өгөршил давамгайлж байсан гэж үзэж болно.

Мөн тунамал чулуулгийн эх үүсвэр тодорхойлох  $\text{TiO}_2 - \text{Zr}$  ба  $\text{La}/\text{Sr} - \text{Th}/\text{Co}$  дискриминацийн диаграммуудыг ашиглаж үзэхэд парагнейс ба занар хүчиллэг маагмын чулуулгаас үүсэлтэй болохыг давхар батална (Зураг 91а, б).



Зураг 91. Хулстай формацын парагнейс ба занарын эх үүсвэр мужийн найрлагыг тогтоох  $\text{TiO}_2 - \text{Zr}$  (Bracciali et al., 2007) ба  $\text{La}/\text{Sr} - \text{Th}/\text{Co}$  (Roser and Korsch, 1986) диаграммууд.

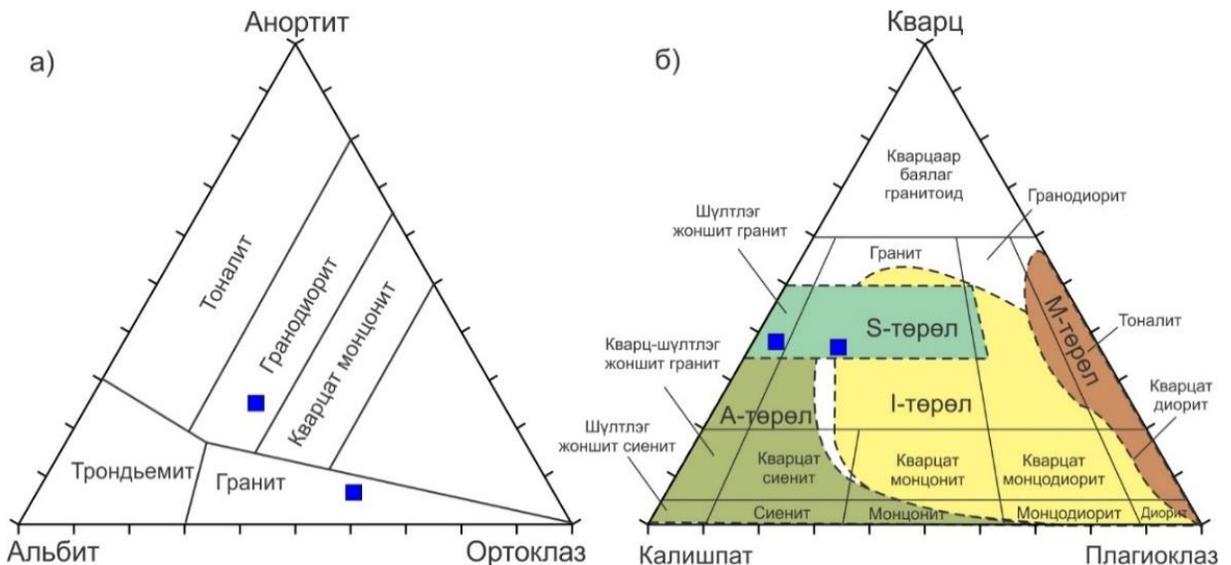
Дээжнүүдийн сарнимал элементийн шинжилгээний дүнг ашиглан тектоник орчны ангиллын  $\text{Th} - \text{Sc} - \text{La}$ ,  $\text{Sc} - \text{Zr}/10 - \text{Th}$ ,  $\text{Co} - \text{Zr}/10 - \text{Th}$  гурвалжин диаграммуудыг байгуулж үзэхэд парагнейс ба занарын протолит нь эх газрын зах ба эх газрын нумын холилдсон эх үүсвэрээс үүссэн болох нь харагдаж байна (Зураг 92а, б).



Зураг 92. Хулстай формацын парагнейс ба занарын протолитийн үүслийн геодинамик орчныг тодорхойлох а) Th – Sc - La, б) Sc - Zr/10 – Th; в) Co – Th – Zr (Bhatia and Crook, 1986)

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

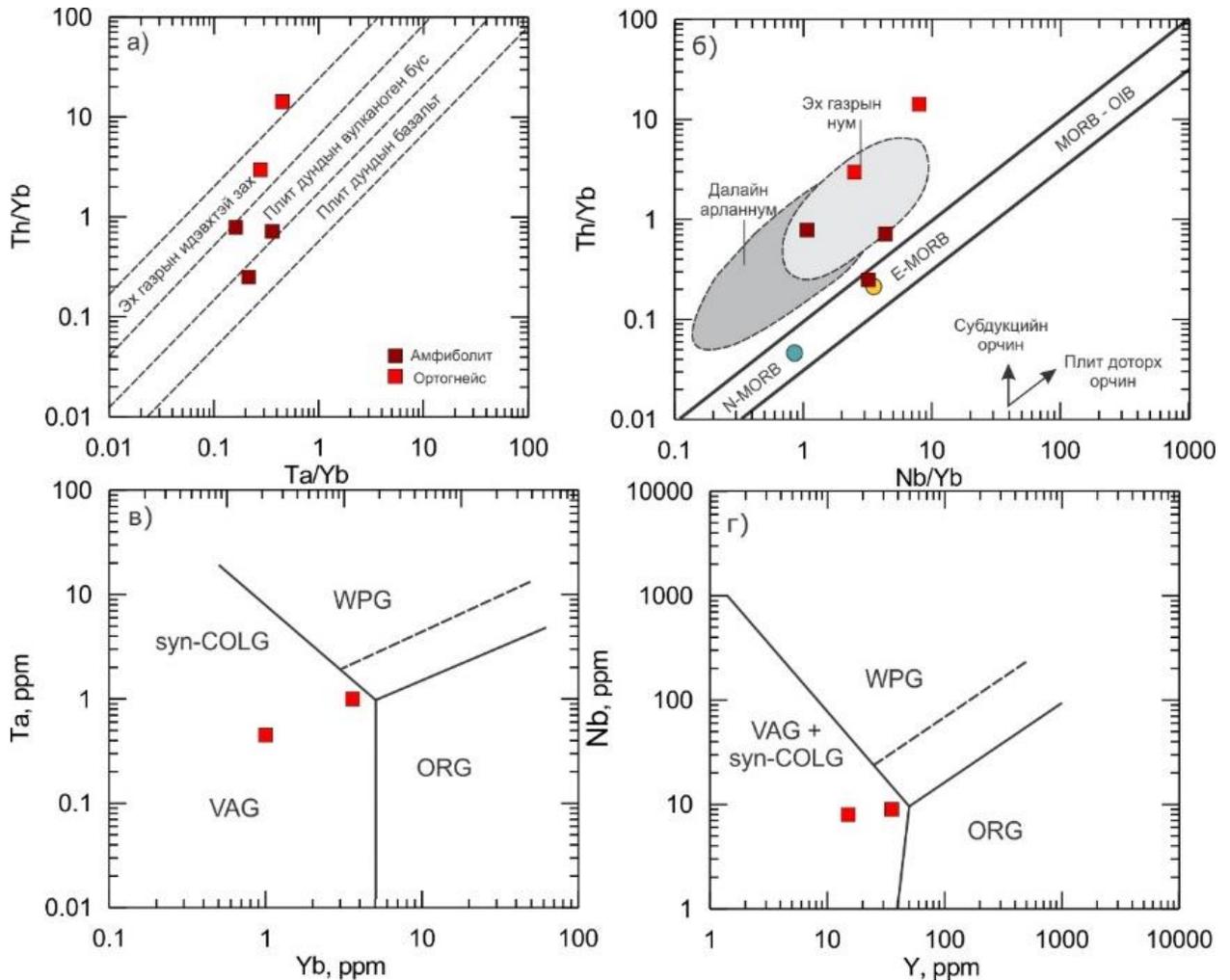
Петрохимийн шинжилгээний дүнгээр Хулстай формацын ортогнейс нь гранит ба гранодиоритын найрлагатай, хөнгөнцагаанаар баялаг, К-ийн дунд агуулгатай шохойлог-шүлтлэг эгнээний чулуулгийн төрөлд хамаарагдана (Зураг 89). Хэдийгээр хоёрхон дээжний өгөгдөл байгаа боловч ортогнейсийн протолитийн гарал үүслийн төрлийг тогтоох үүднээс An–Ab–Or (анортит-альбит-ортоклаз) болон Q – A - P (кварц-шүлтлэг жонш – плагиоклаз) диаграммуудыг ашиглан боловсруулалт хийж үзэхэд чулуулаг нь гранит ба гранодиоритийн найрлагатай, S-төрлийн гранитад хамаарагдаж байгаа нь тэдгээрийг метатунамал чулуулгийн хэсэгчилсэн хайлалтаар үүссэн болохыг харуулж байна (Зураг 93а, б).



Зураг 93. Хулстай формацын ортогнейсийн ангиллын а) An–Ab–Or (Connor, 1965; Barker, 1979), б) Гранитоид чулуулгийн гарал үүслийн төрлийг ялгах Q-A-P (Lameyre and Bowden, 1982) диаграммууд.

Эдгээр ортогнейс болон суурилаг вулканоген чулуулгаар үүссэн амфиболитийн үүссэн геодинамик нөхцлийг тодруулах үүднээс метаморфизмын явцад харьцангуй

тогтвортой байдаг сарнимал элементүүдэд үндэслэсэн Th/Yb - Ta/Yb, Th/Yb - Nb/Yb ашиглан боловсруулалт хийж үзэхэд тэдгээр нь эх газрын идэвхтэй зах, эх газрын нумын орчныг илэрхийлж байна (Зураг 94а). Мөн Ta – Yb, Nb – Y диаграммууд дээр ортогнейсүүд нь эх газрын нум ба коллизийн гранитын шинжийг үзүүлж байна.

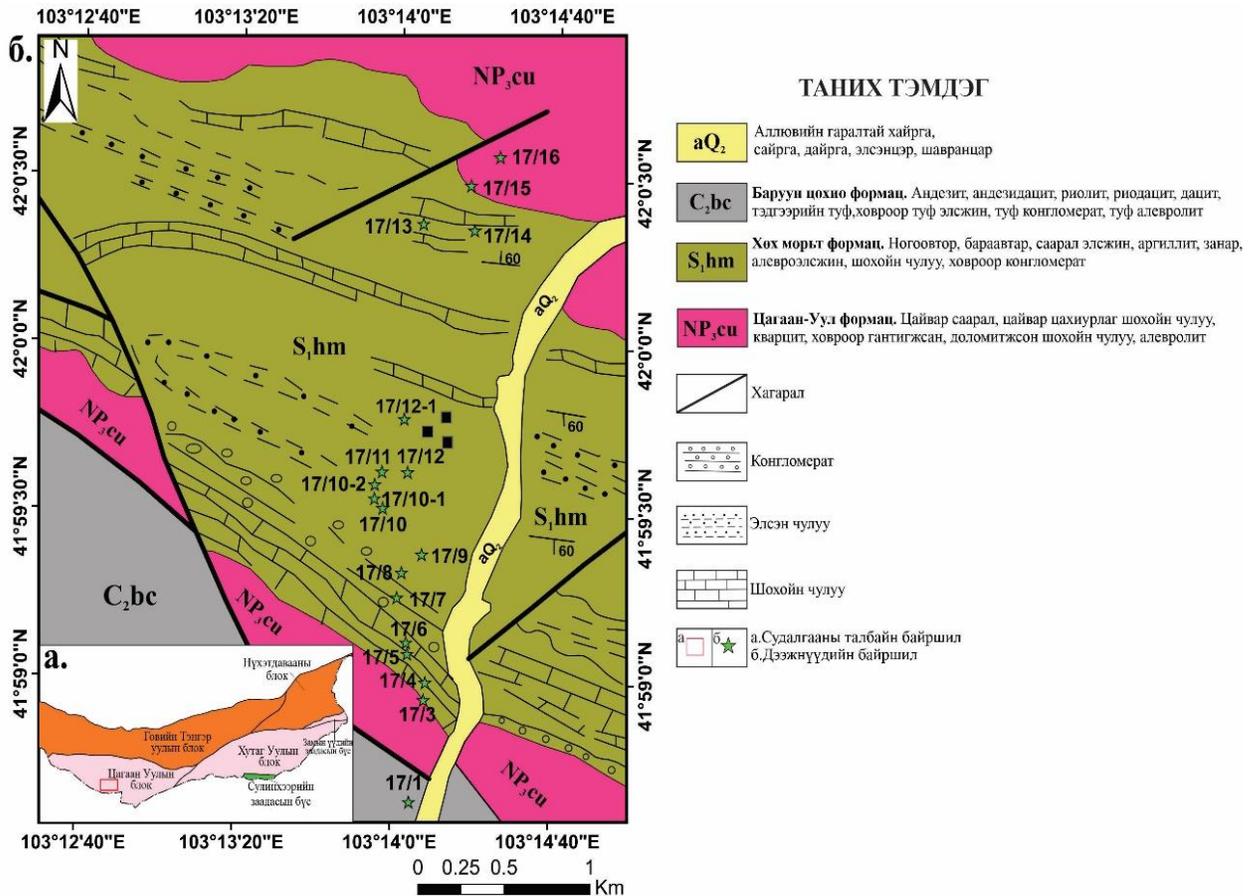


Зураг 94. Хулстай формацын ортогнейс, амфиболитийн үүслийн геодинамик орчныг тодруулах а) Th/Yb - Ta/Yb, б) Th/Yb - Nb/Yb, в) Ta – Yb, г) Nb – Y (Pearce et al., 1984) диаграммууд. Тайлбар: OIB – далайн арлан нум, E-MORB – Баяжсан далайн голч нурууны базальт, N-MORB – ердийн далай голч нурууны базальт, VAG – эх газрын нумын гранит, syn-COLG – коллизийн гранит, WPG – плит доторх гранит, ORG – далайн голч нурууны гранит

Дээр дурдсан бүхнийг нэгтгэн дүгнэж үзвэл Хулстай формацын бүрэлдэхүүнд илэрсэн ортогнейс ба амфиболитийг эх газрын зах-эх газрын нумын орчинд үүссэн гэж үзэж болохоор байна. Мөн энд нэмж тэмдэглэхэд амфиболитод эх газрын нумын базальттай ойролцоо геохимийн онцлог шинж илэрч байгаа нь тогтоогдсон болно.

**ЦАГААН-УУЛ БА ХӨХМОРЬТ ФОРМАЦ.** Эдгээр формацуудын хээрийн судалгааны ажлыг Цагаан-Уулын сүмийн туурийн баруун хэсэгт явуулсан бөгөөд геологийн ажиглалт судалгаа явуулж холбогдох дээжлэлт хийсэн цэгүүдийн байршлыг Зураг 95-

д үзүүлэв. Цагаан-Уулын сүмийн туурийн баруун хэсэгт судалгаа явуулсан талбайн хэмжээнд доод неопротерозойн Цагаан-Уул, силурын лландовери-венлок серийн Хөхморьт, карбоны миссисип серийн Баруунцохио формацын хурдас тус тус ялгагдана (Зураг 95).



Зураг 95. Судалгааны талбайн байршил. (Төмөртөгсө, 2017); Цагаан Уул орчмын геологийн зураг (5626ф суурь зургийг ашиглав)

**Цагаан-Уул формацаар** зураглагдсан зузаалаг нь цагаан саарал өнгийн шохойн чулуунаас дагнан тогтох ба зүсэлтийн доод талд нь деформацад эрчимтэй автаж брекчлэгдсэн кварцитын зузаалаг дээр шохойн чулууны нийцлэг байршил ажиглагдана (Зураг 96).

Цагаан-Уул формацын кварцит нь марганцын ислээр баяжиж гадаргуудаа бор шаргал, бор өнгөтэй болсон байх бөгөөд гантигжсан шохойн чулуутай ээлжлэн салаавчилсан (0.6-1.5м хүртэл) үелэл үүсгэдэг. Заримдаа кварцит давамгайлж байгаа нь харагддаг. Тус зузаалгийн насыг тогтоох зорилгоор уг зузаалагийн кварцитын сорьц 17/16-ыг (42°00'34.2"; 103°14'25") анхан шатны боловсруулалт хийхэд циркон илрээгүй.



Зураг 96. Цагаан-Уул формацаар зураглагдсан шохойн чулууны гаршийн зураг

**Хөхморьт формацын** терриген-карбонат хурдас нь Цагаан уул блокийн хэмжээнд Цулхир худгийн орчим Ширээгийн хярын зүүн хэсгээр (К-48-64) тархсан байх бөгөөд Цагаан Уулын дүүрэгт бага талбайд амьтны үлдвэр бүхий карбонат терриген зузаалгаас тогтоно (Зураг 95). Ч. Минжин нар (1996) уг хурдсын шохойн чулуут багцыг судлаж лландовери, венлокт өргөн тархалттай шүрийн төрөл зүйл тодорхойлж агуулагч хурдсыг Хөхморьт уулын нэрээр формац болгон ялгах саналыг дэвшүүлсэн байдаг.

Бид хээрийн ажлын явцад Цагаан уулын сүмийн туурийн баруун тал орчимд тус формацын хурдсанд зүсэлт хийж чулуулгуудын дарааллыг дараахи байдлаар тогтоолоо (Зураг 97).

Зүсэлтийг дороос дээш бичиглэв (41°55'31"; 103°13'57"):

1. Цайвар саарал өнгийн гадаргуугаараа исэлдсэн кварцит (17/16).....>50
  2. Хөх саарал өнгийн шохойн чулуу криноид, шүр агуулна (17/15) ..... 280м
  3. Шүр, хөвд биетэн агуулсан цайвар, хөх саарал өнгийн шохойн чулуу (17/13,14)..... 70м
  4. Аргиллит, алевролит, нарийн конгломератын үетэй шохойлог элсэн чулууны багц.. 570м
  5. Конгломератын нарийн үетэй мөр хөлтөний баялаг олдвортой шохойн чулуу (17/12-1) ..... 60 м
  6. Саарал ба ягаан өнгийн занаржсан шохойн чулууны салаавчилсан үе, шүрүүд мөн хөвөн биеттэй (17/11) ..... 126м.
  7. Саарал өнгөтэй шохойн чулуу, нарийн алеролитын үетэй хүрэн өнгийн занаржсан шохойн чулуу, конгломератын багц үе (17/10, 17/10-1,) ..... 40 м
  8. Хар хөх саарал өнгийн криноид болон саарал өнгийн шүр агуулсан шохойн чулуу (17/10-2) ..... 40м
  9. Сайн мөлгөржсөн хайргатай хүрэн өнгийн конгломерат (17/9)..... 50м
- Нийт зузаан 1286 м.

систем сери стейж Формац	литологи	дээж №	зузаан, м	
Силур венлок лландовери	лудлов	17/9	1286	
		17/10-2		
		17/10-1		
		17/10		
		17/11		
	Хөх морьт	17/12-1		
		17/12		
		17/13		
		17/14		
		17/15		
	Цагаан уул	17/16		



конгломерат алевролит шохойжингийн нимгэн үетэй 17/9, 17/10



Мөр хөлтөн цуглуулсан цэг, заставын зүүн урд, 17/12-1



Аргиллит, алевролит, шохойлог элсжингийн багц



Шүр агуулсан шохойн чулуу 17/14

(Эрдэнэжаргал, 2017)

алевролит

шохойн чулуу

хөрзөн

а.брахиопод, хөвөн бистэн, мшанк

алевроэлсэнчулуу

элсэнчулуу

кварцит

б.криноид в. ругоса, табулят,

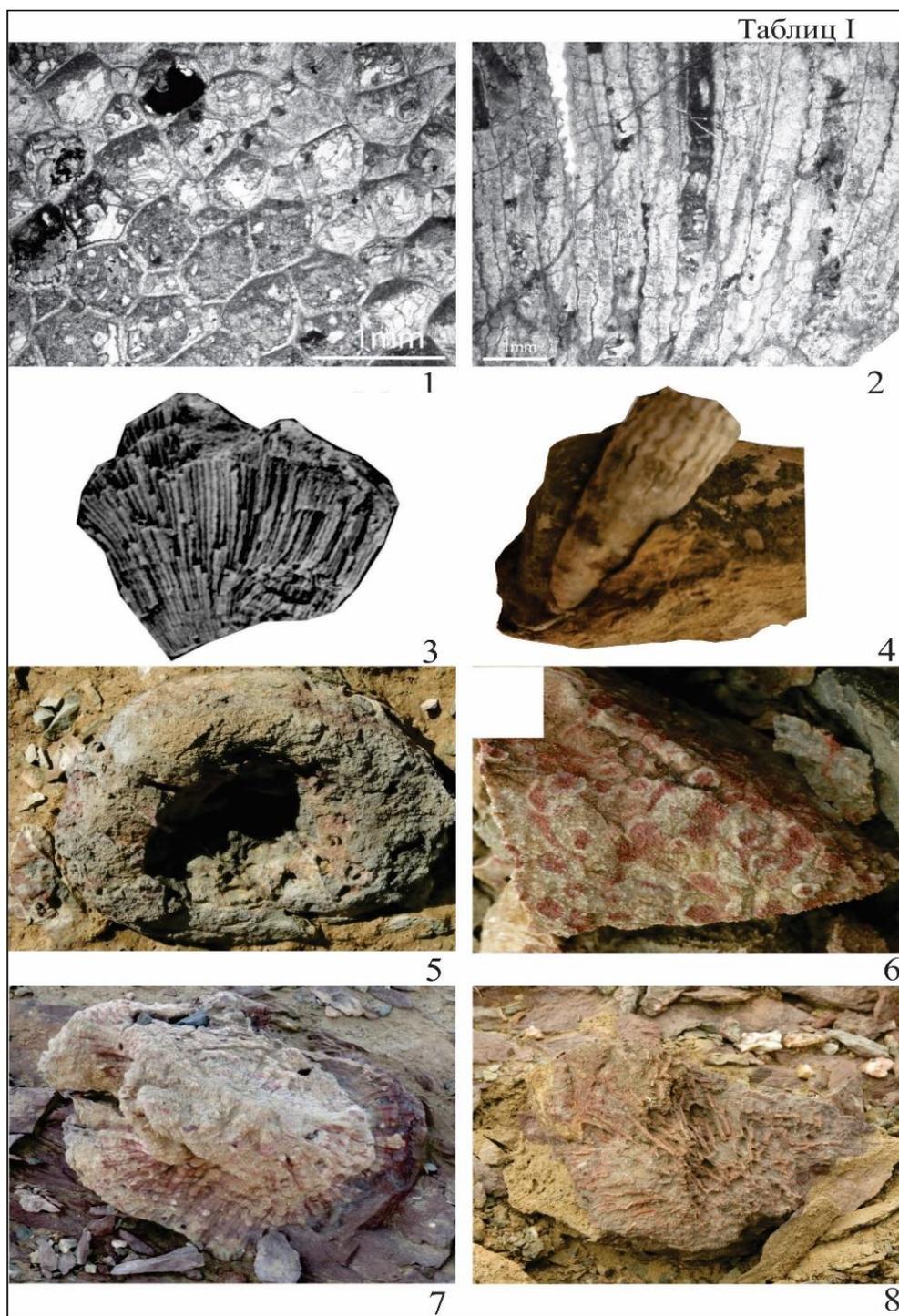
г. насны дээж авсан цэг

Зураг 97. Цагаан Уул орчмын Хөхморьт формацын хурдсын хэсэгчилсэн зүсэлт

Уг талбайд анх Г.И.Хубльдигов нар дээд ордовик-доод силурын лландоверийн гелиолитоид шүр *Proheliolites*, ругоз шүр *Ceriaster*, табулят шүр *Favosites* sp. (Е. Д. Самкины тодорхойлолтоор) олж тодорхойлуулсан ба хурдсын насыг түрүү силур гэж үзсэн байдаг (Стратиграфия, т.1).

Г.Бадарч 1990 онд Цагаан уул дүүргийн зүсэлт болон план зургийг хэлэлцүүлэхдээ силурын хурдсыг Хөхморьт формацид ангилж хоёр зузаалагт хувааж

үзсэн байна. Үүнд доод силурын шохойн чулуунаас тогтсон доод зузаалаг түүн дээр нийцлэг байрлалтай элсэн чулуу, шохойн чулуунаас тогтсон венлок-дээд силурын зузаалаг, Г.Бадарч нарын цуглуулгаас лландоверийн шүрүүд тодорхойлогдсон цэгээс хөвд биетний *Monotrypa tsagaanulensis* Ariunchimeg, 2010 шинэ зүйлийг илрүүлсэн байдаг (табл. I, дүрс 1,2,3) (Зураг 98).



Зураг 98. Хөхморьт формацын шохойн чулуунд илэрсэн шүр, хөвд биетэн. Дүрс 1,2,3 – хөвд биетэн *Monotrypa tsagaanulensis*, дүрс 4-рүгөз шүр, дүрс 5- хөвөн биетэн, дүрс 6,7,8 – гелиолитид шүр

Шинээр илрүүлсэн зүйлүүдийн тархалт тодорхойгүй учраас насны үндэслэлд ашиглах боломжгүй юм. Хожим сэдэвчилсэн судалгаа болон 1:200 000-ны масштабтай геологийн зураглалын явцад (Дамдинжав, 5307Ф), Ч.Минжин нар (1996) Хөхморьт формацын хурдсыг Цагаан уулын туурийн дүүрэгт синклиналь атираа үүсгэж тогтсон гэж үзсэн ба атирааны төвд венлокийн настай болох *Paleofavosites septosa*, *Halysites nitida* зэрэг табулят шүр илэрч харин жигүүрүүдэд лландоверийн настай *Favosites hisingeri*, *F.gothlandicus*, *Paleofavosites schmidtii*, *P.septosa*, *P.balticus*, *Mesofavosites obliquus*, *M.nigeranuensis*, *M.tortousa*, *Angopora hisingeri*, *Subalveolites volutus*, *S. spinotuberculatus* зэрэг табулят шүрүүд тогтоогддог байна. Харин 2005 онд Бадамтулга нар (5626Ф) 1:50 000 –ны масштабтай зураглалын ажил гүйцэтгэж талбайн өмнөд хэсэгт тархсан шохойн чулууг Хөхморьт формацаас тусад нь салган Өгөөмөр (S<sub>2</sub>ug) формацад хамааруулан зураглажээ. Ингээд өмнөх судлаачдын палеонтологийн тодорхойлолтоос үзэхэд силурын цаг үеийн зүсэлтнүүдэд шүрийн үлдвэр давамгайлдаг бөгөөд Хөхморьт формацын хурдаснаас гол төлөв доод силурын лландовери, венлок серийн түвшин заасан табулят шүрүүд илэрсэн байна.

Бид хээрийн судалгааны явцад венлокийн түвшинд ялгаж байсан шохойн чулуунаас шинээр хөвөн биетэн, шүр болон мөрхөлтөнийг илрүүлэн Нанжин хотын геологи, Палеонтологийн хүрээлэнд тодорхойлуулсан: Үүнд 17/12-1 дугаарын дээжнээс олон тооны *Atrypoidea cf. columbella* (Barrande, 1847), *Clorinda cf. pseudolinguifera* Kozlowski, 1929, *Eospirifer cf. radiates* (Sowerby), *Gypidula sp.* зэрэг лудлов-пржидолын насыг заадаг мөрхөлтөн, хожуу ордовик-дунд девон хүртэл тархалттай *Heliolites sp.*, *Paleofavosites sp.*, зэрэг табулят шүр, гол төлөв силурын хурдсанд тархалттай *Amplexoides sp.* ругоз шүр тодорхойлсон ба мөн тодорхойлох боломжгүй хөвөн биетэн, толгой хөлтөн, криноид илэрсэн. Хурдсын насыг агуулагдаж байгаа амьтдын цогцолбороор нь лудловын түвшинд авч үзэх хэрэгтэй гэж дүгнэгдсэн байна (табл. I, дүрс 4-8, табл. II) (Зураг 99).

1974 оноос Х.С.Розман, Ч.Минжин нар Монгол-Зөвлөлтийн хамтарсан геологийн экспедицийн бүрэлдэхүүнд Монголын доод палеозойн биостратиграфийн баг байгуулан 15 жилийн турш ордовик, силурын хурдсыг судалсан. Үүнээс сүүлийн 8 жилийг силурын судалгаанд хандуулсан байна. Энэ хугацаанд манай оронд илрүүлсэн силурын зүсэлтүүдийг шалган судалж мөрхөлтөн, табулят шүр, хөвд биетэн болон бусад амьтны үлдэгдэлийн судалгааны үр дүнгээр насыг нарийвчлан тогтоож региональ стратиграфийн нэгдсэн ангилал зохиосон юм (Розман, Минжин, 1981; Minjin, 2001; Минжин, 2007).

Монголын стратиграфийн комисс 2016 оноос шинэ хроностратиграфийн ангиллыг мөрдөж эхэлсэнтэй холбоотой зарим зүсэлтүүдэд нэмэлт судалгаа явуулж эхлээд байгаагийн нэг нь Хөхморьт формацын зүсэлт юм. Монголын нутагт тархсан силурын хурдасны ангилалыг Олон улсын болон хуучин бидний мөрдөж ирсэн (ЗХУ-ын) ангилалтай харьцуулбал: хуучин ангиллын доод силур гэдэг нь одоогийн ангиллын лландовери ба венлок серитэй, дээд силур нь лудлов ба пржидол серитэй тус тус харьцуулагдана. Стейжүүдийн нэр шинээр сонгогдсон ба лландовери сери нь руддан, аэрон ба теллич, венлок сери нь шейнвуд, гомер, харин лудлов сери нь Горст ба

лудфорд гэсэн стейжуудад тус тус хуваагдах ба пржидол нь одоондоо стейжид хуваагдахгүй юм. Бүх стейжийн доод хилийг үнэмлэхүй насаар нарийвчлан тогтоожээ (Геохронологийн таблиц, 2016).



Зураг 99. Хөхморьт формацын шохойн чулуунд илэрсэн мөрхөлтөнүүд  
 Дүрс 1,2- *Atrypa cf. columbella*, дүрс 3,4- *Clorinda cf. pseudolinguifera* дүрс 5,6 - *Eospirifer cf. radiates* (Sowerby), дүрс 7,8-тодорхойлох боломжгүй, дүрс 9-*Gypidula sp.*

Хөхморьт формацын насыг хуучин ангилалаар түрүү силурын лландовери болон венлок ярус гэж үзэж байсан бол одоо шинэ ангилалд шилжүүлэхэд силурын лландовери болон венлок сери ( $S_{1-2}$ ) гэж үзэх ёстой болсон байна. Бидний явуулсан судалгаанаас үзэхэд табулят шүрийн тодорхойлолтонд тулгуурлан Хөхморьт формацын насыг силурын венлокийн түвшинд ялгаж байсан хурдаснаас силурын лудловын настай ( $S_{1-3}$ ) мөрхөлтөн илэрсэн нь насны асуудлыг нэг мөр шийдэх боломжийг бүрдүүлэхгүй байгаа учир геологийн зурагт хуучин насыг ( $S_1$ ) үзүүлсэн болно. Мөн хурдсын насыг стейжийн түвшинд ялгах боломжгүй учир цаашдын судалгаагаар үнэмлэхүй насны болон конодонт амьтдын судалгааг хийж, дээр дурдсан стейжүүдийн түвшинд насыг нарийвчлах нь зайлшгүй шаардлагатай байна.

Өмнөд Монголын ороген мужийн тектоник мужлалтын болон дүүрэгчлэлийн талаарх янз бүрийн цаг хугацаанд боловсруулагдсан схем болон ангилалуудаас авч үзвэл Цагаан уул болон Онч Хайрхан уулын дүүрэгт тархалттай ангилагдаагүй метаморф зузаалаг нь шохойн чулуу, кварцитаас тогтох Цагаан-Уул формацын хамт Өмнөд Говийн бичил тив (Зоненшайн, Хасин, 1973), Өмнөд Говийн массив (Бямба, 2012; Бямба нар., 2018), Цагаан уул террейн (Badarch et al., 2002), Баруун Цохиотын эх газрын идэвхгүй хаяаны террейн (Төмөртогоо, 2002), Тотошаны ороген тогтолцооны Хутаг уулын террейн (Төмөртогоо, 2012), Хатанбулагийн эртний массивын Цагаан уулын блок (Төмөртогоо, 2014) гэх зэргээр нэрлэгдэж ирсэн тектоник структурын суурь ба хучаас бүрдэлд тус тус хамаарагдаж иржээ. Харин 1990-ээд оноос Онч Хайрхан уулын дүүрэг болон түүний Хятадын нутаг дахь үргэлжлэлд тархсан мигматит, амфиболит, парагнейс, ортогнейс, милонит, талст занараас тогтох хурдсыг доод цэрдийн үед явагдсан эх газрын тасралтай холбоотойгоор үүссэн Ягаан-Онч Хайрхан хувирмал цөм бүрдлийн “хувирмал цөм” хэсэг болохыг тогтоосноор (Webb et al., 1999; Zheng & Zhang, 1994; Бадарч, 1999) нэг талаас эртний метаморф бүрдлээр зураглагдах талбай хумигдаж нөгөө талаас эртний блокийн оршиж байгаа асуудал улам маргаантай болжээ. Учир нь тухайн цаг үед Козаков (1986) бүтээлд цухас дурдагдсан “Цагаан Толгой худгийн дүүрэгт гранат агуулсан аплитийн цирконд Л.В. Сумин Pb-Pb термоизохроны аргаар 770 с.ж-ийн нас тогтоосон” гэсэн мэдээлэлээс өөр ямар нэг насны өгөгдөл байхгүй байсан байна. Хожим нь Wang et al (2001) Цагаан уулаас зүүн өмнөд зүгт Хятадын нутагт Ягаан хувирмал цөм бүрдлийн төв хэсэгт (Jingdouaobao) тархсан гранит-гнейсэд  $916 \pm 16$  с.ж-ийн нас тогтоосон нь цөм бүрдлийн протолит нь илүү эртнийх бөгөөд неопротерозойн тектоно-маагмын процесст автсан болохыг харуулсны зэрэгцээ эртний блокийн суурийн үлдэц оршиж байгааг баталгаажуулах нэгэн үндэслэл болжээ. Геохимийн шинжилгээний дүнгээр тус гранит-гнейсийн цахиурын ислийн агуулга 72-73 жин%,  $TiO_2 = 0.27-0.36\%$ ,  $Al_2O_3 = 13-14\%$ ,  $CaO = 1.26-1.99\%$ ,  $K_2O = 4.33-4.95\%$ ,  $MgO = 0.65-0.69\%$  хооронд тус тус хэлбэлзэх бөгөөд ГХЭ-ийн нийлбэр агуулга 230-270 г/т, A/CNK харьцаа 1.04-1.14 байгаа зэрэгт үндэслэн протолитийг нь S-төрлийн гранитоидын шинж чанартай хэмээн дүгнэжээ (Wang et al., 2001).

Мөн Цагаан уулын араар тархах метаморф зузаалгийн бүрэлдэхүүнд тогтоогдсон гранит-гнейсийн одоогийн байдлаар хийгдээд байгаа цөөвөр тооны

геохимийн шинжилгээний дүнгээр  $\text{SiO}_2 = 72-74\%$ ,  $\text{TiO}_2 = 0.16-0.38\%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 14-15\%$ ,  $\text{CaO} = 0.99-2.33\%$ ,  $\text{K}_2\text{O} = 4.41-5.45\%$ ,  $\text{MgO} = 0.50-0.63\%$  хооронд тус тус хэлбэлзэж байгаагийн зэрэгцээ ГХЭ-ийн нийлбэр агуулга 80-290 г/т, A/CNK харьцаа 1.0-1.19 байгаа нь Хятадын нутагт тогтоогдсон 916 с.ж настай гранит-гнейсийн петрохимийн найрлагатай ижил болохыг харуулж байна.

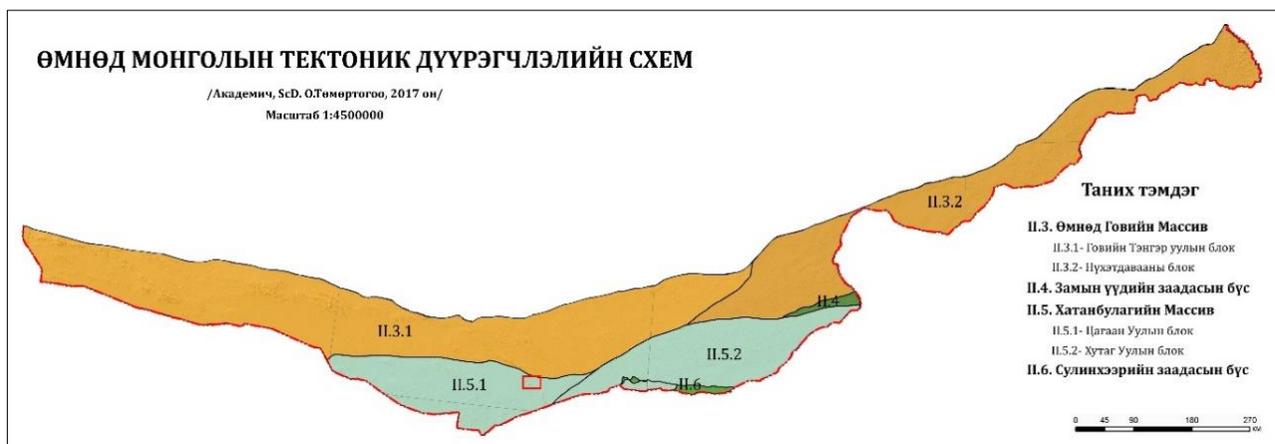
Дээр дурдсан судалгаануудын үр дүнг нэгтгэн авч үзвэл нэг талаас Хатанбулагийн эртний массивын Цагаан уулын блок болон түүний Хятадын нутаг дахь үргэлжлэлийн хэмжээнд эртний суурийн үлдэц оршин тогтнож байгаа нь улам бүр баттай болж байна. Нөгөө талаас Цагаан уулын дүүрэгт тархсан гранат агуулсан хоёр гялтгануурт парагнейсийн цирконуудын бүрэлдэхүүнд хэдийгээр багахан хувийг эзлэх боловч 1.2 болон 1.7 - 1.8 тэрбум жилийн настай зөөгдмөл цирконууд тохиолдож байгаа нь эдгээр цирконуудын эх үүсвэр болох дээд палеопротезой ба доод-дунд мезопротерозойн хурдас чулуулгууд Цагаан-Уулын блокийн хэмжээнд оршиж байгаа болохыг батлан харууллаа. Цаашид Цагаан уулын дүүрэгт тархсан метаморф чулуулгуудын петрографи, геохимийн шинжилгээг үргэлжлүүлэхээс гадна гранит-гнейс болон гранат агуулсан аплитийн геохронологийн судалгааг явуулахаар төлөвлөн ажиллаж байгаа болно.

### 3.2.2. ХӨРХИЙН НУРУУНЫ ДҮҮРЭГ

Тус дүүрэг нь Монгол орны тектоник дүүрэгчлэлийн схемн дагуу Өмнөд Монголын ороген мужийн Хатанбулагийн эртний массивын Цагаан Уулын блокийн зүүн хойд хэсэгт буюу Хөрхийн нурууны зүүн өмнө талд байрлана ([Төмөртоогоо, 2017](#)) ([Зураг 100](#)). Тус дүүргийн хэмжээнд урьд өмнө явагдсан 1:200000-ын масштабын геологийн зураглалын ажлаас авч үзвэл Хужиртын толгодоос зүүн урагшаа Өндөр Богд уул хүртэл 4-5 км өргөнтэй, 40 гаруй км урттай блок байдлаар тархсан метаморф хурдсыг зураглаж насыг нь [Козаков нарын \(1986\)](#) Цагаан Толгой худгийн дүүрэгт тогтоосон 770 с.ж-ийн Pb-Pb термоизохроны настай гранат агуулсан аплитийг агуулагч хурдастай дүйцүүлэн доод протерозойд ангилсан байдаг ([Козаков, 1986](#); [Бүрэнхүү нар, 1995, 4877ф](#)). Хожим нь тус дүүрэгт явагдсан УГЗ-200 иж бүрдэл зураг зохиох ажлын хүрээнд уг зузаалгийг доод-дунд неопротерозойд хамааруулан зурагласан ([Амаржаргал нар, 2005, 5861ф](#)) бол хамгийн сүүлд Монгол улсын 1:500000-ын масштабын геологийн зурагт доод неопротерозойн Цагаан-Уул ( $\text{NP}_{1\text{cu}}$ ) формацад ангилсан [байдаг \(Болдбаатар нар, 2017, 8480Ф\)](#).

Хөрхийн нурууны дүүрэгт тус метаморф зузаалаг нь эпидот-амфиболитын фацийн түвшинд хувиралд автсан байдаг талаар мэдээлэл бий боловч эрдсийн бүрэлдэхүүн, бодисын найрлага, нас болон гарал үүслийн асуудал огт шийдвэрлэгдээгүй протерозой, доод неопротерозой, доод-дунд неопротерозой гэх зэрэг ялгаатай насанд ангилагдаж ирсэн байна. Иймээс 2018-2020 онд хэрэгжиж буй “Хатанбулаг ба Өмнөд Говийн эртний массивуудын суурь болон хучаас бүрдлүүд: Геологийн хөгжил, хүдэржилт” сэдэвт суурь судалгааны төслийн хүрээнд Хатанбулагийн эртний массивын Цагаан уулын блокын (ЦУБ), Хөрхийн нурууны

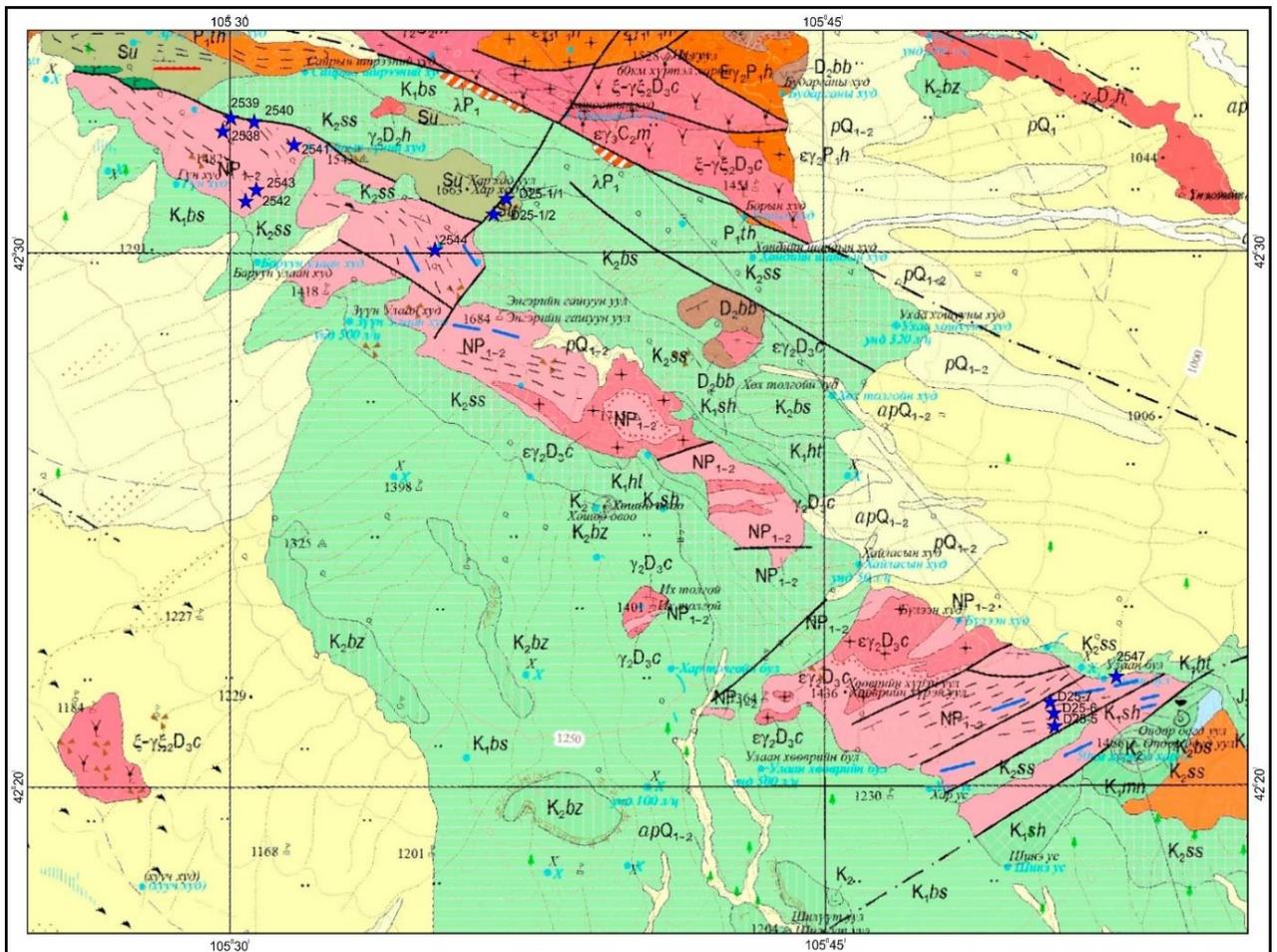
дүүргийн хэмжээнд маршрутын геологийн судалгаа хийн петрологи-геохимийн аргачлалуудаар тунамал болон метаморф зузаалгийн судалгааг явуулсан шинэлэг үр дүнгээс энэхүү дэд бүлэгт тусган харуулав.



Зураг 100. Монгол орны ороген мужуудын тектоник мужлалтын схем (Төмөртогоо, 2017).  
Улаан дөрвөлжин – судалгааны талбай

**ГЕОЛОГИЙН ТОГТОЦ.** Бидний хээрийн судалгааны ажлаар: Судалгааны талбайн баруун хойд хэсгээр ногоон саарал риолит бүхий дунд карбоны Цохиот формац ( $C_2ch$ ), мөн Хар хад уул орчимд цайвар ногоон өнгийн силурын Ундаан формацын ( $Su$ ) тунамал вулканоген зузаалаг, төвийн хэсгээр атираажилтанд орсон ногоон саарал өнгийн метабазалт бүхий доод-дунд неопротерозойн ( $NP_{1-2}$ ) вулканоген зузаалаг өргөн тархахаас гадна эдгээр нь зүүн хойш чиглэсэн хожуу үеийн улаан хүрэн өнгийн риолитын олон тооны дайкуудаар зүсэгдэнэ. Харин судалгааны талбайн ихэнх хэсэгт мезо-кайнозойн улаан хүрэн өнгийн хурдас өргөн тархалттай. Интүзив бүрдлийн хувь Цагаан суварга ( $\epsilon_{2D3c}$ ) бүрдлээр зураглагдсан цайвар шар өнгийн гранит, граносиенит болон Хоолт ( $\epsilon_{1P1h}$ ) бүрдлээр зураглагдсан цайвар шар граносиенитийн биетүүд илэрнэ (Зураг 101).

Хөрхийн нурууны дүүрэгт тархсан доод-дунд неопротерозойн метаморф болон силурын насанд хамааруулан зурагласан тунамал-вулканоген зузаалгийн эх үүсвэр, гарал үүслийн геодинамик нөхцөлийг нарийвчлан тодруулах зорилгоор 14 дээжийг петро-геохимийн шинжилгээнд хамруулсан.



- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; padding: 2px;">Q</span> Дөрвөдөгчийн тогтолцоо: Бул чулуу, том хайрга, дайрга агуулсан элсэнцэр, элс элсэнцэр</li> <li><span style="background-color: lightgreen; border: 1px solid black; padding: 2px;">K</span> Цэрдийн тогтолцоо: Шавар, хайрга, бул чулуу, хөрзөн, алевролит, янз бүрийн ширхэгтэй элсэн чулуу, элсэрхэг шавар</li> <li><span style="background-color: #d2b48c; border: 1px solid black; padding: 2px;">D<sub>2</sub>bb</span> Булагбаян формац: Андезит, андезитын түф, андезибазальт, түффит, ховроор шохойн чулууны мэшил агуулсан элсэн чулуу</li> <li><span style="background-color: #f0e68c; border: 1px solid black; padding: 2px;">Sun</span> Ундаан формац: Саарал, ногоон саарал, хар түф элсэн чулуу, цахиурлаг элсэн чулуу, алевролит, метаандезит</li> <li><span style="background-color: #f08c8c; border: 1px solid black; padding: 2px;">NP<sub>1-2</sub>cu</span> Цагаан уул формац: Шохойн чулуу, гангигжсан доломитжсон шохойн чулуу, талст занар, кварцит, амфиболит, мигматит</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="background-color: #ff9933; border: 1px solid black; padding: 2px;">εγ<sub>2</sub>P<sub>1</sub>h</span> Хоолт бүрдэл: Гранодиорит, граносиенит, кварцат диорит, биотит, амфибол-биотитот гранит, лейкогранит</li> <li><span style="background-color: #ff9933; border: 1px solid black; padding: 2px;">εγ<sub>3</sub>C<sub>2</sub>m</span> Могойт бүрдэл: Жижиг мөхлөгт гранит, гранит, шүлтлэгдүү гранит, гранодиорит, граносиенит, габбродиорит, кварцат диорит</li> <li><span style="background-color: #ff9933; border: 1px solid black; padding: 2px;">εγ<sub>2</sub>D<sub>3</sub>c</span> Цагаан суварга бүрдэл: Лейкогранит, гранит, плагиогранит, граносиенит, биотитот гранодиорит, порфирлог биотитот гранит</li> <li><span style="color: blue;">★</span> D<sub>25-5</sub> Дээжлэлтийн байршил, дээжийн дугаар</li> </ul> |
|--|--|

Зураг 101. Судалгааны талбайн геологийн зураг

**Доод-дунд неопротерозойн (NP<sub>1-2</sub>) ангилагдаагүй зузаалаг.** Дүүргийн стратиграфийн зүсэлтийн ул сууринд доод-дунд неопротерозойд (NP<sub>1-2</sub>) хамааруулан зураглагдсан вулканоген-тунамал зузаалаг илрэх бөгөөд судалгааны талбайн баруун хойд хэсэгт Сайн гүний худаг, Энгэрийн гашуун уул орчимд зүүн хойш уналтай, атираажилтанд автсан ногоон саарал өнгийн метабазальтаас (дээж 2538, 2539, 2540, 2543, 2544) голлон тогтоно. Энэ зузаалгийн доод хил зааг тодорхойгүй, дээд талаараа мезо-кайнозойн улаан хүрэн өнгийн элс, элсэнцэрээр хучигдах бөгөөд Ундаан формацын (Su) тунамал вулканоген зузаалаг зузаалагтай хагарлаар хиллэнэ. Уг зузаалаг нь хожуу девоны Цагаан суварга (εγ<sub>2</sub>D<sub>3</sub>c) бүрдлээр зураглагдсан цайвар шар өнгийн гранит граносиенитын биетүүдээр түрэгдсэн бөгөөд баруун урдаас зүүн хойш чиглэсэн 8-20 метрийн өргөнтэй улаан хүрэн өнгийн риолитын олон тооны дайкуудаар зүсэгдсэн байдаг (Зураг 102).



Зураг 102. Сайн гүний худаг, Энгэрийн гашуун уул орчимд илэрсэн доод-дунд неопротерозойн ( $NP_{1-2}$ ) гаршийн зураг. а) харагдах ерөнхий байдал (Тасархай зураасаар зузаалгийг зүссэн улаан хүрэн өнгийн риолитын дайкийг тодруулан харуулсан болно), б) үеллэн метабазальт, в) деформцад автаж атираажсан метабазальт

Мөн судалгааны талбайн зүүн урд хэсэгт Өндөр богд уулын баруун хойд талд илэрсэн доод-дунд неопротерозойн ( $NP_{1-2}$ ) зузаалгийн бүрэлдэхүүнд хөх саарал өнгийн алевролит, алерозэлсэн чулуу (D25-5, D25-6, D25-7), цайвар ногоон өнгийн метабазальтын (2547-1) салаавчилсан зузаалаг илрэх бөгөөд тэдгээр нь баруун хойшоо уналтай байх ба улаан хүрэн өнгийн риолитын дайкуудаар зүсэгдсэн байна (Зураг 103).





Зураг 103. Өндөр богд уул орчимд илэрсэн доод-дунд неопротерозойн ( $NP_{1-2}$ ) гаршийн зураг. а) харагдах ерөнхий байдал (Тасархай зураасаар хагаралыг тодруулан харуулсан болно), б) үеллэн алевроэлсэн чулуу, в) цайвар ногоон өнгийн метабазальт

**Ундаан формац (Su).** Хээрийн судалгааны ажил явуулсан талбайн баруун хойд хэсэгт Хар хад уул орчимд Ундаан формацын тунамал вулканоген зузаалаг илэрнэ. Тус зузаалгийн бүрэлдэхүүнд цайвар ногоон өнгийн цул нягт базальтын үе агуулсан үеллэг алевроэлсэн чулуу (дээж D25-1/1, D25-1/2) зонхилон тохиолдох бөгөөд хааяа цайвар ногоон нэлээн кливажд орсон туф-базальт (дээж D25-1/3) илэрнэ (Зураг 104).



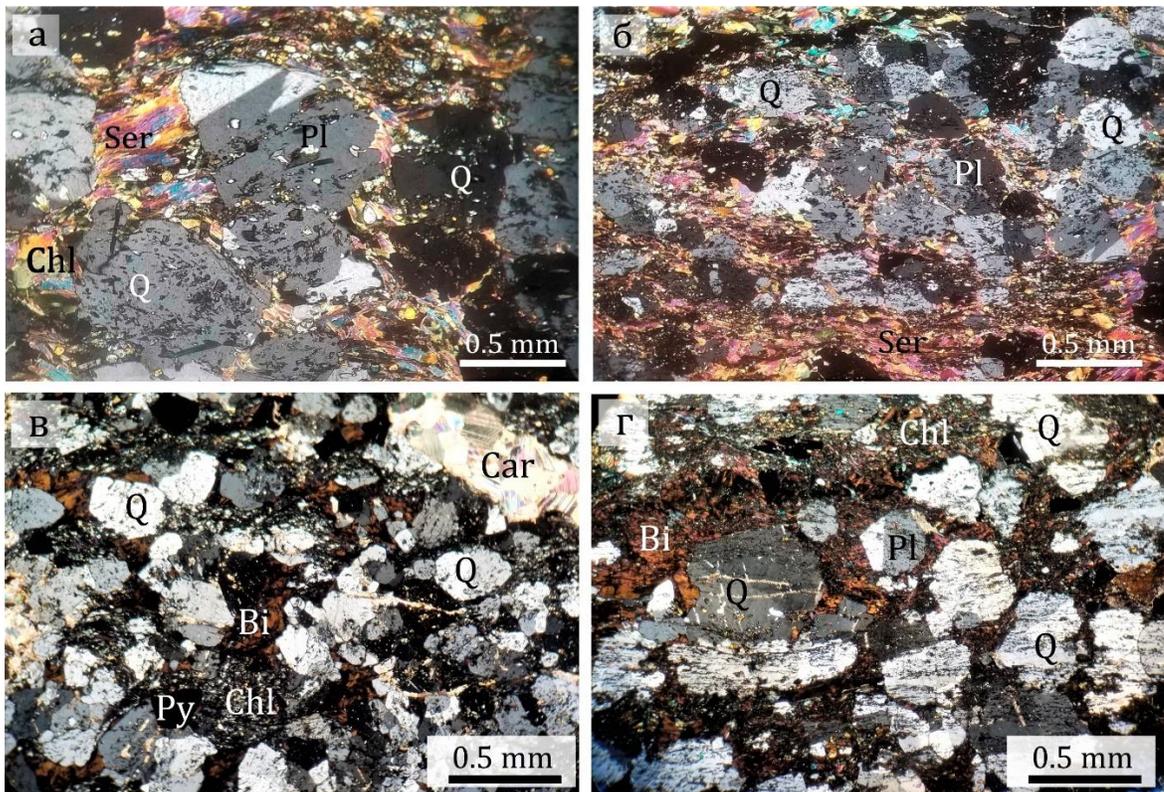
Зураг 104. Хар хад уул орчимд илэрсэн Ундаан формацын гаршийн зураг. а) харагдах ерөнхий байдал, б) үеллэн алевроэлсэн чулуу, в) туф-базальт

## ПЕТРОГРАФИ.

### Доод-дунд неопротерозой (NP<sub>1-2</sub>):

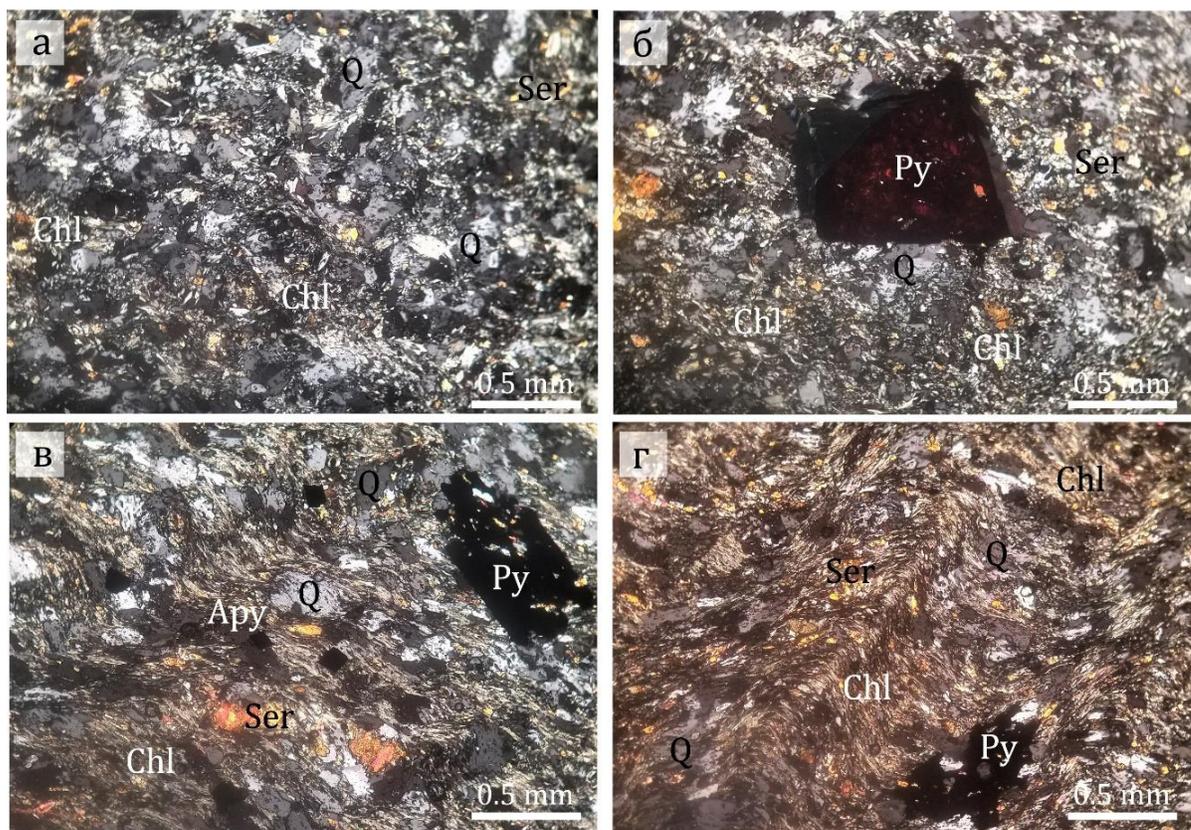
Хөрхийн нурууны дүүрэгт тархсан доод-дунд неопротерозойд (NP<sub>1-2</sub>) зураглагдсан метаморф зузаалаг нь петрографийн судалгаагаар Сайн гүний худаг, Энгэрийн гашуун уул орчимд чулуулгууд нь ногоон, цайвар ногоон өнгийн цул болон занарлаг текстуртай metabазальтаас харин Өндөр богд уул орчимд хөх саарал өнгийн алерозэлсэн чулуу, элсэн чулуулгаас голлон тогтоно. Эдгээр чулуулгуудын эрдсийн бүрэлдэхүүний онцлогийг авч үзье.

**Метабазальт.** Судалгааны талбайн баруун хойд хэсэгт тархалттай metabазальтын үндсэн хэсэг болох амфибол нь маш их хувиралд орсны улмаас эпидот, цоизит, хлоритод хувирч хоёрдогчоор серицит, карбонат, төмрийн усан исэл, кварц тохиолдохоос гадна аксессуар байдлаар пирит, арсенопиритын мөхлөгүүд агуулагдана. Мөн цөөн тоогоор плагиоклазын мөхлөгүүд тохиолдоно. Хоёрдогч кварцын мөхлөгүүд нь чулуулагт 50-55% агуулагдах бөгөөд харилцан адилгүй 0,25 мм-ээс 1,25 мм хүртлэх хэмжээтэй, ерөнхийдөө бөөрөнхий хэлбэртэй захын хэсгээрээ эвдэрч бутарсан байна. Серицит болон хлоритын урт сунасан призмлэг талстууд нь занаржилтын дагуу сунаж тогтсон. Плагиоклаз нь мөн харилцан адилгүй 0,4 мм-ээс 1,25 мм хүртэлх хэмжээтэй богино призмлэг хэлбэртэй, захын хэсгээрээ эвдэрч бутарсан бөгөөд серицитэд хэсэгчлэн түрэгдсэн байна. Чулуулаг нь занарлаг текстуртай, пойкилобласт структуртай. Чулуулагт эрдсийн мөхлөгүүд нь эвдэрч бутарсан, занаршилтын дагуу нэг зүгт чиглэн байрласан байгаа нь шлифэнд тод харагдана (Зураг 105).



Зураг 105. Доод-дунд неопротерозойн (NP<sub>1-2</sub>) metabазальтуудын микрофото зураг. Дээж: а,б) 2538, в) 2543, г) 2544. Өсгөлт 4<sup>х</sup>

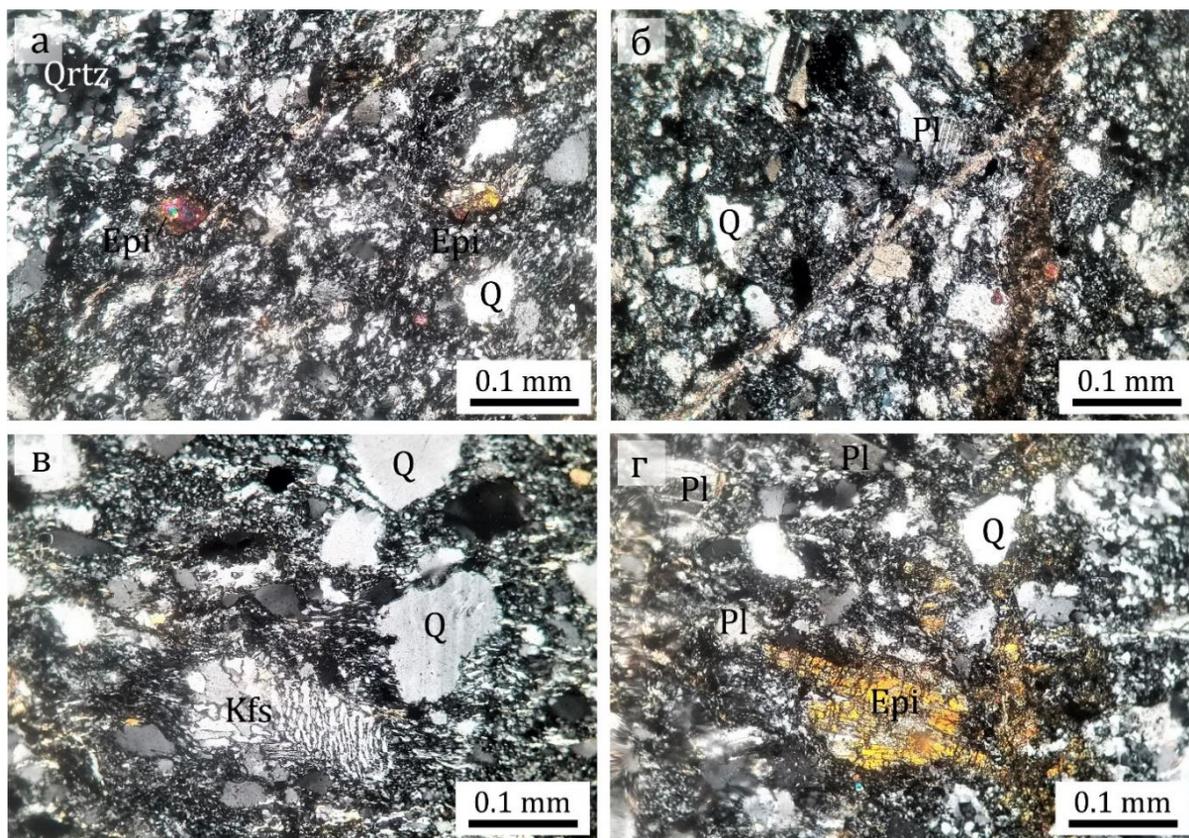
**Метабазальт.** Харин тус зузаалагт илрэх литологийн хувьд өөр нэгэн метабазальт нь харьцангуй жижиг хэмжээтэй эпидот, хлорит, хоёрдогч кварц, серицит, тохиолдохоос гадна аксессуар байдлаар пирит, арсенопирит, гётитын ганц нэг мөхлөгүүд агуулагдана. Кварцын мөхлөгүүд нь 0.1 мм-ээс 0.2 мм хүртлэх хэмжээтэй, захын хэсгээрээ эвдэрч бутарсан, ксеноморф хэлбэртэй болсон байна. Хүдрийн эрдсээс пирит нь 0.3 x 0.5 мм хэмжээтэй призмлэг болон зөв бус хэлбэртэй тохиолдох бол арсенопирит нь харьцангуй жижиг 0.1 x 0.1 мм хэмжээтэй ромбо талстууд үүсгэн байрлана. Чулуулаг нь ногоонзанарын фацийн метаморфизмд орсноор микро атираажилтанд эрчимтэй автан занарлаг текстуртай болсон нь байгаагаараа өмнөх метабазальтуудаас ялгагдана (Зураг 106). Мөн түүнчлэн серицит, карбонат зэрэг эрдэс үүссэн байгаа нь хагарлын бүсэд ойрхон байгаатай холбоотой байж болох юм.



Зураг 106. Доод-дунд неопротерозойн (NP<sub>1-2</sub>) метабазальтуудын микрофото зураг.  
Дээж: а,б) 2539, в,г) 2540. Өсгөлт 4<sup>х</sup>

**Алевроэлсэн чулуу.** Чулуулаг нь хэмхдэс (60-65%) болон цементлэгч хэсэг (35-40%)-ээс тогтоно. Эрдсийн хэмхдэсээс кварц (70-75%), плагиоклаз (15-20%), калийн хээрийн жонш (5-10%) ба бага хэмжээгээр серицит, мусковит тохиолдоно. Кварцын мөхлөгүүд нь 0.05-0.25 мм хэмжээтэй, деформацид эрчимтэй автсаны улмаас жижгэрч бутран долгиолог унтралттай (поликристаллаг) болсон байна. Плагиоклаз нь 0.02-0.25 мм хүртлэх хэмжээтэй муу мөлгөржсөн байхаас гадна полисентит ихэрлэлт тод ажиглагдана. Калийн хээрийн жонш чулуулагт багахан хувийг эзлэх бөгөөд 0.01-0.1 мм хэмжээтэй зөв бус хэлбэртэй муу мөлгөржилттэй. Серицитэд хэсэгчлэн болон бүрэн хувирсан байна. Хлорит болон серицитийн жижиг агрегатууд нь мөхлөг хоорондын зайг

дүүргэж тогтсон. Цементлэгч нь цахиурлаг агрегатуудаас тогтох ба чулуулаг нь псаммит текстуртай. Чулуулаг нь хожуу үеийн маш нарийн карбонатын судлаар зүсэгдсэн байна (Зураг 107а,б).

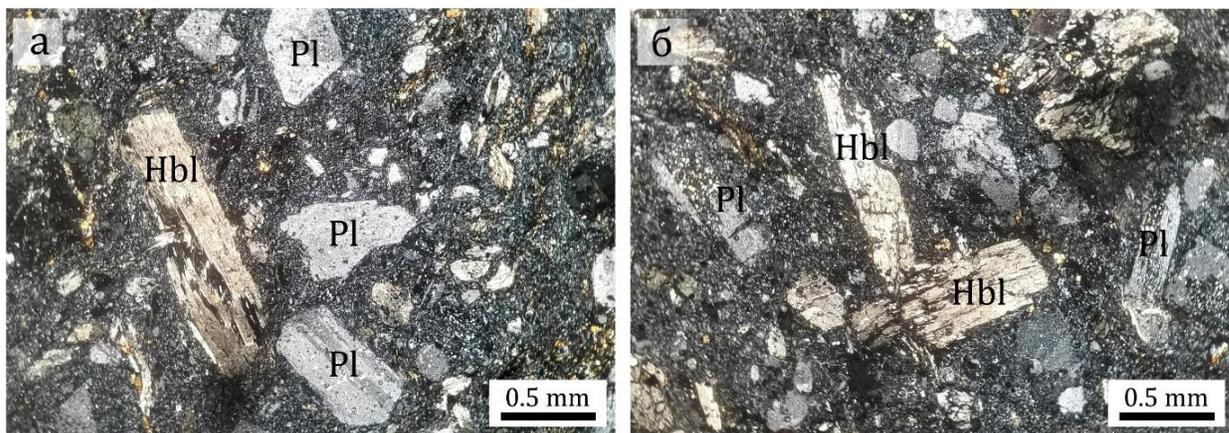


Зураг 107. Доод-дунд неопротерозойн ( $NP_{1-2}$ ) алевроэзсэн чулуу болон элсэн чулуулгийн микрофото зураг. Дээж: а,б) D25-5, в,г) D25-7. Өсгөлт 10 $\times$

**Элсэн чулуу** нь эрдсийн хэмхдэсээс кварц (65-70%), плагиоклаз (10-15%), калийн хээрийн жонш (5-10%), эпидот 5% хүртэл агуулагдах ба бага хэмжээгээр амфибол, сфен тохиолдоно. Кварцын мөхлөгүүд нь харилцан адилгүй 0.05-0.5 мм хэмжээтэй муу мөлгөржсөн байхаас гадна занаржилтын дагуу сунаж тогтсон. Плагиоклаз нь 0.01-0.25 мм хүртлэх хэмжээтэй муу мөлгөржсөн байхаас гадна полисентит ихэрлэлттэй. Калийн хээрийн жонш 0.05-0.3 мм хэмжээтэй зөв бус хэлбэртэй мирмекит ургалт үүссэн нь шлифэнд тод ажиглагдана. Эпидотын 0.01-0.25 мм хэмжээтэй зөв бус хэлбэртэй эвдэрч бутарснаас гадна харьцангуй жижиг агрегатууд нь чулуулагт жигд тархан байрлана. Цементлэгч нь цахиурлаг агрегатуудаас тогтох ба чулуулаг нь занарлаг структуртай псаммит текстуртай. Чулуулаг нь хожуу кварцитын 0.5 мм өргөнтэй судлуудаар зүсэгдсэн байна (Зураг 107в,г).

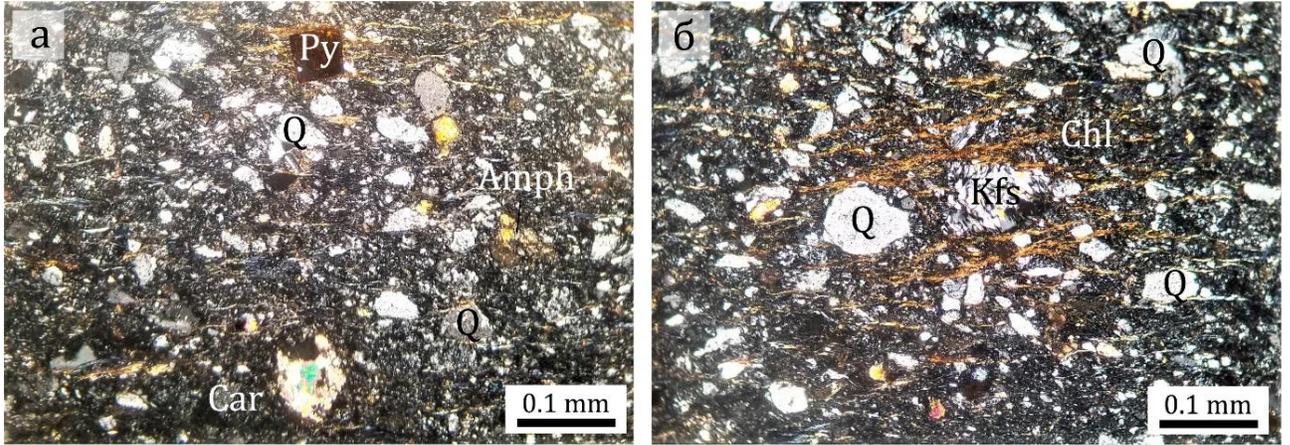
**Ундаан формац.** Бидний судалгаа явуулсан талбайн баруун хойд хэсэгт Хар хад уул орчимд Ундаан формацын бүрэлдэхүүнд цайвар саарал, ногоовтор саарал өнгийн элсэн чулуу зонхилон тохиолдох бөгөөд бага хэмжээгээр цайвар ногоон өнгийн базальт, туф тохиолдоно.

**Андезит** нь порфирлог структурай, үндсэн хэсэг нь гиалопилит структурай, цул нягт текстуртай, плагиоклаз 50%, эвэр хуурмаг 40-45%, хоёрдогчоор хлорит тохиолдохоос гадна хоёрдогч кварц-эпидот ассоциаци үүсгэнэ. Ховроор хүдрийн эрдэс тааралдана. Плагиоклаз нь 0.2-2.0 мм хэмжээтэй, ихэнхдээ богино призмлэг заримдаа урт сунасан хэлбэртэй байхаас гадна полисентит ихэрлэлттэй. Эвэрхуурмаг нь 1.25-2.5 мм хэмжээтэй, шаргал бүдэг ногоон өнгөтэй, бага зэрэг эвдэрч бутарсан урт сунасан призмлэг хэлбэртэй. Үндсэн хэсэгт нь изотроп галт уулын шил, түүний дотор зүүлэг хэлбэртэй 0.1-0.2 мм хэмжээтэй плагиоклазын микролитууд байрлана. Чулуулгийн ан цавын дагуу эпидот-хлоритын нимгэн хуудаслаг агрегатууд тохиолдоно ([Зураг 108](#)).



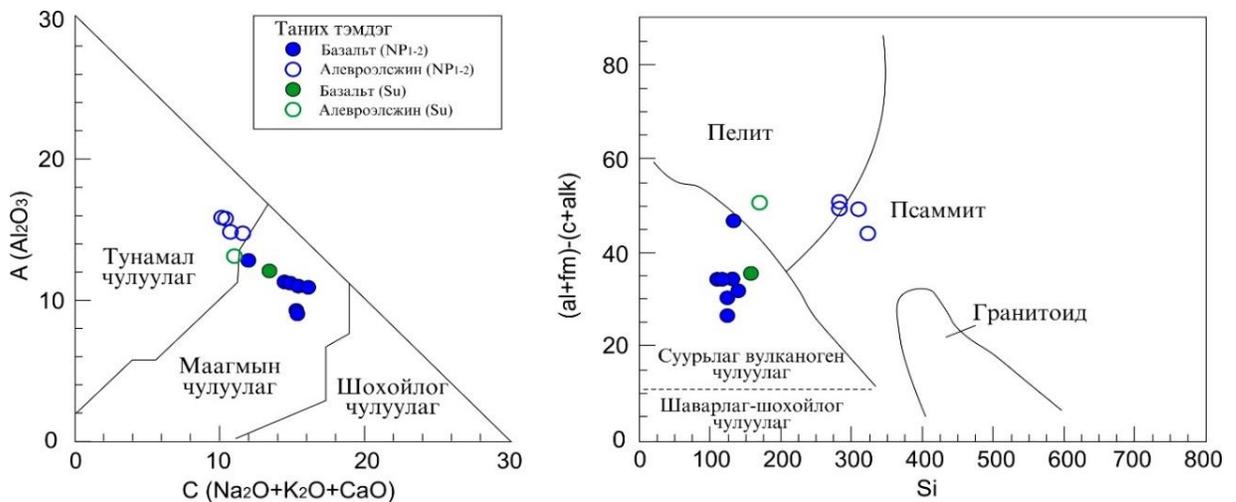
*Зураг 108. Силурын Ундаан формацын андезитын микрофото зураг.  
Дээж: а,б) D25-1/2. Өсгөлт 4<sup>х</sup>*

**Алевроэлсэн чулуу.** Чулуулаг нь хэмхдэс (55-60%) болон цементлэгч хэсэг (40-45%) ээс тогтоно. Эрдсийн хэмхдэсээс кварц (45-50%), карбонат (10-15%), плагиоклаз (10-15%), амфибол (5-10%), эпидот (5-10%) ба бага хэмжээгээр калийн хээрийн жонш, циркон, гранат тохиолдоно. Хүдрийн эрдсээс исэлдсэн пиритийн шигтгээнүүд цөөн тоогоор тааралдана. Кварцын мөхлөгүүд нь 0.05-0.2 мм хэмжээтэй хагас дугуй хэлбэртэй дунд зэрэг мөлгөржсөн байна. Карбонат нь 0.1-0.2 мм хэмжээтэй эвдэрч бутарсан зөв бус хэлбэртэй. Плагиоклаз нь харьцангуй жижиг 0.01-0.1 мм хүртлэх хэмжээтэй муу мөлгөржсөн байхаас гадна полисентит ихэрлэлт тод ажиглагдана. Амфибол нь 0.05-0.1 мм хэмжээтэй агрегатууд чулуулагт жигд тархан байрлана. Эпидот чулуулагт багахан хувийг эзлэх бөгөөд 0.01-0.05 мм хэмжээтэй зөв бус хэлбэртэй муу мөлгөржилттэй. Эрдсийн хэмхдэсүүд занаржилтын дагуу нэгэн зүгт чиглэн тогтсон байна. Цементлэгч нь цахиурлаг шаварлаг агрегатуудаас гадна хлорит биотитоос тогтоно. Чулуулаг нь занарлаг структуртай псаммит текстуртай ([Зураг 109а,б](#)).



Зураг 109. Силурын Ундаан формацын алевроэлсэн чулууны микрофото зураг.  
Дээж: а,б) D25-1/1. Өсгөлт 10<sup>x</sup>

**ГЕОХИМИ.** Хээрийн ажлын явцад хийсэн макро ажиглалт болон петрографийн судалгааны дүнгээс авч үзэхэд доод-дунд неопротерозой (NP<sub>1-2</sub>) болон Ундаан формацын бүрэлдэхүүнд гол төлөв метабазальт, андезит, элсэн чулуу болон алетроэлсэн чулуу зонхилон тохиолдоно. Эдгээр чулуулгуудын петрографийн онцлогт тулгуурлан авч үзвэл базальтууд нь нилэнхүйдээ маш их хувирсан байна. Иймээс чулуулгуудын протолит буюу анхдагч чулуулгийн литологийн найрлагыг тогтоох үүднээс чулуулгуудын гол ислүүдийн геохимийн шинжилгээний дүнг ашиглан холбогдох аргачилалын дагуу Симонен ба Нематовын диаграммуудыг байгуулав (Зураг 110).



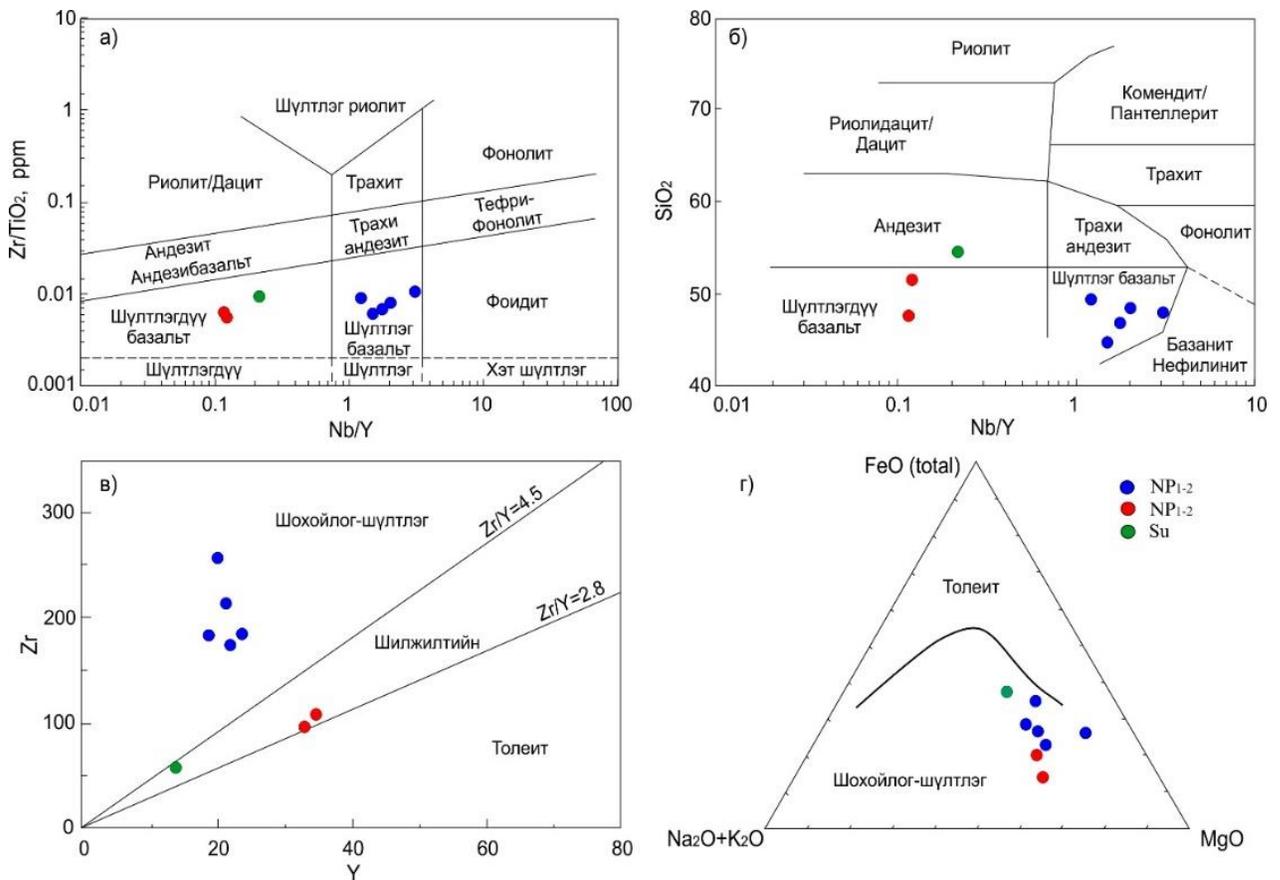
Зураг 110. Чулуулгуудын анхдагч эх үүсвэрийг тогтоох  
а) А.Нематов болон б) А.Симонены диаграммууд.

Нематов болон Симонены диаграмм дээр доод-дунд неопротерозойн (NP<sub>1-2</sub>) ангилагдаагүй зузаалаг болон Ундаан формацын чулуулгууд нь маагмын болон тунамал гэсэн хоёр өөр өөр эх үүсвэртэй чулуулгууд болохыг харуулна. Иймээс чулуулгийн геохимийн шинжилгээний дүнгээр хийсэн боловсруулалт нь петрографийн судалгааны дүнтэй нийцэж байгаа нь тогтоогдлоо. Судалгаанд хамрагдсан дээжүүдийн шатаалтын

алдагдал (LOI) нь 1.35-5.84 жин.% хооронд хэлбэлзэж байгаа нь чулуулгийн хувиралд харьцангуй их өртсөнийг харуулж байна.

### Вулканоген чулуулгийн геохими.

Вулканоген чулуулгуудын петрохимийн онцлогийг тодорхойлоход сүүлийн үед уламжлалт TAS ангиллын диаграммаас илүү тогтвортой элементүүдийн хамаарал бүхий диаграммуудыг ашигладаг болсон (Safonova et al., 2004; 2011a; 2012). Иймээс бид вулканоген чулуулгийн хоёрдогч хувиралд тогтвортой элементүүд болох Nb/Y-Zr/TiO<sub>2</sub> ба Nb/Y-SiO<sub>2</sub> харьцуулсан диаграмм дээр доод-дунд неопротерозойн (NP<sub>1-2</sub>) чулуулгууд нь шүлтлэг болон шүлтлэгдүү базальт гэсэн 2 ангилж болохоор байна. Харин Ундаан формацын чулуулаг нь андезитын найрлагатай болох нь харагдаж байна (Зураг 111а,б). Zr-Y ба AFM диаграммууд дээр андезит болон базальтууд нь шилжилтийн болон шохойлог-шүлтлэг эгнээнд хамаарна (Зураг 111в, г).



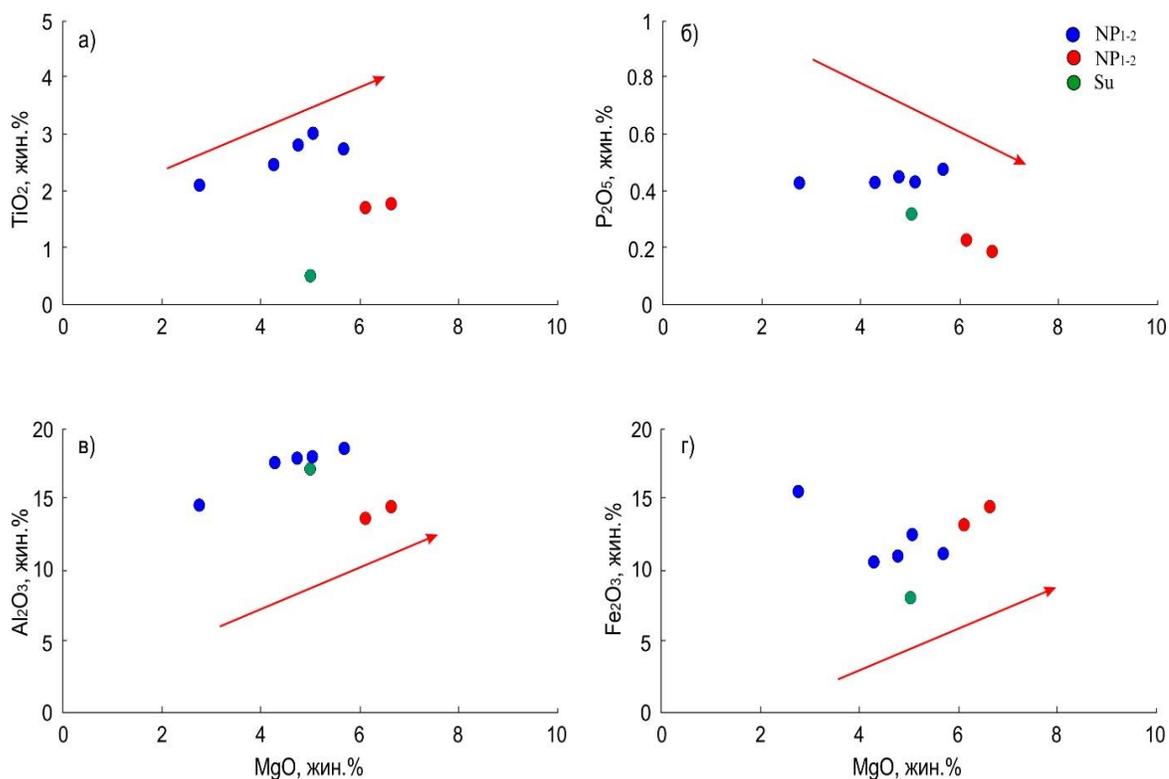
Зураг 111. Вулканоген чулуулгийн ангиллын а) Nb/Y-Zr/TiO<sub>2</sub> б) Nb/Y-SiO<sub>2</sub> болон в) Y-Zr диаграммууд (Winchester and Flyod, 1977); г) AFM диаграмм (Irvine and Baragar, 1971)

Чулуулаг бүрдүүлэгч гол элементүүдийг маагнын исэлтэй харьцуулсан Харкерын диаграмм дээр MgO-ын агуулга өсөхөд TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ын агуулга өсдөг шууд хамааралтай бол P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-ын агуулга буурдаг урвуу хамааралтай (Зураг 112).

Суурилаг найрлагатай вулканоген чулуулгийн петрогенезис, үүссэн геодинамик нөхцлийг тодорхойлоход хайлмагт үлддэг нийцлэг болон нийцлэг бус сарнимал

элементүүдийн (Th, Nb, Zr, Rb, Ba болон LREE) тархалтыг ашигладгаараа онцлогтой (Скляр и др., 2001).

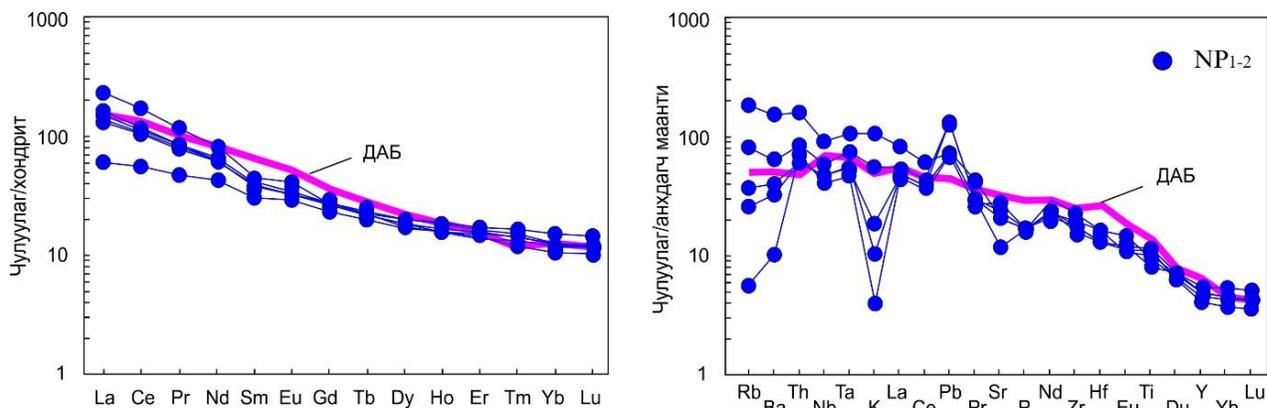
Доод-дунд неопротерозойн (NP<sub>1-2</sub>) вулканоген чулуулгуудын C1 хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн тархалтын муруйд 2 төрлийн тархалтын хэлбэр илрэх бөгөөд үүнд: Хөгжсөн (La<sub>n</sub>/Yb<sub>n</sub>=4.95-19), Хөгжсөн бага зэрэг ядуурсан (La<sub>n</sub>/Yb<sub>n</sub>=1.1) хэлбэрүүд болно. Мөн түүнчлэн зарим сарнимал элементүүдийн харьцааг тооцоолбол (La/Sm<sub>n</sub>=2.0-5.2; Gd/Yb<sub>n</sub>=1.9-2.5) – далайн арлын базальт-ДАБ; (La/Sm<sub>n</sub>=0.9; Gd/Yb<sub>n</sub>=1.1-1.3) – далайн голч нурууны базальт-ДГНБ гэсэн 2 төрөл ялгагдаж болохоор байна. Харин силурын Ундаан формацын чулуулаг нь арлан нумын базальт-АНБ болох нь хардаж байна



Зураг 112. Вулканоген чулуулгийн MgO-гол ислүүдийн Харкерын диаграмм

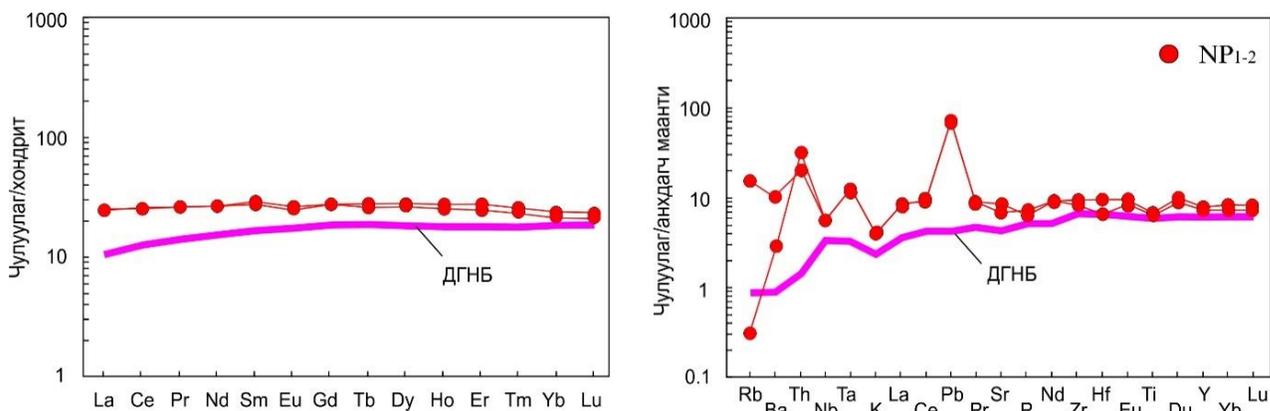
**Далайн арлын базальт:** Доод-дунд неопротерозойн (NP<sub>1-2</sub>) ДАБ нь (дээж 2538, 2541, 2542, 2543, 2544) Mg# = 19-36.6%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 10.7-15.6%, TiO<sub>2</sub> = 2.1-3%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 0.42-0.47%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 14.6-18.5% байхад SiO<sub>2</sub> агуулга 47.3-51.6%. Энэ төрлийн базальтууд нь өндөр титаны ислийн агуулгатай (TiO<sub>2</sub> дундаж = 2.65%), ГХЭ-ийн хувьд Хөгжсөн баяжсан (Зураг 113а) шинж чанартай бөгөөд La/Sm<sub>n</sub> = 3.4-5.2, Gd/Yb<sub>n</sub> = 1.9-2.5, бага Zr/Nb (4.1-6.4), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> = 5.9-7.1. Базальтууд нь олон элементийн спайдер диаграмм дээр Nb-ын эерэг гажил үзүүлдэг бөгөөд энэ нь маантийн плюмийн эх үүсвэртэй болохыг харуулдаг (Safonova et al., 2011a).

Анхдагч маантид нормчилсон сарнимал элементүүдийн спайдер диаграмм том ионт литофил элементүүдийн (Rb, Ba, K, Sr) бага агуулгатайн зэрэгцээ сүбдүкц/эх газрын компонентийн бохирдолтой холбож үздэг бөгөөд Nb-ийн сөрөг, Pb-ийн эерэг гажлуудыг тод агуулж байгаа нь бохирдолтыг улам баталгаажуулж байна (Зураг 113б).



Зураг 113. а) С1 хондритийн найрлагаар нормчилсон ГХЭ-ийн тархалтын муруй;  
 б) анхдагч маантид нормчилсон сарнимал элементүүдийн спайдер диаграмм.  
 Нормчлолын өгөгдлийг Sun & McDonough (1989)-ын ажлаас авав.

**Далайн голч нурууны базальт:** Доод-дунд неопротерозойн (NP<sub>1-2</sub>) ДГНБ нь (дээж 2539, 2540) Mg# = 38.2-38.8, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 12.3-14.4%, TiO<sub>2</sub> = 1.7%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 0.18-0.22%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 13.7-14.3% байхад SiO<sub>2</sub> агуулга 48-52%. Дундаж титаны ислийн агуулгатай (TiO<sub>2</sub>дундаж = 1.7%), харьцангуй хэвтээ чиглэлийн ГХЭ-ийн муруйг үүсгэдэг (La/Sm<sub>n</sub> = 0.9; Gd/Yb<sub>n</sub> = 1.1-1.3), Zr/Nb = 23.7-26.8, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> = 7.8-8.1) ба энэ төрлийн базальтууд нь далайн голч нурууны маагмийн чулуулагт илэрдэг шинж юм. ХөГХЭ-ээр ядуурсан чулуулагт том ионтой литофил элементүүдийн (Rb) агуулга бага, К нь анхдагч маанийн агуулгатай ойролцоо харин Pb-ны агуулга их байгаа онцлогууд харагдаж байна (Зураг 114а, б).



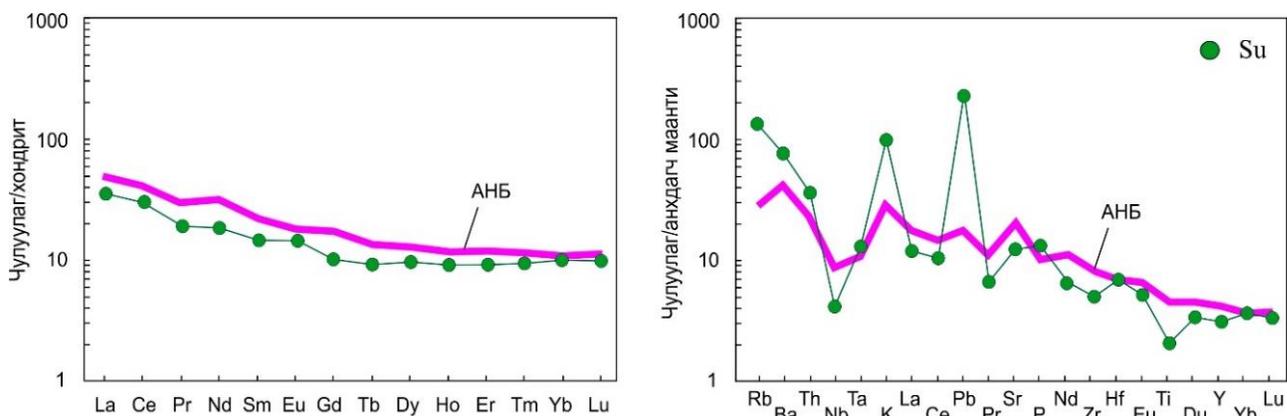
Зураг 114. а) С1 хондритийн найрлагаар нормчилсон ГХЭ-ийн тархалтын муруй;  
 б) анхдагч маантид нормчилсон сарнимал элементүүдийн спайдер диаграмм.  
 Нормчлолын өгөгдлийг Sun & McDonough (1989)-ын ажлаас авав.

ДГНБ-ууд нь өндөр цэнэгтэй элементүүд болон ХөГХЭ-үүдээр ядуурсан, мөн Zr/Nb өндөр, Th эерэг гажилтай байгаа зэрэг нь маагмын дараах хувирлын үр дүн гэж үзсэн ч бий (Safonova et al., 2011). Магадгүй силикат эрдсийн фракцжилт Ti, Hf элементүүдийг хайлмагаас шилжүүлэх хандлагатай байдаг тул үлдэгдэл хайлмагт Th агуулга ихсэх шинжтэй болдог (Скляров и др., 2001). Нөгөө талаас Th агуулга өндөр байгаа нь эх газрын царцдас болон сүбдүкцийн нэгдлүүдийн оролцооноос

хамааралтай (Pearce and Peate, 1995). Дундаж титаны исэл болон ХөгХЭ, бага Nb;  $Al_2O_3/TiO_2=7.8-8.1$ ,  $Nb/La_{pm} \leq 1$  байх зэрэг нь далайн голч нурууны базальтын геохимийн онцлог шинж чанар (Safonova et al., 2015) бөгөөд манай судалгааны дээрх утгуудаар ч мөн батлагдаж байгаа юм.

Доод-дунд неопротерозойн (NP<sub>1-2</sub>) базальтуудын сарнимал элементүүдийн гажил энгийн далайн голч нурууны базальтаас бага зэрэг баяжсан байгаа нь маантийн плюмаас хол биш байрлаж байгаа эсвэл маантийн шаантагийн нөлөөлөлтэй ч холбоотой байж болох юм.

**Арлан нумын базальт:** Силурын Ундаан формацын базальт нь (дээж D25-1/2)  $Mg\#=34.7$ ,  $Fe_2O_3=8.1\%$ ,  $TiO_2=0.5\%$ ,  $P_2O_5=0.3\%$ ,  $Al_2O_3=17.4\%$  байхад  $SiO_2$  агуулга 55 жин.%. Тус чулуулгийн С1 хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн хэлбэр нь ХөгХЭ-ээр бага зэрэг баяжсан байгаа боловч далайн арлын базальтаас ГХЭ-ийн үнэмлэхүй агуулгаараа бага болох нь харагдана (Зураг 115а). Мөн чулуулгийн анхдагч маантийн найрлагаар нормчилсон сарнимал элементүүдийн спайдер диаграммд маантийн гарал үүсэлтэй далайн базальтуудаас ихээхэн ялгаатай байна. Олон элементийн спайдер диаграммд том ионтой литофил элементийн (Rb, Ba, Th, K) өндөр, жижиг ионтой өндөр цэнэгтэй элемент болох Ti-ын бага агуулгатайн зэрэгцээ сүбдүкц/эх газрын компонентийн бохирдлоор тайлагддаг Nb-ийн сөрөг Pb-ийн эерэг гажлуудыг тод агуулж байна (Зураг 115б).



Зураг 115. а) С1 хондритийн найрлагаар нормчилсон ГХЭ-ийн тархалтын муруй;  
 б) анхдагч маантид нормчилсон сарнимал элементүүдийн спайдер диаграмм.  
 Нормчлолын өгөгдлийг Sun & McDonough (1989)-ын ажлаас авав.

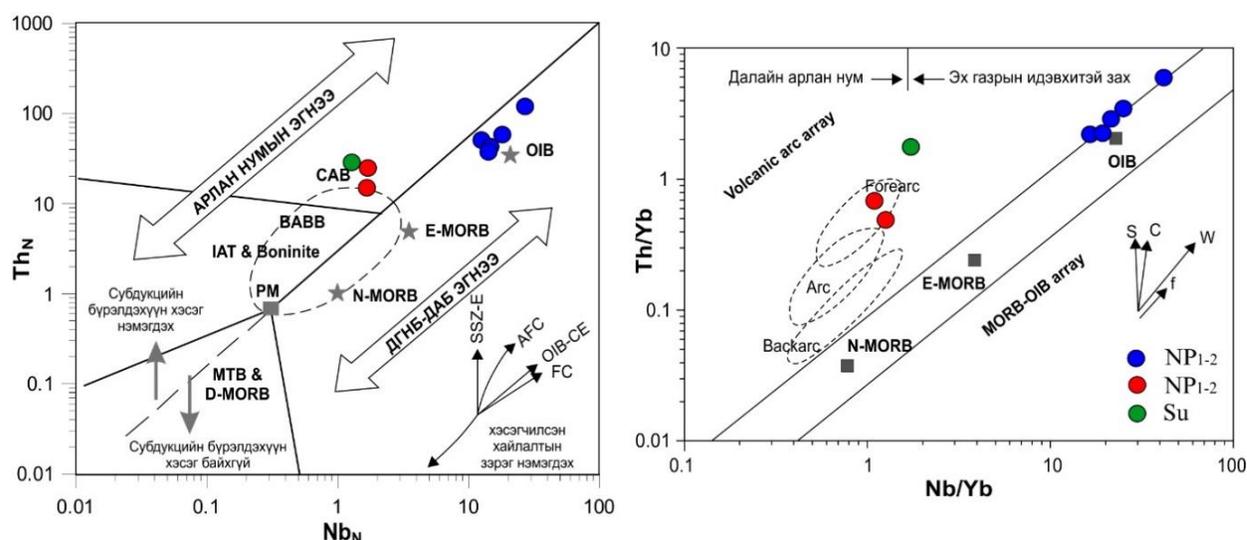
Судалгаанд хамрагдсан бүх чулуулагт илэрч байгаа дээр дурдсан геохимийн шинж чанарууд нь плитүүдийн конвергент хил зааг дээр голчлон бүрэлдэх боломжтой байдаг тул эдгээр вулканоген чулуулгуудын үүссэн тектоник нөхцлийг мөн сүбдүкцийн бүстэй холбож үзэж болох юм.

### Вулканоген чулуулгуудын үүслийн геодинамикийн нөхцөл.

Тус судалгаанд хамрагдсан цөөн хэдэн дээж байгаа боловч тэдгээрийн үүслийн геодинамикийн орчинг тодорхойлох оролдлогыг хийх нь зүйтэй гэж үзлээ. Тори нь 600°C хүртэлх температурт хөдөлгөөнгүй байдаг тооцогддог бөгөөд түүний агуулга

сүбдукцийн бүсэд баяждаг, метаморфизм болон хувирлын явцад өөрчлөгддөггүй онцлогтой (Wood, 1979). Энэ үүднээс Сассани (Saccani et al., 2015; 2017), Пирс (Pearce, 2008) нарын дэвшүүлсэн вулканоген чулуулгийн үүслийн геодинамик орчинг тодорхойлоход ашигладаг  $Th_N-Nb_N$  болон  $Th/Yb-Nb/Yb$  харьцуулсан диаграммууд дээр доод-дунд неопротерозойн (NP<sub>1-2</sub>) базальтууд нь далайн арлын базальт (ДАБ) болон далайн голч нурууны (ДГНБ) төрлийн базальтууд, харин силурын ганц дээж байгаа нь субдукцтэй холбоотой арлан нумын нөхцөлд үүссэн болох нь тодорхой ялгагдаж байна (Зураг 116).

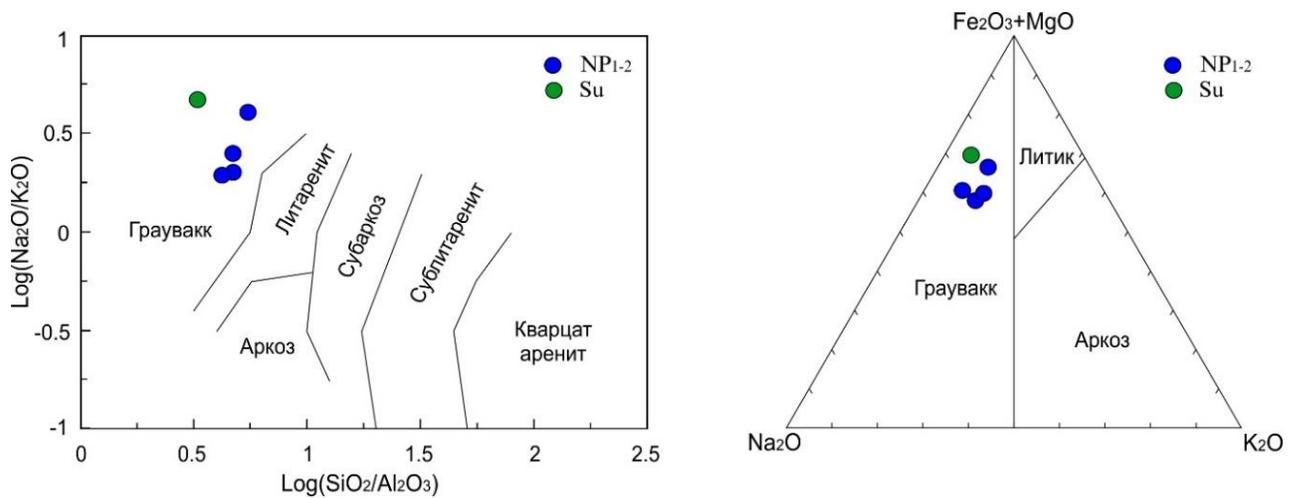
Өөр өөр геодинамикийн нөхцөлд үүссэн базальтууд өөр хоорондоо геохимийн хэв шинжээрээ ялгаатай тектоникийн хөгжил, эх үүсвэрийг сэргээн босгоход аккрецийн шаантагт хадгалагдсан байдаг онцлогтой. Базальтуудын анхдагч найрлага нь маантийн эх үүсвэрийн гүн болоод төрөл, хэсэгчилсэн хайлалтын зэрэг, фракцлалтын талсжилт, эх газрын болон далайн царцдасын бохирдолтоос хамаардаг (Оюунчимэг, 2019).



Зураг 116. а)  $Nb$  болон  $Th$   $N$ -MORB агуулагчаар нормчилсон дискриминацийн диаграмм (Sun and McDonough, 1989), б) –  $Th/Yb-Nb/Yb$  вулканоген чулуулгийн үүслийн геодинамик орчинг тодорхойлох дискриминацийн диаграмм (Pearce, 2008)

### Тунамал чулуулгийн геохими.

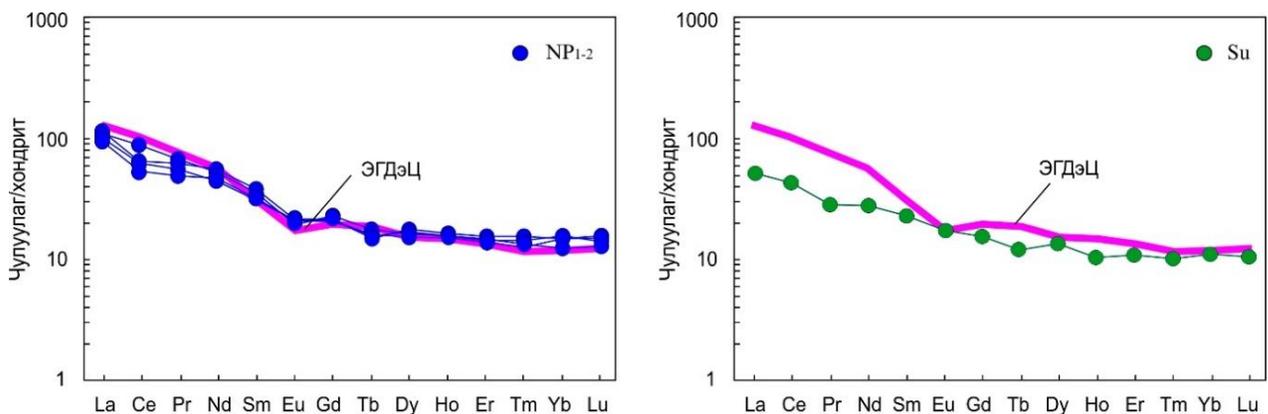
Тунамал чулуулгуудын петрохимийн шинжилгээний дүнд үндэслэн хийсэн тунамал чулуулгийн ангиллын төрлийг тодорхойлох дискриминацийн диаграммууд дээр доод-дунд неопротерозойн (NP<sub>1-2</sub>) (дээж D25-5, D25-6, D25-7, 2547) болон силурын Ундаан формацын (дээж D25-1/1) элсэн чулуунууд нь бүгд граувакк найрлагатай болох нь харагдана (Зураг 117).



Зураг 117. Тунамал чулуулгийн ангиллын а) *Pettijohn et al., 1972*, б) *Blatt et al., 1980* диаграммууд

ГХЭ-ийн муруйгаас тунамал чулуулгийн эх үүсвэрийг тодорхойлох боломжтой бөгөөд тунамал чулуулаг нь ЭГДэЦ-ын төвшинд хэдий ч европын гажил бага зэрэг эерэг байгаа нь плагиоклаз давамгайлсантай холбоотой байдаг хүчиллэг чулуулагтай холбоотой хээрийн жоншоор хянагддаг (*Rollinson, 1993*). Доод-дунд неопротерозойн (NP<sub>1-2</sub>) элсэн чулуунд ГХЭ агуулга 105.1-134.8 г/т, силурын Ундаан формацын элсэн чулуунд 71.9 г/т агуулагдаж байна.

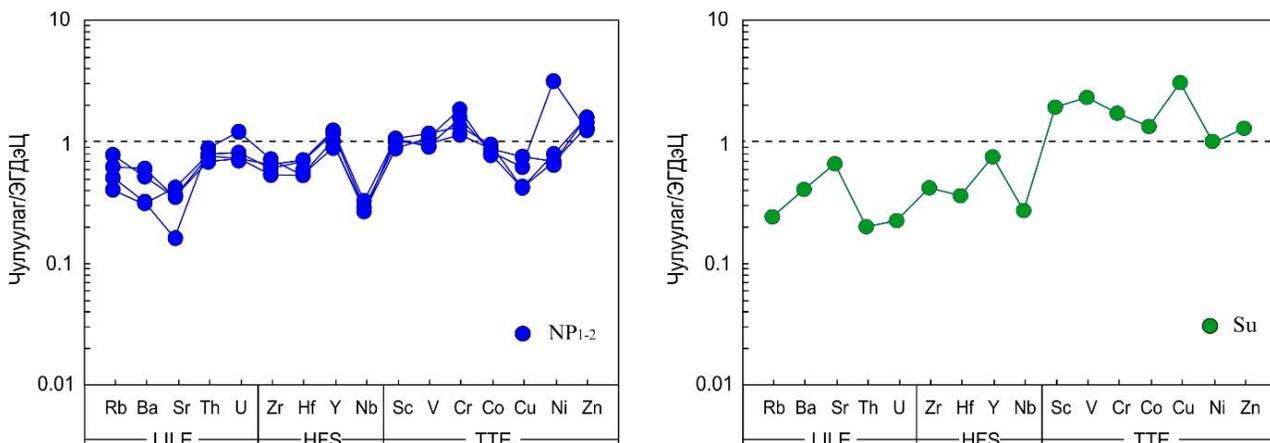
С1 хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн диаграммаас харахад доод-дунд неопротерозойн (NP<sub>1-2</sub>) элсэн чулуу нь ХүГХЭ-ийг бодвол ХөгХЭ-ээр баяжсан байхаас гадна Eu бага зэрэг сөрөг гажил илэрч байгаа нь ЭГДэЦ-ын агуулгатай ойролцоо байна (*Зураг 118а*). Харин силурын Ундаан формацын ногоон саарал өнгийн алевроэлсэн чулуу нь ЭГДэЦ-ыг бодвол ХөгХЭ-ээр ядуурсан, Eu гажил байхгүй байгаа нь суурилаг найрлагатай чулуулгийн геохимийн шинжийг харуулна (*Зураг 118б*).



Зураг 118. С1 хондритод нормчилсон ГХЭ-ийн диаграмм (*Sun and McDonough, 1989*)

Олон элементийг ЭГДэЦ (эх газрын дээд царцдас)-ын дундаж утгад нормчлон байгуулсан диаграммаас харахад доод-дунд неопротерозойн (NP<sub>1-2</sub>) элсэн чулуу нь ЭГДэЦ-ын дундаж агуулгатай ерөнхийдөө ойролцоо боловч Rb, Ba, Sr зэрэг

элементүүдээр бага зэрэг ядуурсан байгаа нь хээрийн жоншны оролцоо байсныг илтгэж байна (Зураг 119а). Харин силурын Ундаан формацын ногоон саарал өнгийн алевроэлсэн чулуунд өндөр цэнэгтэй элементүүд (ӨЦЭ) болох Th, U, Zr, Hf, Nb элементүүдээр ядуурсан, шилжилтийн элементүүдээр ЭГДэЦ-ын дундаж агуулгаас өндөр байгаа зэрэг нь суурилаг чулуулгийн өгөршлийн үр дүнд үүссэн байх боломжтой юм (Зураг 119б).



Зураг 119. Тунамал чулуулгийг ЭГДэЦ-ын дундаж утгад нормчилсон олон элементийн спайдер диаграмм (Taylor and McLennan, 1985)

Иймээс тус хоёр зузаалгийг бүрдүүлж байгаа тунамал чулуулгууд нь өөр өөр эх үүсвэртэй байж болохоор харагдаж байна.

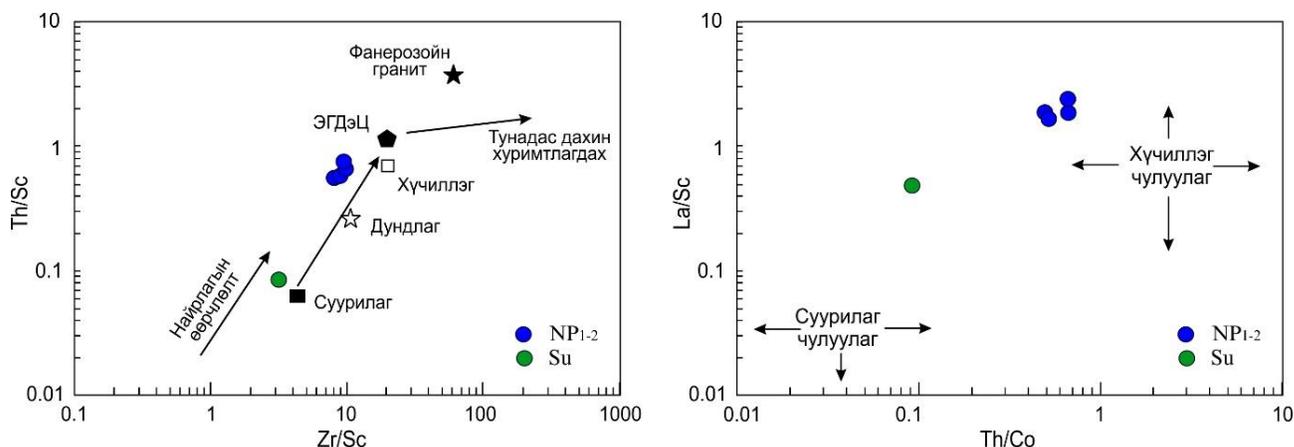
### Тунамал чулуулгуудын эх үүсвэр, хурдас хуримтлалын орчин, геодинамик нөхцөл.

Тунамал чулуулгийн эрдсийн бүрэлдэхүүн, бодисын найрлага нь эх үүсвэр чулуулгийн төрөл, тэдгээрийн физик, химийн өгөршил, зөөгдөл, хуримтлалын онцлогоос шалтгаалдаг. Иймээс тунамал чулуулгийн химийн найрлагын шинжилгээний дүнг ашиглан хурдас хуримтлалын эх үүсвэр, зөөгдөл хуримтлалын онцлогийг тогтоосон олон янзын аргачлалууд боловсруулагдан ашиглагдаж байдаг (Taylor and McLennan, 1985; Condie et al., 1993).

Тунамал чулуулгийн эх үүсвэр нь суурилаг найрлагатай маагмын чулуулаг бол  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  харьцаа 3, хүчиллэг бол ойролцоогоор 5 байдаг (Roser et al., 1996). Мөн  $\text{TiO}_2/\text{Zr}$  харьцаа бага (<55) байвал хүчиллэг, 55-200 байвал дундлаг, >200 дээш байвал суурилаг найрлагатай маагмын чулуулгаас эх үүсвэртэй болохыг заана (Hayashi et al., 1997; Moradi et al., 2016). Доод-дунд неопротерозойн (NP<sub>1-2</sub>) элсэн чулуулгуудын  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  харьцаа 4.3-5.2,  $\text{TiO}_2/\text{Zr}$  харьцаа 57-75 байгаа нь хүчиллэг найрлагатай, харин силурын Ундаан формацын ногоон саарал өнгийн алевроэлсэн чулуунд  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  харьцаа 3.3,  $\text{TiO}_2/\text{Zr}$  харьцаа 119 байгаа нь дундлаг-суурилаг найрлагатай маагмын чулуулгаас эх үүсвэртэй байна.

Судалгааны талбайд тархалттай тунамал чулуулгуудын эх үүсвэрийн төрлийг тодорхойлох Zr/Sc ба Th/Sc харьцааны диаграмм (McLennan et al., 1993) болон мөн хүчиллэг (Th, La) ба суурьлаг (Sc, Co) чулуулагт агуулагдах онцлогт нь тулгуурлан

боловсруулсан (McLennan et al., 1990; Cullers, 2002) Th/Co ба La/Sc харьцааны дискриминацийн диаграммууд дээр дээр доод-дунд неопротерозойн (NP<sub>1-2</sub>) (дээж D25-5, D25-6, D25-7, 2547) элсэн чулуулгууд хүчиллэг маагмын чулуулгаас, Ундаан формацын ногоон саарал өнгийн алевроэлсэн чулуу (дээж D25-1/1) нь суурилаг чулуулгийн эх үүсвэртэй болох нь давхар батлагдаж байна (Зураг 120).



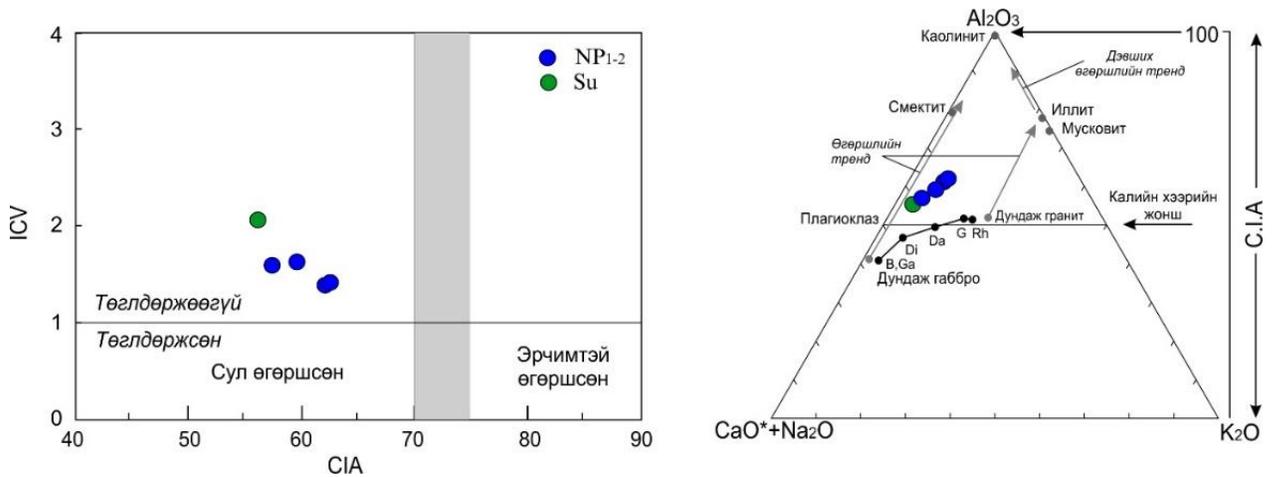
Зураг 120. Тунамал чулуулгийг эх үүсвэрийг тодорхойлох диаграмм. а) Th/Sc болон Zr/Sc харьцааны диаграмм (McLennan et al., 1993). б) Th/Co ба La/Sc дискриминацийн диаграмм (Cullers, 2002)

Th/U харьцаа нь өгөршлийн нөхцлийг тодруулахад чухал (McLennan et al., 1993) ба өгөршил нэмэгдэхэд энэ харьцаа нь тунамал чулуулагт нэмэгддэг (Taylor and McLennan, 1985; McLennan and Taylor, 1991; McLennan et al., 1990, 1995), тэрчлэн энэхүү харьцаа нь тунамал чулуулгийн эх үүсвэрийг тодорхойлоход үр дүнтэй үзүүлэлт болдог (Roddaz et al., 2006). Th/U харьцаа бага байх нь маантийн эх үүсвэртэй вулканоген чулуулагт түгээмэл байдаг. Th/U харьцаа нь 4-өөс дээш байвал өгөршилд их орсонтой холбоотой гэж үздэг (McLennan et al., 1995) ба ЭГДэЦ-ын дундаж утга 3,80 байдаг. Тиймээс бидний судалгаа хийсэн талбайн элсэн чулууны Th/U харьцааны утга 2.8-3.9 байгаа нь өгөршилд бага орсонтой холбоотой ба ихэнх дээжүүдийн хувьд ЭГДэЦ-ын дундаж утгатай ижил буюу ойролцоо байна.

Химийн хувирлын индекс (CIA) нь дээд царцдасд зонхилдог хээрийн жонш, плагиоклаз зэрэг эрдсүүдэд ашиглагдах ба калийн хээрийн жонш нь шаварлаг эрдэс рүү хурдан шилждэг онцлогтой юм (Nesbitt and Young, 1984). PAAS-ийн CIA утга нь 70-75 байх ба багаас дунд зэргийн өгөршлийн зэргээр тооцогдох бөгөөд хувиралд автаагүй плагиоклаз, калийн хээрийн жоншны CIA утга нь 50-60, дунд зэрэг өгөрсөн (CIA=60-80), харин хээрийн жонш нь каолинит, гиббсит зэрэг шаварлаг эрдэст бүрэн хувирсан тохиолдолд утга нь “100” хувиар илэрхийлэгддэг (Fedo et al., 1995). CIA утга бага байх тохиолдолд тэжээгдлийн муж хүйтэн, хуурай уур амьсгалын нөхцөлд байсныг заадаг байна (Fedo, 1995). ICV утга 1-ээс дээш байх нь плагиоклаз, КХЖ, амфибол, пироксен зэрэг чулуулаг бүрдүүлэгч эрдсүүд болон чулуулгийн хэмхдэс буйг, харин 1-ээс доош байвал шаварлаг эрдсүүд байгааг илтгэдэг (Cox et al., 1995).

Химийн хувирлын индекс (CIA) ба найрлагын өөрчлөлтийн индекс (ICV)-ийн хамаарлын диаграммыг харахад элсэн чулууны CIA утга 56-62, ICV утга 1.4-2 байгаа нь шаварлаг эрдсийн оролцоо бага, өгөршилд автаагүйн зэрэгцээ тектоникийн

идэвхижилт ихтэй муж буюу эх газрын идэвхтэй захын нөхцөлд үүссэн чулуулгийн хуримтлалаар тайлбарлагдана (Cox et al., 1995) (Зураг 121a).



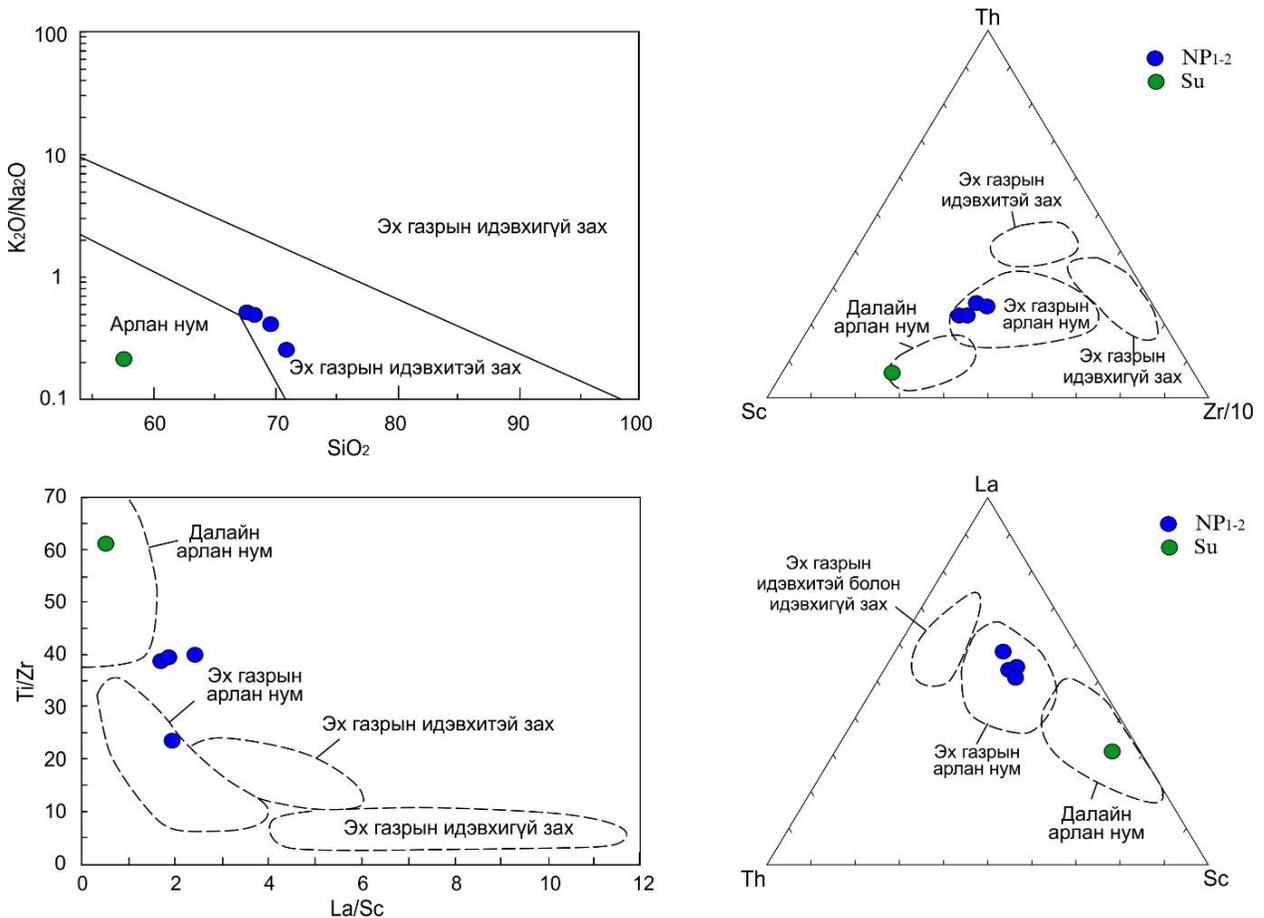
Зураг 121. а) Химийн хувирлын индекс (CIA) ба найрлагын өөрчлөлтийн индексийн (ICV) диаграмм (Cox et al., 1995) болон б) Өгөршлийн чиглэлийн диаграмм (Nesbitt and Young, 1984)

Түүнчлэн химийн өгөршлийн индексийн өгөгдлүүдийг A-CN-K буюу (CaO\*+Na<sub>2</sub>O)-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-K<sub>2</sub>O өгөршлийн трендийн диаграммтай хослуулан ашиглах нь эх үүсвэр чулуулгийн найрлага, өгөршлийн процессын чиг хандлагыг тодорхойлох боломжийг олгодог (Fedо et al., 1995; Narantuya & Roser, 2013). Энэ зорилгоор Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, Na<sub>2</sub>O болон K<sub>2</sub>O зэрэг ислүүдийн өгөгдлүүдээр өгөршлийн чиглэлийн гурвалжин диаграммыг байгуулж үзэхэд доод-дунд неопротерозойн (NP<sub>1-2</sub>) элсэн чулуу болон силурын Ундаан формацын ногоон саарал өнгийн алевроэлсэн чулуунд PIA буюу плагиоклазын өгөршлийн индексийн утга нь 56-62 хэлбэлзэж байгаа нь эх үүсвэрээс хол биш зайд, бага өгөршилд орсоньг харуулдаг (Зураг 121б).

**ГЕОДИНАМИК ОРЧИН.** Судалгааны талбайн тунамал чулуулгийн голлох болон сарнимал элементүүдийн үр дүнгүүдийг ашиглан хурдас хуримтлалын эх үүсвэр, тектоник орчин тодорхойлох төрөл бүрийн диаграммуудыг ашиглав. Тэдгээрээс тунамал чулуулгийн судалгаанд өргөн хэрэглэгддэг Roser болон Korsch нарын боловсруулсан SiO<sub>2</sub> агуулга болон K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O харьцаагаар тектоник орчныг тодорхойлох диаграммд доод-дунд неопротерозойн (NP<sub>1-2</sub>) элсэн чулуунууд нь эх газрын идэвхтэй захын нөхцлийг зааж байна. Харин силурын Ундаан формацын ногоон саарал өнгийн алевроэлсэн чулуу нь арлан нумын нөхцөлд хуримтлагдсан болох нь харагдаж байна (Зураг 122а).

Тунамал хурдсын ГХЭ-ийн тархалтын судалгаа бол хамгийн сүүлийн үеийн судалгааны чиглэл юм. Энэ чиглэлээр илүү сайн үндэслэлтэй боловсрогдсон арга бол Дорнод Австралийн палеозойн турбидитлаг дараалалтай грауваккийн серийн үүссэн тектоник нөхцлийг ангилсан М.Р.Бхатия болон К.А.В.Крук нарын диаграммын систем юм. Иймээс Бхатия нарын боловсруулсан ГХЭ-ийн диаграммуудыг түлхүү ашиглан үр дүнгүүдээр диаграммыг байгуулж үзэхэд доод-дунд неопротерозойн (NP<sub>1-2</sub>) элсэн чулуунууд нь эх газрын арлан нумын нөхцлийг зааж байхад Ундаан формацын

алевроэлсэн чулуу нь далайн арлан нумыг илэрхийлэх бөгөөд өөр эх үүсвэрүүдээс үүссэн болохыг харуулна (Зураг 122б, в, г).



Зураг 122. Геотектоник орчныг тодорхойлох тунамал чулуулгийн гол ислүүд болон сарнимал элементүүдийн харьцуулсан диаграмм (Roser and Korsch, 1986; Bhatia, 1983; Bhatia and Crook, 1986)

## ДҮГНЭЛТ.

Хатанбулагийн эртний массивын Цагаан Уулын Блокийн суурь ба хучаас бүрдэлд хамаарагддаг палеопротерозойн ангилагдаагүй зузаалаг, Цагаан-Уул, Хөхморьт болон Ундаан формацуудын хээрийн геологийн ажиглалт судалгааг Цагаан уул ба Хөрхийн нурууны дүүргүүдэд тус тус явуулж хээрийн судалгааны материалыг хурдас чулуулгийн петрографи, геохими болон геохронологийн судалгаатай нэгтгэн боловсруулсны үр дүнд дараах гол дүгнэлтүүдийг хийлээ. Үүнд:

- Цагаан уулын блокийн баруун хэсэгт зураглагддаг ангилагдаагүй метаморф зузаалаг нь палеопротерозойн цаг үед бус харин 925 - 770 с.ж хооронд буюу доод неопротерозойд үүссэн болох геохронологийн судалгааны дүнгээр баттай тогтоогдлоо. Иймээс цаашид тус зузаалгийг Бадамтулга нарын (2005, 5626Ф) нэрлэсэн нэрээр Хулстай формацад ангилж насыг нь тонийн стейжэд зураглах нь зүйтэй гэж үзэж байна.
- Тус хувирмал зузаалгийн хэмжээнд зөөгдмөл цирконы геохронологийн судалгааг анх удаа явуулж доод неопротерозойн настай болохыг тогтоосон нь

нэг талаас Хатанбулгийн эртний массивын Цагаан уулын блокийн хэмжээнд эртний суурийн цухуйц оршин байгааг батлах нэгэн баталгаа бөгөөд нөгөө талаас мезопротерозой ба палеопротерозойн настай чулуулаг тус бүс нутгийн хэмжээнд тогтоогдох боломжтой болохыг нотлон харууллаа.

- Табулят шүрийн тодорхойлолтонд тулгуурлан силурын венлокийн түвшинд ялгаж байсан Хөхморьт формацын хурдаснаас силурын лудловын настай ( $S_{1-3}$ ) мөрхөлтөн илэрсэн нь цаашид тус дүүрэгт үнэмлэхүй насны болон микропалеонтологийн нэмэлт судалгаа явуулах, стейжүүдийн түвшинд насыг нарийвчлах нь зайлшгүй шаардлагатай болохыг харуулж байна.
- Цагаан Уулын блокийн төв хэсэгт Хөрхийн нурууны дүүрэгт сүүлийн үед Цагаан-Уул формацад зураглагдах болсон метаморф зузаалаг нь шүлтлэг, шүлтлэгдүү найрлагатай базальт, граувакк найрлагатай алевроэлсэн чулуу, элсэн чулуунаас бүрдэх тунамал-вулканоген зузаалаг болох нь тогтоогдсон тул шохойн чулуу, кварцитаас зонхилон тогтдог доод неопротерозойн Цагаан-Уул формацад дүйцүүлж ангилах нь буруу гэж үзлээ.
- Тус зузаалгийн базальтууд нь геохимийн шинжээрээ далайн арлын базальт OIB, далайн голч нурууны базальт MORB гэсэн эх үүсвэр бүхий 2 өөр төрөлд ялгагдаж байгаагаас гадна MORB-ын орчинд үүссэн базальтууд нь субдукцийн бүс рүү аккрецилагдаж эх газрын компонентоор бохирдон метаморфжих процесст ихээхэн автсан байна. Алевроэлсэн чулуу, элсэн чулууунууд нь химийн найрлагын хувьд бүгд граувакк найрлагатай, эх газрын арлан нум, эх газрын идэвхитэй захын нөхцөлд үүссэн хүчиллэг найрлагатай эх үүсвэртэй чулуулгуудын элэгдэл, зөөгдлөөр хуримтлагджээ.
- Тус дүүрэгт зураглагддаг силурын Ундаан формацын бүрэлдэхүүнд андезит ба граувакк найрлагатай алевроэлсэн чулуунаас тогтсон тунамал-вулканоген зузаалаг тогтоогдлоо. Андезит нь геохимийн шинжээрээ арлан нумын базальтын төрөлд ангилагдаж байгаагаас гадна геодинамикийн нөхцлөөрөө ч мөн субдукцтэй холбоотой арлан нумын нөхцөлд үүссэн болох нь тодорхой ялгагдаж байна. Алевроэлсэн чулууны голлох болон сарнимал элементүүдийн найрлагад үндэслэн тэдгээр нь далайн арлан нумын нөхцөлд үүссэн суурилаг эх үүсвэртэй чулуулгуудын элэгдэл, зөөгдлөөр хуримтлагдсан болохыг тогтоолоо.

## **БҮЛЭГ 4. ӨМНӨД ГОВИЙН ЭРТНИЙ МАССИВ**

### **4.1.НҮХТДАВААНЫ БЛОКИЙН СУУРЬ БА ХУЧААС БҮРДЛҮҮДИЙН ГЕОЛОГИ, ГЕОХРОНОЛОГИ, ГЕОХИМИ**

#### **4.1.1.СҮМТНУУРЫН ДҮҮРЭГ**

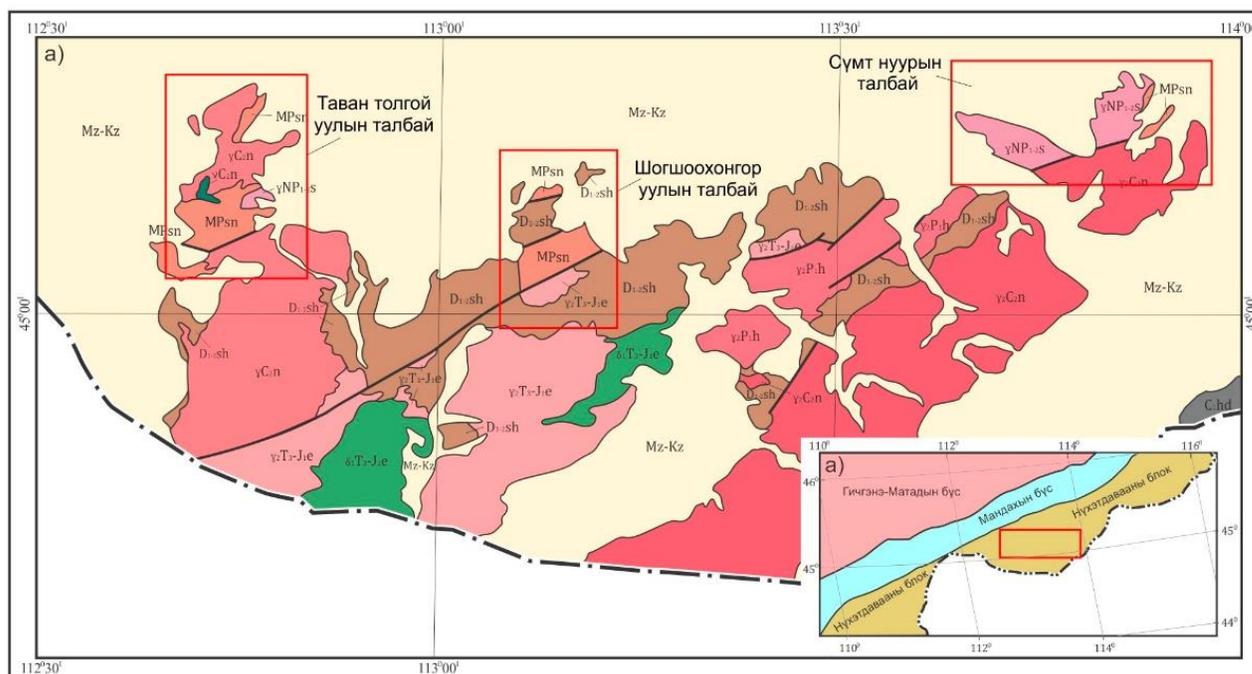
Сүмтнуур метакомплекс нь Өмнөд Говийн эртний массивын Нүхтдавааны блокийн суурийг бүрдүүлдэг бөгөөд Монгол орны зүүн талд тогтоогдсон хамгийн эртний бүрдэлд тооцогддог (Доржнамжаа нар, 2011; Бямба, 2012; Махбадар нар., 1995, 4806ф; Эрдэнэчимэг нар., 2017, 8480ф). Сүмтнуур метакомплексын гол цухуйц гаршууд Өмнөд Говийн эртний массивын Нүхтдавааны блокийн зүүн хэсэг, Нарангийн өргөгдлийн хэмжээнд Сүмт нуур, Таван толгой уул болон Шогшоохонгор уулын талбайд тус тус илэрдэг (Зураг 123а). Тус бүс нутагт тархсан метаморф хурдсыг анх С.Н. Алексейчик (1943), Н.А. Маринов (1957), Доржнамжаа (1978), Ж.Бямба, Батхүү (1988) нар дунд-дээд рифейд хамааруулж ирсэн бол 1996 онд Д.Лхагвадорж нар 1:200000 масштабын геологийн зураглалын ажлаар эпидот-амфиболит ба ногоон занарын фаацийн түвшинд хувирсан занар, кварцит, гантигжсан шохойн чулуу, хувирмал терриген хурдсаас тогтсон доод-дунд рифейн Сүмтнуурын давхрагадасд ангилжээ (Лхагвадорж нар., 1996, 5020ф). Хожим нь Баавхай Хонгор уулын дүүрэгт явагдсан 1:50000 масштабын геологийн зураглал, ерөнхий эрлийн ажлын явцад Батзориг нар (2008, 5905ф) талст занар, амфиболит, биотит-кварц-плагиоклазат гнейс, кварцит болон метаэлсэн чулуунаас тогтсон палеопротерозойн Сүмтнуур метакомплексд ялгасан нь 2017 онд боловсруулагдсан Монгол Улсын 1:500000 масштабын геологийн зурагт мезопротерозойн түвшинд ангилагдан зураглагдсан байдаг (Эрдэнэчимэг нар., 2017, 8480ф).

Хэдийгээр Сүмтнуур метакомплекс нь Өмнөд Говийн эртний массивын Нүхтдавааны блокийн суурийн цухуйц хэмээн тооцогдож Монголын эртний хурдсын стратиграфийн ангилалд өнөөг хүртэл тодорхой байр суурь эзэлсээр ирсэн боловч орчин үеийн геохронологи, геохимийн судалгаанд огт хамрагдаагүй, нас нь батлагдаагүй, гарал үүслийн асуудал нь шийдвэрлэгдээгүй байсаар ирсэн юм. Иймээс Сүмтнуур метакомплексын гол цухуйц гаршууд илэрсэн Сүмт нуур, Шогшоохонгор уул болон Таван толгой уулын талбайнуудад хээрийн геологийн судалгааг явуулж чулуулгийн эрдсийн бүрэлдэхүүн, бодисын найрлага, үүссэн цаг хугацаа болон гарал үүслийн геодинамик нөхцлийг тодруулах зорилго бүхий дээжлэлтүүдийг хийж боловсруулсанаас гадна циркон, ксенотим ба монацитийн геохими болон U-Pb геохронологийн шинжилгээнд хамруулсан үр дүнг тайлангийн энэхүү хэсэгт тусган харууллаа.

#### **ГЕОЛОГИЙН ТОГТОЦ.**

Сүмтнуур метакомплекс нь Сүхбаатар аймгийн Онгон, Наран сумдын нутаг, Сүмт нуур, Шогшоохонгор уул болон Таван толгой уулын талбайд тус тус зураглагддаг

бөгөөд доод-дунд девоны Шогшоохонгор формац ( $D_{1-2sh}$ ) болон мезо-кайнозойн вулканоген-тунамал хурдсаар үл нийцлэгээр хучигдаж түрүү-дунд неопротерозойн Сүмт ( $NP_{1-2s}$ ), дунд карбоны Нүхэтдаваа ( $C_{2n}$ ), хожуу триас-түрүү юрийн Егүүзэр ( $T_3-J_1e$ ) бүрдлүүдээр тус тус зүсэгдэнэ (Зураг 123б).



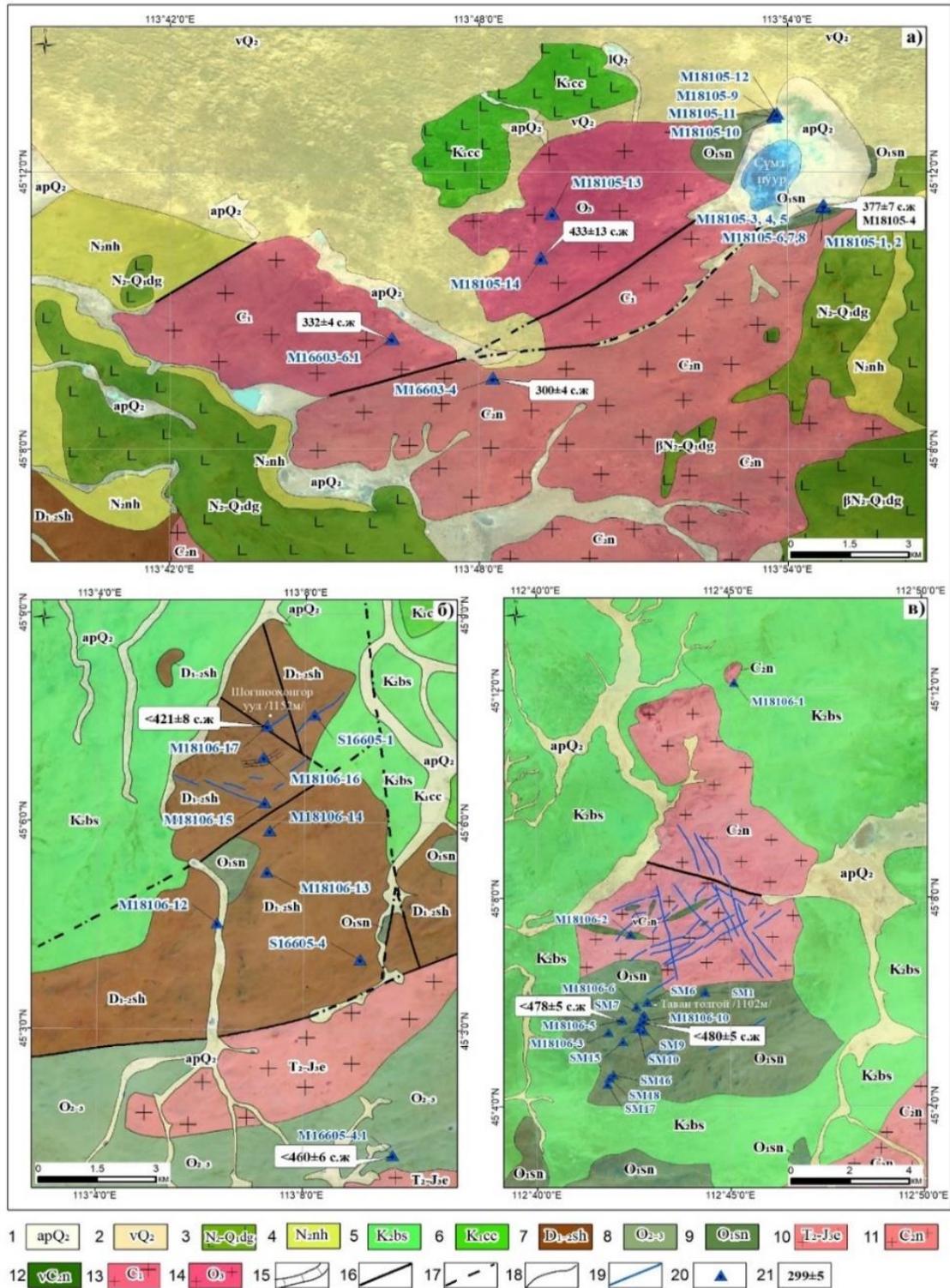
Таних тэмдэг:

<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Mz-Kz</span> Мезо-кайнозойн тунамал, вулканоген хурдас	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">MPsn</span> Сүмтнуур метакомплекс	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">C<sub>2n</sub></span> Нүхэтдаваа бүрдэл
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">C.hd</span> Хаданхошуу формац	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">C<sub>2n</sub></span> Хашаат бүрдэл	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">NP<sub>1-2s</sub></span> Сүмт бүрдэл
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">D<sub>1-2sh</sub></span> Шогшоохонгор формац	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">T<sub>3</sub>-J<sub>1e</sub></span> Егүүзэр бүрдэл	Тектоник хагарал

Зураг 123. Судалгааны талбайн байршил (а) ба геологийн зураг (б). Геологийн зургийг Монгол Улсын 1:500000 масштабын геологийн зургаас хэсэгчлэн авав (Эрдэнэчимэг нар., 2017, 8480ф). Байршлын зурагт Төмөртоого (2014)-ын Монгол орны Атриат мужуудын тектоник бүсчлэлийн схемийг ашиглав.

Сүмтнуур метакомплексийн цухуйц гаршууд нь хоорондоо нилээд зайтай хэд хэдэн тектоник блокийн хэмжээнд илрэх бөгөөд гол төлөв БУ-ЗХ чиглэлтэй хагарлуудаар доод-дунд девоны Шогшоохонгор формац ба дунд карбоны Нүхэтдаваа, хожуу триас-түрүү юрийн Егүүзэр бүрдлүүдээс тус тус зааглагдана.

Чулуулгууд нь илрээц гарш муутай, ихэнхдээ өгөршиж бутарсан хэмхдэс байдлаар тохиолдох боловч зарим хэсэгтээ уул толгодын орой хяр, мөн заримдаа гуу жалга хэсэгт нилээд сайн илрээц бүхий гаршуудыг үүсгэнэ. Хээрийн ажлын явцад Сүмт нуур, Шогшоохонгор уул болон Таван толгой уулын талбайд геологийн ажиглалт судалгаа явуулж холбогдох дээж сорьцуудыг авсан бөгөөд тэдгээрийн байршлуудыг сансрын зургийн тайлал ашиглан шинээр боловсруулсан талбай тус бүрийн геологийн зургуудад харуулсан болно (Зураг 124а-в).



Зураг 124. Сүмт нуур (а), Шогшоохонгор уул (б) болон Таван толгой уул (в) талбайн геологийн зураг. Таних тэмдэг: 1-2 – Дөрөвдөгчийн хурдас, 3 – Дарьганга формац, 4 - Наранхонгор формац, 5 – Баянширээ формац, 6 – Цагаанцав формац, 7 – Шогшоохонгор формац, 8 - Ордовикийн ангилагдаагүй формац (Сүмтнуур метакомплекс), 9- Егүүзэр бүрдэл, 10 – 11 - Нүхэтдаваа бүрдэл, 12– Түрүү карбонь ангилагдаагүй бүрдэл, 13 – хожуу ордовикийн ангилагдаагүй бүрдэл, 14 - Шохойн чулууны мэшил, үе, 15 – 16 – Хагарал, 18 – Геологийн хил зааг, 18 – дэл судал, 19 - дээж авсан цэгүүдийн байршил, дээжийн дугаар, 20 – Үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн

**Сүмтнуурын талбай.** Сүмтнуур метакомплексын нилээд сайн илрэх бүхий гарш Сүмт нуурын зүүн-өмнөд хэсгийн жалганд ( $45^{\circ}11'30''$ ;  $113^{\circ}54'40.7''$ ) илрэх бөгөөд энд бидний хийсэн зүсэлтийн доод хэсэгт цайвар шаргал өнгөтэй, кварц-биотит-мусковиттой занар (дээж M18105-3) зонхилж том мөхлөгтэй цайвар саарал өнгийн гранат агуулсан гнейс (дээж M18105-4), цайвраас бараавтар саарал өнгийн кварцитийн (дээж M18105-5) янз бүрийн зузаантай үеүд салаавчлан байрлана. Харин зүсэлтийн дээд хэсэгт цайвар саарал өнгийн жижиг мөхлөгт гнейс (дээж M18105-6) байрлана ([Зураг 124а](#) ба [125а-в](#)). Дээр дурдсан литологийн найрлага бүхий метаморф чулуулгууд Сүмт нуурын зүүн болон өмнөд эргийн дагууд зүсэлт хийх боломжгүй тасаг бусаг жижиг илрэцүүд үүсгэнэ. Харин нуурын хойд талд, Сүмтийн хийдийн туурь орчимд ( $45^{\circ}12'47.7''$ ;  $113^{\circ}53'49.6''$ ) Сүмтнуур метакомплексын чулуулаг нь элсэн чулуу ба алевролитээр үүссэн ногоовтор өнгийн биотит-мусковиттой занарын (дээж M18105-11; M18105-12) салаавчлалаар илэрхийлэгдэх бөгөөд зарим тохиолдолд кварцитийн янз бүрийн зузаантай үеүд тохиолдоно. Энд тус зузаалаг нь деформациад эрчимтэй автаж атираажсан байгаа нь ажиглагдана. Сүмтнуур метакомплексийг түрсэн түрүүдунд неопротерозойд ангилж байсан Сүмт бүрдлийн хэмжээнд хийсэн бидний ажиглалт судалгаагаар тус бүрдэл нь цайвар саарал өнгөтэй, жижиг-дунд ширхэгтэй, гнейсжсэн боржингоос тогтоно (Дээж M18105-13; 14; M16603-4; M16603-6.1).

**Шогшоохонгор уулын талбай.** Тус талбайд Сүмтнуур метакомплекс нь БУ-3Х чиглэлтэй хагарлуудаар доод-дунд девоны Шогшоохонгор формацын тунамал хурдсаас зааглагдсан хоёр тектоник блокийн хэмжээнд илэрнэ ([Лхагвадорж нар, 1995, 5020ф; Зураг 124б](#)). Холбоо Толгойн хойд талд илрэх өмнөд блокийн хэмжээнд гарш илрэх муутай, бараавтар саарал өнгийн кварцитийн зузаалаг тасалдалтайгаар илэрнэ (дээж S16605-4).

Харин хойд талын блок буюу Шогшоохонгор уулын орчимд Сүмтнуур метакомплексын бүрэлдэхүүнд цайвар саарал, хөхөвтөр саарал өнгийн кварцит болон шохойн чулууны тасалталтайгаар илрэх гаршууд тогтоогдоно (дээж M18106-17; S16605-1). Эдгээр хоёр блокийн дунд болон өмнөд талд зураглагддаг доод-дунд девоны Шогшоохонгор формацын хэмжээнд хар өнгийн цахиурлаг алевролит, метаэлсэн чулуу салаавчилсан зузаалаг (M18106-12; M18106-13; M18106-14; M16605-4.1) тогтоогдох бөгөөд мөн цайвар саарал кварцит (M18106-15) болон цагаан өнгийн шохойн чулууны (M18106-16) үе болон мэшил илэрнэ.

**Таван толгой уулын талбай.** Таван толгой уулын орчимд Сүмтнуур метакомплексор зураглагдсан блокийн хэмжээнд атираажилтанд эрчимтэй автсан бараавтар болон цайвар, хөхөвтөр саарал өнгийн кварцит (M18106-3; M18106-6; M18106-11), цайвар саарал өнгийн дунд-том мөхлөгт гнейс (M18106-4; M18106-8), цайвар шаргал, ногоовтор саарал өнгийн занаржсан метаэлсэн чулуу (M18106-5; M18106-7; M18106-9; M18106-10) зонхилон тохиолдох бөгөөд мөн бараавтар ногоон өнгийн амфиболит (дээж SM16, SM18) бага хэмжээгээр тохиолдоно ([Зураг 125г-е](#)).



Зураг 125. Сүмтнуур метакомплексийн бүрэлдэхүүнд зонхилон тохиолдох чулуулуудын гаршийн зураг. Сүмт нуурын талбай: а) Кварц-хоёр гялтгануурт занар; б) Кварц-хоёр гялтгануурт занар ба гранат агуулсан гнейсийн салаавчлал; в) Жижиг мөхлөгт гнейс; Таван толгой уулын талбай: г) Сулаатар занаржсан метаэлсэн чулуу; д) Кварцит; е) Амфиболит

**ПЕТРОГРАФИ.** Петрографийн судалгаанд нийт 20 гаруй дээжийг хамруулснаас энд төлөөлөл болгон голлон тохиолдох чулуулуудын бичиглэлээс дурдав.

#### **Сүмтнуур метакомплекс.**

**Биотит-мусковиттой занар (Дээж M18105-3, 11, 12).** Чулуулаг нь кварц, биотит, мусковитоос голлон бүрдэх ба турмалин, апатит, мөн хүдрийн эрдэс ховроор тогтоогдоно. Занарлаг текстуртай, лепидогранобласт структуртай (Зураг 126а). Кварц нь голдуу изометрлэг ба мөн хавтгайдуу 0.1-0.2 мм хүрэх хэмжээний бласт мөхлөгүүдийг үүсгэнэ. Гялтгануурын мөхлөгүүд нь 0.3-1.2 мм хүртэл урт, заримдаа 0.5-

0.6 мм хүртэл өргөн байх бөгөөд тэдгээр нь хоорондоо нягт ургалттай, деформацилагдаж тахирласан байх нь олонтой харагдана. Бүрдүүлэгч эрдсүүд нь дахин талсжилтын улмаас нилээд томорсон байх бөгөөд занаршилтын чиглэлийн дагуу биотит нь урт нарийхан, харин мусковит нь харьцангуй өргөн хавтгай томхон мөхлөгүүдийг тус тус үүсгэсэн байгаа нь ажиглагдана. Акцессор эрдсүүд болох турмалин 0.1-0.5 мм, апатит 0.2 мм хүртлэх хэмжээтэй. **Занаржсан метаэлсэн чулуу** (Дээж M18106-5) нь занарлаг текстуртай, лепидогранобласт структурай, 0.1 ба 1.25 мм хэмжээ бүхий кварц, плагиоклазаас тогтсон эрдсийн хэмхдэсүүд (50-65%) болон биотит-мусковит болон кварц-серицитийн найрлага бүхий барьцалдуулагчаас тогтоно ([Зураг 126г](#)). Заримдаа метаэлсэн чулууны бүрэлдэхүүнд (дээж M18106-10) дахин талсжилтаар үүссэн калийн хээрийн жоншны 0.2-0.3 мм хэмжээтэй изометрлэг мөхлөгүүд тохиолдох ба тэдгээр нь дотроо кварцын жижиг дусал хэлбэрийн пойкилот ялгарлуудыг агуулна.

Кварцын дахин талсжсан мөхлөгүүд шүдлэг захтай, хоорондоо нягт ургалттай болжээ. Серицит нь гол төлөв занаршилтын дагуу цуварсан 1-1.5 мм хүрэх урттай нүдлэг хэлбэрийн агрегатлаг бөөгнөрөлийг үүсгэх бол биотит-мусковит нь хоорондоо нягт ургалттай хавтанлаг, хайрслалт үүсвэрүүдийг үүсгэнэ. Акцессор эрдсүүдээс турмалины цайвар шаргал өнгөтэй, зургаан талт маягийн хэлбэртэй жижиг мөхлөгүүд хааяа тааралдах ба циркон ба апатитын тунгалаг мөхлөгүүд ховроор, харин хүдрийн эрдсүүд нилээд элбэг тохиолдоно.

**Гранат агуулсан кварц-мусковиттай гнейс.** Цайвар саарал өнгөтэй, кварц, калийн хээрийн жонш, плагиоклаз, мусковит зэрэг эрдсүүдээс голлон тогтох бөгөөд ховроор гранатын мөхлөгүүд тогтоогдоно ((Дээж M18106-4, [Зураг 126б](#)). Гранобласт, лепидогранобласт текстуртай, гнейслэг текстуртай. Бүрдүүлэгч эрдсүүдээс плагиоклаз, кварц хамгийн эрчимтэй бутарч, зарим үндээ нилээд томорч дахин талсжин шүдлэг захтай, урт сунасан хэлбэртэй болсон байх бол калийн хээрийн жонш нь голдуу нүдлэг, мэшил маягийн хэлбэртэй болсон ч төдийлөн эрчимтэй бутраагүй байгаа нь ажиглагдана. Нийт жижгэрч бутарсан хэсэгт нь серицит-мусковитийн агрегатууд маш их оролцсон байна. Гранатын мөхлөгүүд нь изометрлэг хэлбэртэй, 0.1-0.7 мм хүртэл хэмжээтэй. Мөн зарим тохиолдолд пегматоид төрхтэй цайвар саарал өнгийн том мөхлөгт кварц-мусковитот гнейс тохиолдоно ([Зураг 126в](#), дээж M18105-4). Мусковиттой гнейс нь (Дээж M18105-13) том мөхлөгтэй, кварц (40%), плагиоклаз, биотитоос голлон тогтох бөгөөд хоёрдогч эрдсээр калишпат (15%), мусковит, акцессор эрдсээр апатит тус тус тохиолдоно ([Зураг 126е](#)). Гипидиоморф ба аллотриоморф структурай, брекчлэг текстуртай. Кварц нь хэмхэрч бутарсан, хэсэг хэсэг томоохон бөөгнөрөл, судал байдалтай, жигд бус тархалттай. Плагиоклаз нь сулавтар серицитжсэн, 3-4 мм хэмжээтэй, талстлаг шинж нь зах хэсгээсээ алдагдсан, зарим мөхлөгүүд нь микроклиний хожуу ургалтыг өөртөө агуулж калишпатжих явцад өртсөн нь харагдана. Биотит анхдагч шинжээ алдаж серицит-хүдрийн эрдсийн агрегатад хувирсан. Харин мусковитийн 0.5-1 мм хүртэл хэмжээтэй мусковитийн хавтанлаг мөхлөг кварцтай эвшиж эвдрэлийн бүсээр голдуу тархжээ.



Зураг 126. Сүмтнуур метакомплексын голлох чулуулгуудын шлифийн зураг. а) Кварц-биотит-мусковитот занар (M18105-3); б) Гранат агуулсан кварц-мусковитот гнейс (M18106-4); в) Кварц-мусковитот гнейс (M18105-4); г) Метаэлсэн чулуу (M18106-5); д) Шогшоохонгор формацын алевролит (M18106-12); е) Кварц-мусковитот гнейс (M18105-13), ё-ж) Амфиболит.

Жич: Q – Кварц, Pl - Плаггиоклаз, Fsp - Калишпат, Bt - Биотит, Mus – Мусковит, Ser - Серицит, Mus+Ser – Мусковит-серицитийн агрегат, Bt-Ser/Mus – Биотит - серицит/мусковитийн агрегат, Gr -Гранат, Tur – Турмалин

**Амфиболит. Дээж SN-18.** Чулуулаг бүдэг ногоон өнгийн амфибол болон багахан хэмжээний (20-25% орчим) плаггиоклазын жижиг ширхэгүүдээс бүрэлдх бөгөөд ранонематобласт, гранопорфиробласт структуртай, субпаралелль текстуртай.

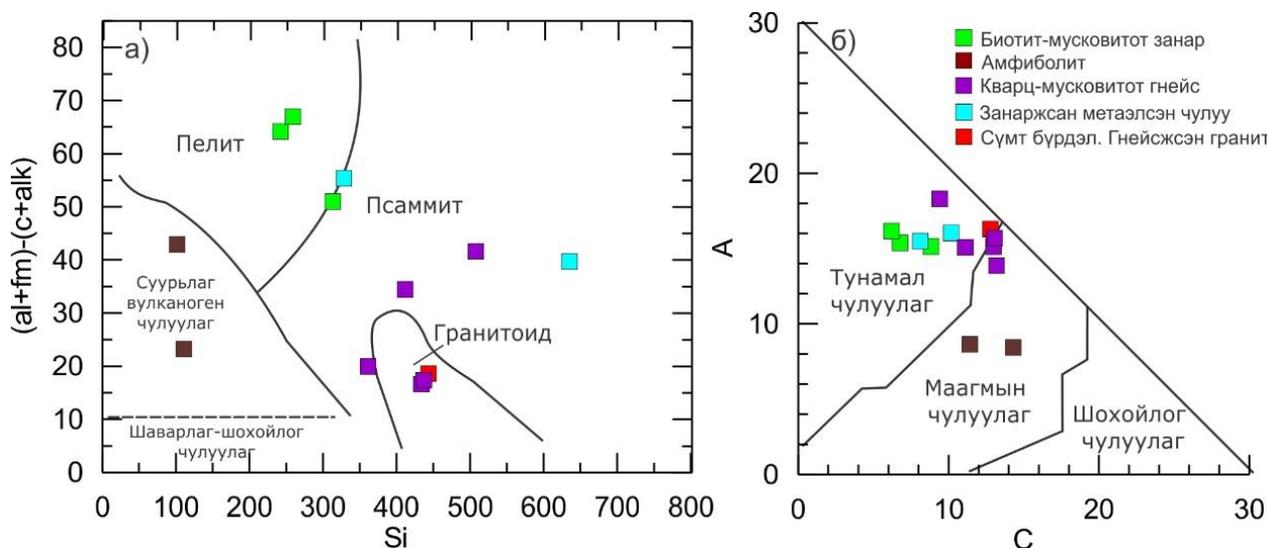
Амфиболын урт призмлэг мөхлөгүүд 0.5-1.0 мм орчим хэмжээтэй ба хоорондоо голдуу нийлж субпаралелль байршилтай тархсан. Плагиоклазын жижиг мөхлөгүүд тэдгээрийн хоорондох зайгаар, мөн амфиболын талстын дотор пойкилитоор агуулагдаж хязгаарлагдмал хэмжээг эзлэнэ. Хольцоор хүдрийн эрдсийн агрегат үүсвэрийн бөөгнөрөл ялгарсан байх ба түүнтэй Эп-ын мөн агрегатлаг үүсвэрүүд эвшиж энд тэнд бөөгнөрсөн байна. Мөн амфиболитийн гранонематобласт ба пойкилобласт структуртай, бүдэг үеллэг текстуртай төрөл тааралдах бөгөөд чулуулаг нь (Дээж SN-16) 0.7-0.8 мм хүртлэх урттай бүдэг ногоон өнгөтэй амфибол болон плаггиоклазаас тогтоно. Плагиоклаз нь изометрлэгдүү, хэмхдэс маягтай, ихэнхдээ хэд хэдээрээ нийлж бөөгнөрсөн байдалтай байх бөгөөд эрдсүүд нь харилцан адилгүй тархалттай байна: Жишээлбэл, нэг үеэнд нь амфибол 60%-аас доошгүй хувийг эзлэх бол өөр нэг үенд харьцангуй бага (30-40%) тархалттай байгаа онцлог илэрнэ. Энэ чулуулаг нь бараан саарал карбонатлаг агрегат, эпидот ба хүдрийн эрдсийн агрегатлаг ширхэгээс бүрдсэн судлаар зүсэгдсэн байгаагийн зэрэгцээ нийт чулуулагт жижиг талстлаг кальцит элбэг тархсан байна.

**Кварцит.** Чулуулаг нь кварцын 0.3–0.8 мм хэмжээтэй изометрлэг хэлбэрийн мөхлөгүүдээс дагнан тогтох бөгөөд бага хэмжээгээр плагиоклаз ба гялтгануурын жижиг мөхлөгүүд тохиолдоно. Гранобласт структуртай, занарлаг текстуртай. Ховорхон үүссэн үелэлийн дагуу биотит ба мусковитын нарийн урт мөхлөгүүд байрлана.

### **Шогшоохонгор формац.**

**Алевролит** (дээж M18106-12, M18106-13) нь сулавтар занарлаг текстуртай, алевритлаг структурай, 0.05-0.1 мм хүртлэх хэмжээтэй (ховроор 0.3 мм) кварцын мөхлөгүүдээс тогтсон эрдсийн хэмхдэс (20-30%) болон серицитжсэн маш жижиг кварц-плагиоклазын масс ба нарийнхан үенцэр зурвасуудаар тархсан хар шороолог агрегат бүхий барьцалдуулагчаас (70-80%) тогтоно ([Зураг 126д](#)). Янз бүрийн чиглэлтэй ан цавын дагуу кварцын ширхэгүүд илүү томорч талсжин судал маягтай харагдана. **Элсэн чулууны** (дээж M18106-14) бүрэлдэхүүнд кварц, плагиоклаз, калийн хээрийн жонш зэрэг эрдсийн хэмхдэсүүд (25-35%) тохиолдоно. Чулуулгийн барьцалдуулагч нь маш жижиг кварц-плагиоклазын масс, занаршилтын дагуу чиглэлтэй биотитийн талст мөхлөгүүд ба биотит ба мусковитын агрегат үүсвэрүүд бүрдүүлнэ. Эрдсийн хэмхдэсийн хэмжээ 1-1.2 мм хооронд хэлбэлзэх бөгөөд алевро-псаммитлаг структурай, занарлаг текстуртай. Акцессор эрдсээс апатит, турмалин болон хүдрийн эрдэс (биотитыг дагасан) тохиолдоно.

**ГЕОХИМИ.** Сүмтнуур метакомплексын бүрэлдэхүүнд багтдаг биотит-мусковитот занар, кварц-мусковитот гнейс болон амфиболитийн геохимийн шинжилгээний дүнг боловсруулах явцад юуны түрүүнд тэдгээр чулуулгийн эх үүсвэр буюу анхдагч протолитийг тогтоох зорилгоор практикт өргөн хэрэглэгддэг Симонин ба Нематовын диаграммуудыг ашиглав ([Зураг 127](#)).

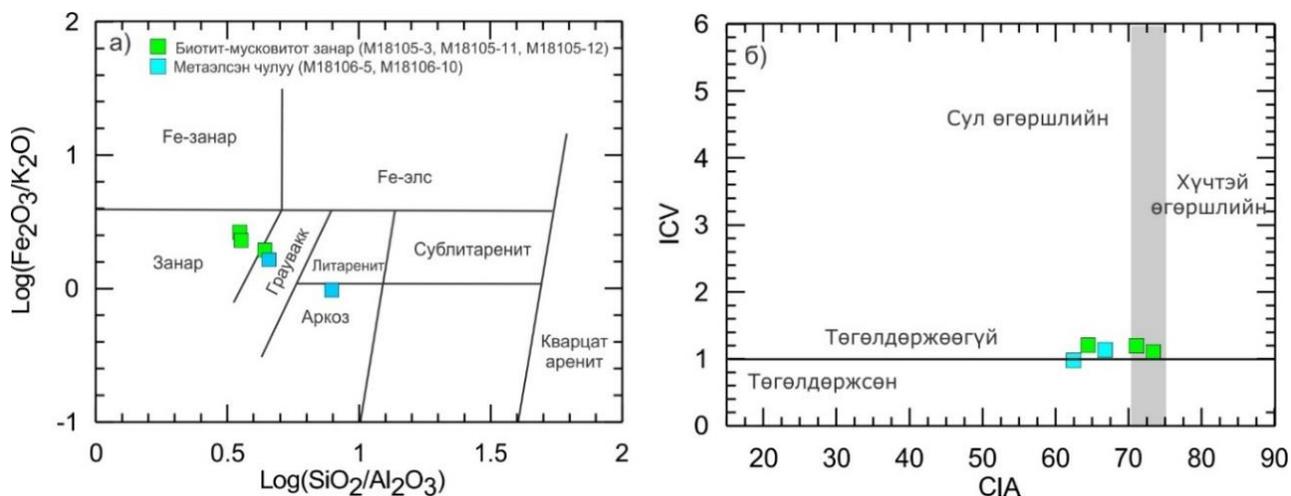


Зураг 127. Сүмтнуур метакомплексийн метаморф чулуулгуудын анхдагч протолитийг тогтоох а) А.Нематов болон б) А.Симонены диаграммууд.Жич: Харьцуулах зорилгоор занаржсан метаэлсэн чулуу болон Сүмт бүрдлийн гнейсжсэн гранитийн өгөгдлүүдийг оруулсан болно.

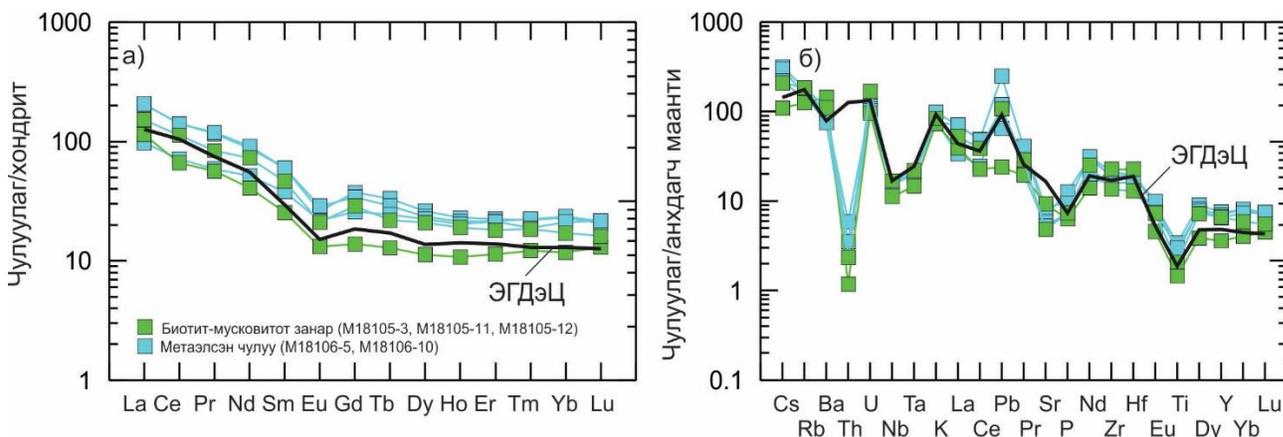
Энэхүү диаграммуудаас харахад Сүмтнуур метакомплексийн биотит-мусковитот занар нь тунамал чулуулгаар, амфиболит нь суурьлаг вулканоген чулуулгаар тус тус үүссэн байх бөгөөд харин кварц-мусковитот гнейсийн хувьд тодорхой дүгнэлт хийхэд төвөгтэй, нилээд ялгаатай байдлууд ажиглагдсан тул петрографийн судалгаанд тулгуурлан тэдгээрийг маагмын чулуулгаар үүссэн буюу ортогнейс хэмээн үзлээ.

**Биотит-мусковитот занар ба метаэлсэн чулуу.** Сүмтнуур метакомплексийн тунамал чулуулгаар үүссэн биотит-мусковитот занаруудын цахиурын ислийн агуулга 63.5 – 69.4 %, бусад чулуулаг бүрдүүлэгч голлох ислүүд болох  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 15.8 - 18.3\%$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 5.12 - 8.33\%$ ,  $\text{MgO} = 2.38 - 3.08\%$ ,  $\text{CaO} = 0.68 - 1.25\%$ ,  $\text{Na}_2\text{O} = 1.38 - 2.48\%$ ,  $\text{K}_2\text{O} = 2.64 - 3.26\%$  хооронд тус тус хэлбэлзэж байгаа нь эх газрын дээд царцдасын дундаж утгатай (Rudnich and Gao, 2003) ойролцоо байна. Харин метаэлсэн чулууны хувьд занаруудыг бодвол цахиурын ислийн (70.0 – 81.3 %) агуулга харьцангуй өндөр байх бол  $\text{MgO}$  (0.74 - 2.17%) ба  $\text{CaO}$  (0.47 - 0.49%) агуулга харьцангуй бага байгаа онцлог ажиглагдана. Петрохимийн шинжилгээний дүнд үндэслэн хийсэн ангиллын  $\text{Log}(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3) - \text{log}(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})$  диаграмм (Herron, 1988) дээрээс харахад чулуулгууд нь занар, мөн аркозоос грауваккийн найрлагатай байгаа нь харагдана (Зураг 128а).

Эдгээр чулуулгуудын хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн спайдер диаграммд Eu-ийн сөрөг гажил ( $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0.55 - 0.70$ ) бүхий ХүГХЭ-ийг бодвол ХөгХЭ-ээр баяжсан ( $\text{La}_n/\text{Yb}_n = 4.60 - 9.68$ ) хэлбэр ажиглагдаж байгаа нь эх газрын дээд царцдасын дундаж өгөгдөлтэй дүйцэж байна (Зураг 129). Харин анхдагч маантийн найрлагаар нормчилсон сарнимал элементийн спайдер диаграммд Th-ийн гүнзгий сөрөг гажлыг эс тооцвол бусад элементүүдийн агуулга эх газрын дээд царцдасын дундаж өгөгдөлтэй дүйцэж байгааг Зураг 129-өөс харж болно.



Зураг 128. Сүмтнуур метакомплексын занарын протолит ба метаэлсэн чулуунуудын ангиллын диаграмм. а) Петтиджоны диаграмм (Pettijohn et al., 1972), б) Химийн өгөршлийн (CIA) ба найрлагын өөрчлөлтийн индекс (ICV)-ийн харьцааны диаграмм (Cox et al., 1995)

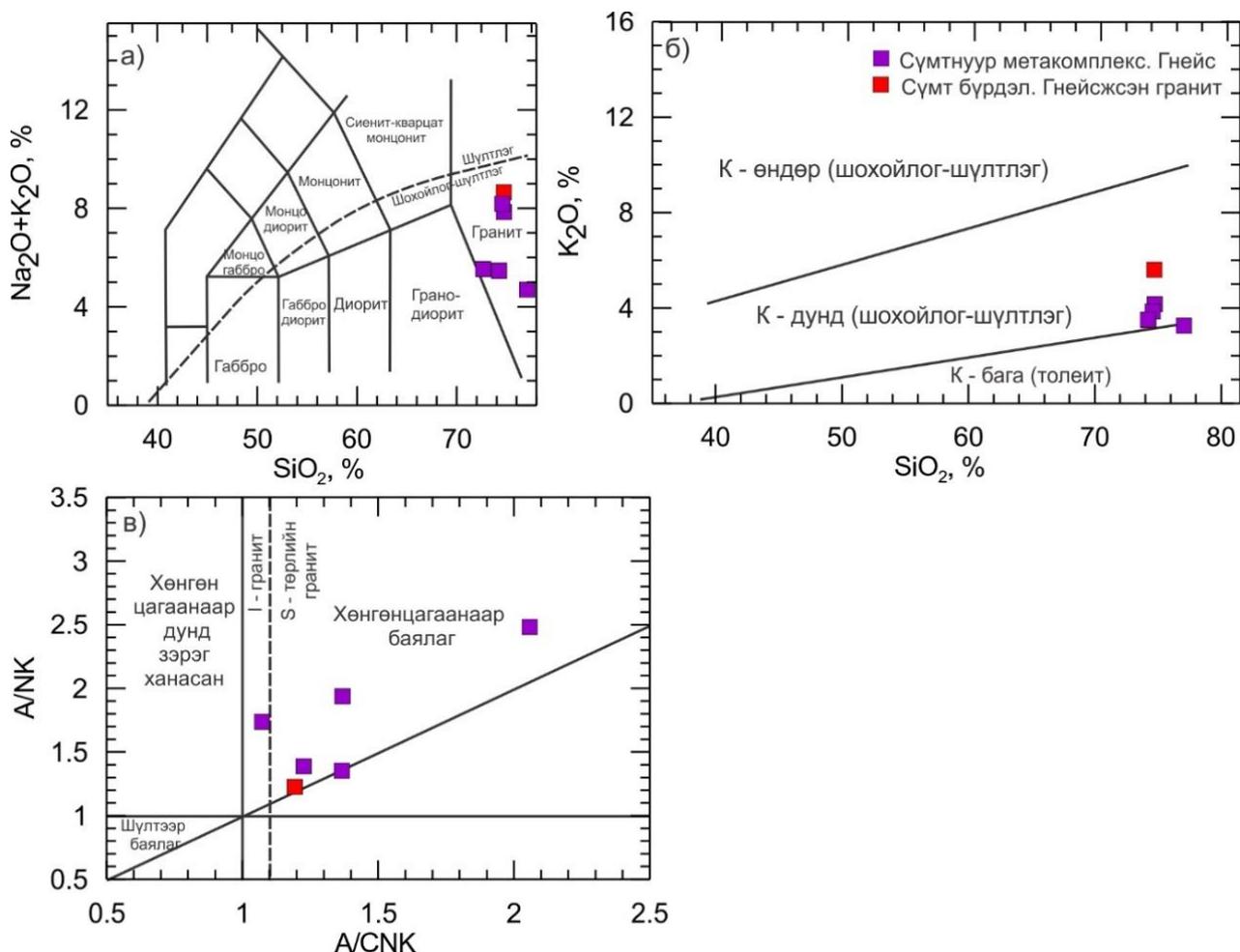


Зураг 129. Сүмтнуур метакомплексын тунамал эх үүсвэртэй занар ба занаржсан элсэн чулууны  $C1$  хондритийн найрлагаар нормчилсон ГХЭ-ийн ба анхдагч маантийн найрлагаар нормчилсон сарнимал элементүүдийн спайдер диаграмм. Нормчлолын өгөгдлүүдийг Sun & McDonough (1989)-ын ажлаас авав. Хар өнгийн шугамаар Эх газрын дээд царцдасын дундаж өгөгдлийг (UCC) үзүүлэв.

**Амфиболит.** Амфиболитийн  $SiO_2$  (46.7 - 47.6 %) ба шүлтийн нийлбэр агуулга ( $K_2O + Na_2O = 2.05 - 3.74\%$ ) харьцангуй бага байх бөгөөд  $Al_2O_3$  (16.5 - 16.9%),  $Fe_2O_3^T$  (12.1 - 12.4%),  $CaO$  (10.4 - 12.1%) болон  $MgO$  (4.99 - 9.30 %) байна. Эдгээр чулуулаг нь цахиурын исэл - нийлбэр шүлтийн ( $SiO_2 - K_2O + Na_2O$ ) болон цахиурын исэл – калийн ислийн ( $SiO_2 - K_2O$ ) ангиллын диаграммууд дээр К-бага агуулгатай толейтийн эгнээний базальтын найрлагатай байгаа нь харагдана (Зураг 130).

Чулуулгийн  $A/CNK$  ба  $A/NK$  харьцаа тус тус 0.61 – 0.78 ба 2.77 – 5.09 байгаа нь тэдгээрийг хөнгөнцагаанаар дунд зэрэг ханасан чулуулгийн төрөлд хамаарагдахыг харуулна. Амфиболитын хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн спайдер диаграммд  $La_n/Yb_n$  харьцаа нь 2.04 ба 2.20 байх ХүГХЭ-ийг бодвол ХөгХЭ-ээр үл ялиг баяжсан хэлбэр ажиглагдана (Зураг 131).



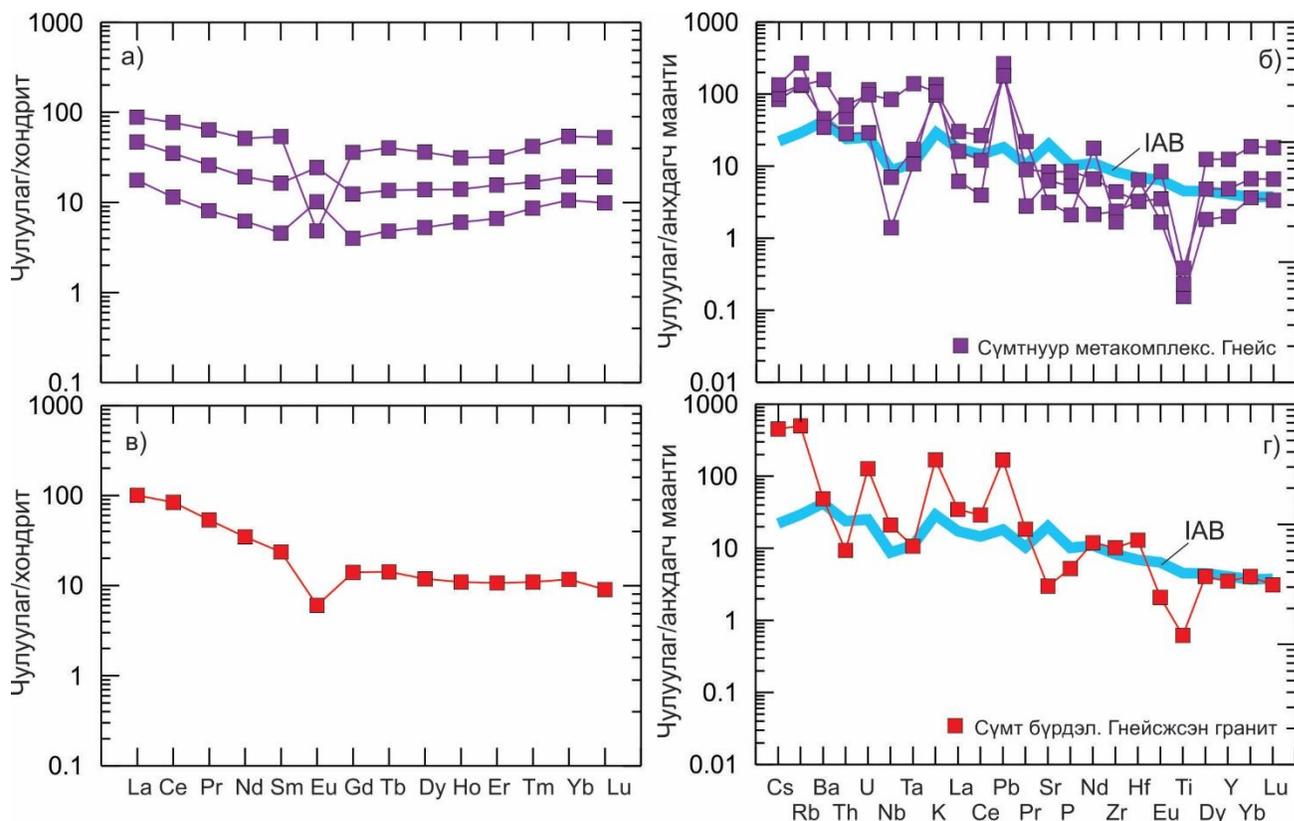


Зураг 132. Сүмтнуур метакомплекс ба Сүмт бүрдлийн гнейсүүдийн ангиллын диаграмм. а)  $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  (Irvine & Baragar, 1985); б)  $\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$  харьцааны диаграмм (Le Maitre et al., 1989); в)  $A/CNK - A/NK$  харьцааны диаграмм (Middlemost, 1985)

Сүмтнуур метакомплекс оор зураглагдсан гнейсүүдийн CI хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн графикт Eu-ийн эерэг гажил ( $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 1.71 - 2.38$ ) ба сөрөг ( $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0.11$ ) илрэх бөгөөд чулуулаг нь ерөнхийдөө ДуГЭ-ээр үл ялиг баяжсан ( $\text{La}_n/\text{Yb}_n = 1.63 - 2.41$ ) хэлбэр ажиглагдана (Зураг 133а). Тус метакомплексын гнейсүүдийн анхдагч маантийн найрлагаар нормчилсон сарнимал элементийн тархалтын диаграммд Cs, Rb, Ba, K, Pb зэрэг том ионт литофиль элементүүдээр баяжиж өндөр цэнэгтэй элемент болох Nb, Ta, Ti зэрэг элементүүдээр шавхагдсан байгаа нь ажиглагдана (Зураг 133б).

Сүмт бүрдлийн гранит-гнейсийн хувьд түүний CI хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн графикт Eu-ийн тод илэрсэн гүнзгий сөрөг ( $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0.33$ ) гажил илрэх бөгөөд чулуулаг нь ХүГХЭ-ийг бодвол ХөгХЭ-ээр баяжсан, өөрөөр хэлбэл  $\text{La}_n/\text{Yb}_n$ -ийн харьцаа 8.54 байна (Зураг 133а). Сүмт бүрдлийн анхдагч маантийн найрлагаар нормчилсон сарнимал элементийн тархалтын диаграммд Cs, Rb, K, Pb зэрэг том ионт литофиль элементүүдээр баяжиж өндөр цэнэгтэй элемент болох Nb, Ta, Ti зэрэг элементүүдээр шавхагдсан байгаа нь ажиглагдана (Зураг 133б). Сүмтнуур

метакомплексыг бодвол Сүмт бүрдлийн гранит-гнейс нь Ba, Th, Sr ба P зэрэг элементүүдээр шавхагдсан онцлог илэрнэ.



Зураг 133. Сүмтнуур метакомплекс ба Сүмт бүрдлийн гнейсүүдийн CI хондритийн найрлагаар нормчилсон ГХЭ-ийн ба анхдагч маантийн найрлагаар нормчилсон сарнимал элементүүдийн спайдер диаграмм. Нормчлолын өгөгдлүүдийг [Sun & McDonough \(1989\)](#)-ын ажлаас авав.

Газрын сарнимал элементийн нийлбэр агуулгыг авч үзвэл Сүмтнуур метакомплексын гнейсд харьцангуй бага буюу 22.2 – 82.3 г/т, дунджаар 44 г/т, харин Сүмт бүрдлийн гранит-гнейсэд 111 – 143 г/т байх бөгөөд дунджаар 128 г/т байна.

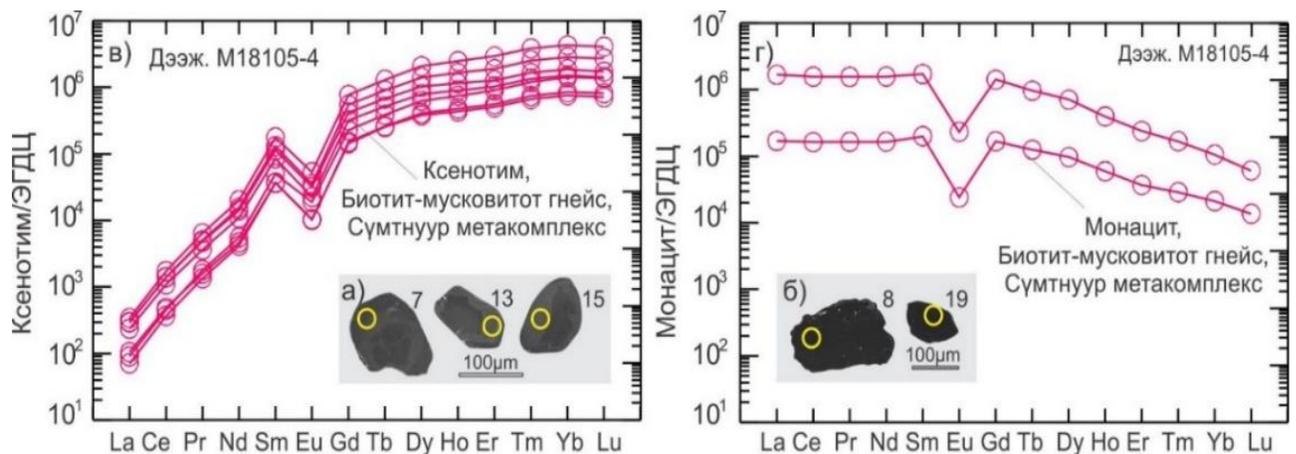
## ЭРДСИЙН ГЕОХИМИ БА U-Pb ГЕОХРОНОЛОГИ.

### Сүмтнуур метакомплекс.

**Дээж M18105-4.** Кварц-биотит-мусковитот гнейс нь дунд, том мөхлөгтэй, цайвар саарал өнгөтэй, голдуу гранат агуулдаг бөгөөд ихэнхдээ багахан зузаантай нимгэн үе байдлаар тохиолддог онцлогтой. Кварц-биотит-мусковитот гнейсийн M18105-4 дээжийг Сүхбаатар аймгийн Наран сумын нутаг, Сүмт нуурын зүүн-өмнөд хэсэгт палеопротерозойн Сүмтнуур метакомплексор зураглагддаг зузаалгаас (45°11'30"; 113°54'40.7") авсан. Тус дээжнээс ялгасан ксенотимийн 17, монацитийн 2, цирконы 1, нийт 20 мөхлөгт U-Pb аргаар үнэмлэхүй нас тодорхойлох хэмжилтийг мөхлөгүүдийн геохимийн шинжилгээний хамт хийсэнээс ксенотимийн 9 мөхлөг болон монацит, цирконы мөхлөгүүдэд 95%-оос дээш итгэлцүүр бүхий нарийвчлалтай нас тогтоогдов.

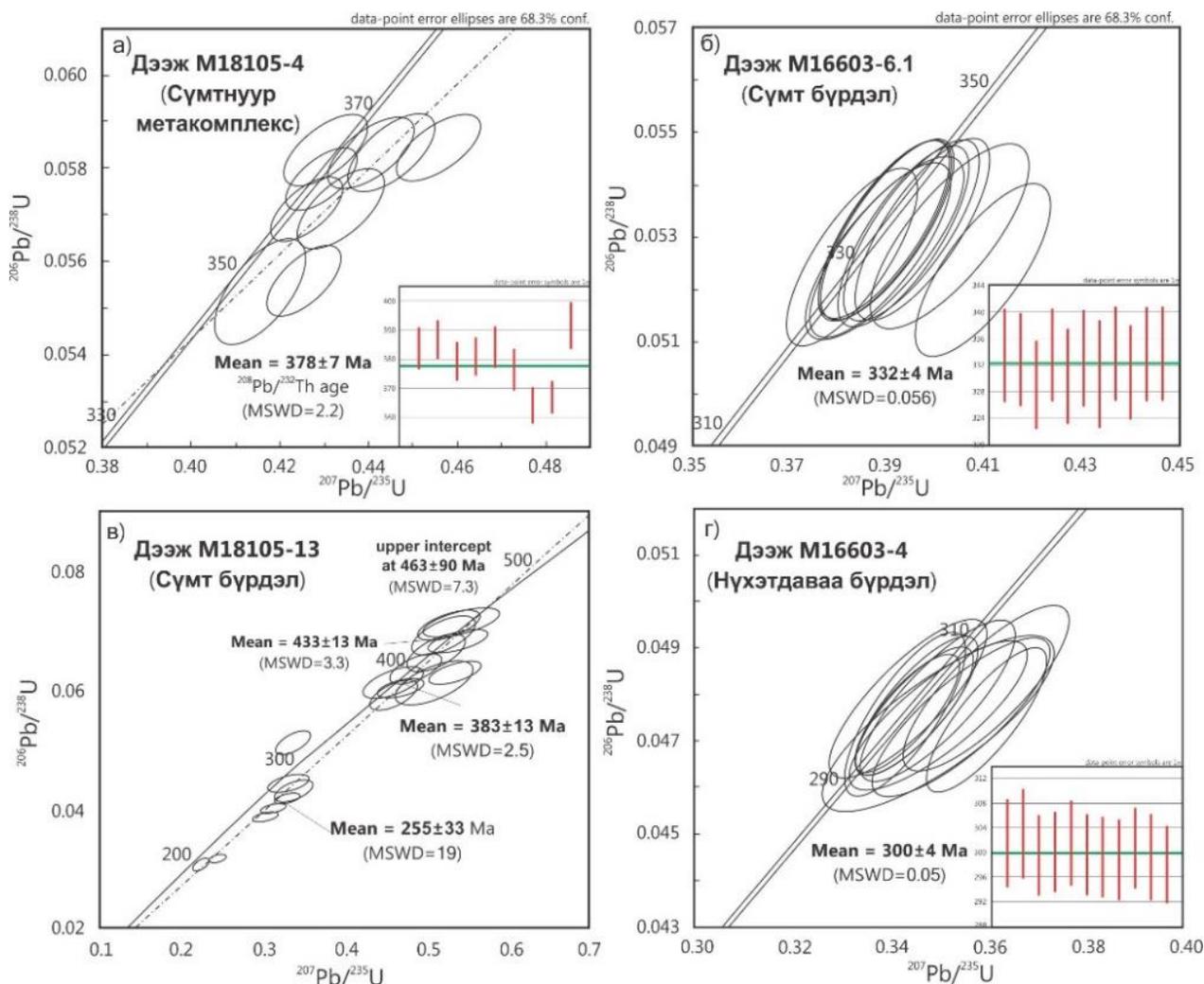
Катодлюминесценцийн зурагт ксенотим нь цайвар сааралдуу өнгөтэй, толборхог тогтоцтой, заримдаа бүдэг илэрсэн бүслүүрлэг тогтоцтой (Зураг 134а) байх бол монацит нь люминесценцийн гүн хар өнгөтэй (Зураг 134б) байх бөгөөд тэдгээр нь ГХЭ-ийн маш өндөр агуулгатай байгаа нь геохимийн шинжилгээний дүнгээр тогтоогдлоо.

Ксенотимийн Th/U харьцаа 0.02 ба 0.09 хооронд хэлбэлзэх бөгөөд хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн спайдер диаграммд ХүГХЭ-ээр харьцангуй баяжсан, ХөгХЭ-ээр эрс шавхагдсан байх бөгөөд Eu-ийн тод илэрсэн сөрөг гажилт илэрнэ (Зураг 134в). Монацитийн хувьд үүний эсрэгээр Th/U харьцаа харьцангуй өндөр, 1.76 ба 2.71 байх ба ХөгХЭ-ээр харьцангуй баяжиж, ХүГХЭ-ээр харьцангуй шавхагдсанаас гадна Eu-ийн тод илэрсэн сөрөг гажилттай байна (Зураг 134г).



Зураг 134. Сүмтнуур метакомплексын гнейсийн M18105-4 дээжний ксенотим ба монацитийн катодлюминесценцийн зураг (а, б) ба Эх газрын царцдасын дунджаар нормчилсон ГХЭ-ийн спайдер диаграмм (в, г). Эх газрын царцдасын дундаж өгөөдлийг Rudnick and Gao (2003)-аас авав.

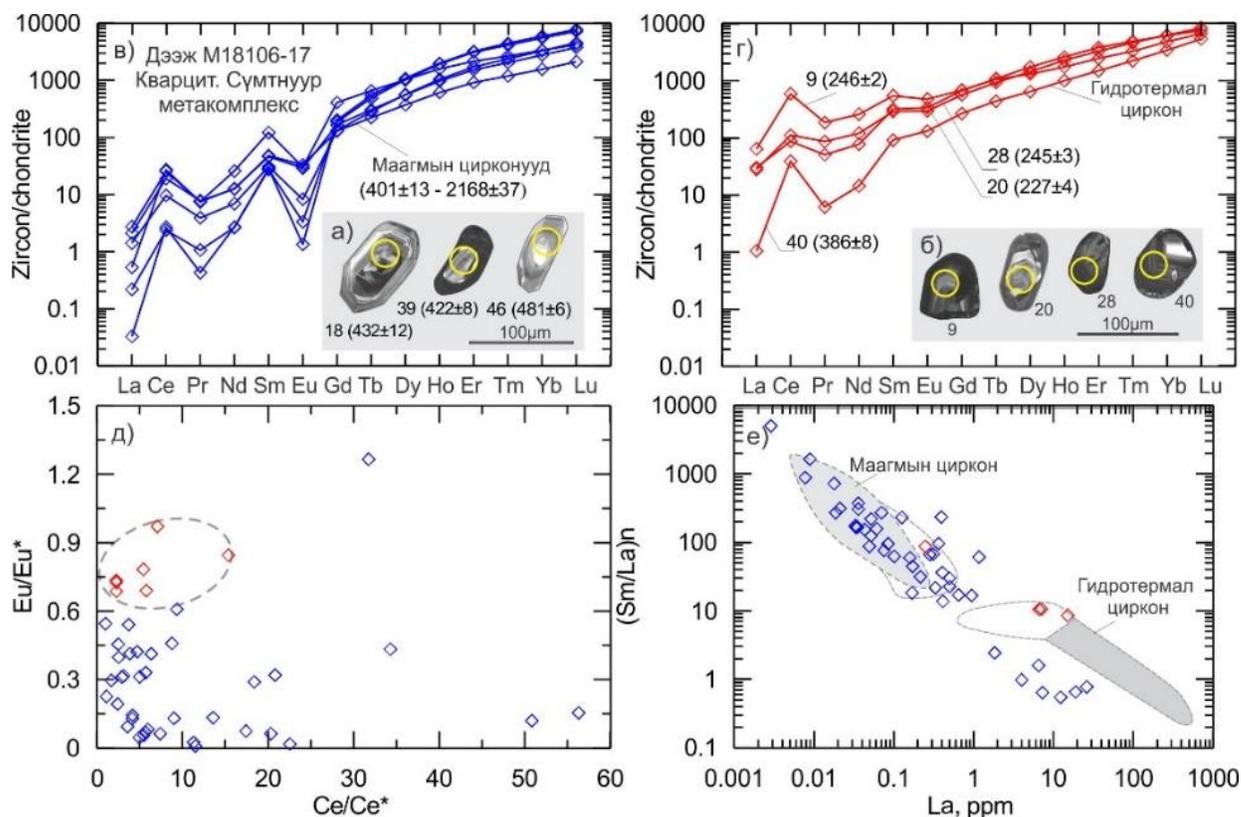
Геохронологийн шинжилгээний дүнгээр ксенотимийн 9 мөхлөгний  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  жигнэсэн дундаж нас  $361 \pm 5$  с.ж (MSWD=4.5) байх бол  $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$  нас нь  $365 \pm 6$  с.ж ба  $391 \pm 8$  с.ж хооронд хэлбэлзэх бөгөөд тэдгээрийн жигнэсэн дундаж нас  $378 \pm 7$  с.ж (MSWD=2.2) байна (Зураг 135а). Монацитийн 2 мөхлөгний жигнэсэн дундаж  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  нас  $358 \pm 4$  с.ж (MSWD=18) байх бол  $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$  нас нь  $340 \pm 7$  с.ж (MSWD=0.22) байна. Харин хэмжилт хийгдсэн конкорд өгөгдөл бүхий 1 метаморф цирконы нас  $355 \pm 3$  с.ж байна.



Зураг 135. Сүмтнуур метакомплекс (а)-н кварц-мусковитот гнейс, Сүмтнуур (б-в) бүрдлийн гнейсжсэн гранит ба Нүхэтдаваа бүрдлийн (г) гранитийн дээжнүүдийн үнэмлэхүй насны конкордийн ба жигнэсэн дундаж насны диаграмм

**Дээж M18106-17.** Шогшоохонгор уулын талбайд Сүмтнуур метакомплексор зураглагддаг кварцитийн зузаалгаас M18106-17 дээжийг авсан ( $45^{\circ}07'22.9''$ ;  $113^{\circ}07'15.9''$ ) бөгөөд тус дээжнээс ялгасан нийт 48 цирконд U–Pb аргаар үнэмлэхүй насны хэмжилт хийснээс бүгд 90%-оос дээш нарийвчлал бүхий конкорд өгөгдлүүд байв.

Цирконуудын Th/U харьцаа нь 0.12 ба 1.51 хооронд хэлбэлзэж байгаа нь тэдгээрийг маагмын циркон хэмээн үзэх боломжийг олгож байгаа боловч катодлюминесценцийн зурагт тод илэрсэн бүслүүрлэг тогтоцтой цирконуудаас гадна ахин талсжилтын ул мөр бүхий цирконууд, мөн люминесценцийн бараавтар ялгарал бүхий нийлмэл бүслүүрлэг бүтэцтэй цөөвөр цирконууд тохиолдож байгаа нь тэдгээрийг метаморф болон гидротермал уусмалын нөлөөгөөр үүссэн циркон байж болохыг харуулна (Зураг 136а, б). Мөн геохимийн шинжилгээний дүнгээр цирконууд нь ХөгХЭ-ийг бодвол ХүГХЭ-ээр харьцангуй баяжсан байх боловч Се ба Eu-ийн гажлууд нилээд ялгаатай байдлаар илэрнэ (Зураг 136в, г).



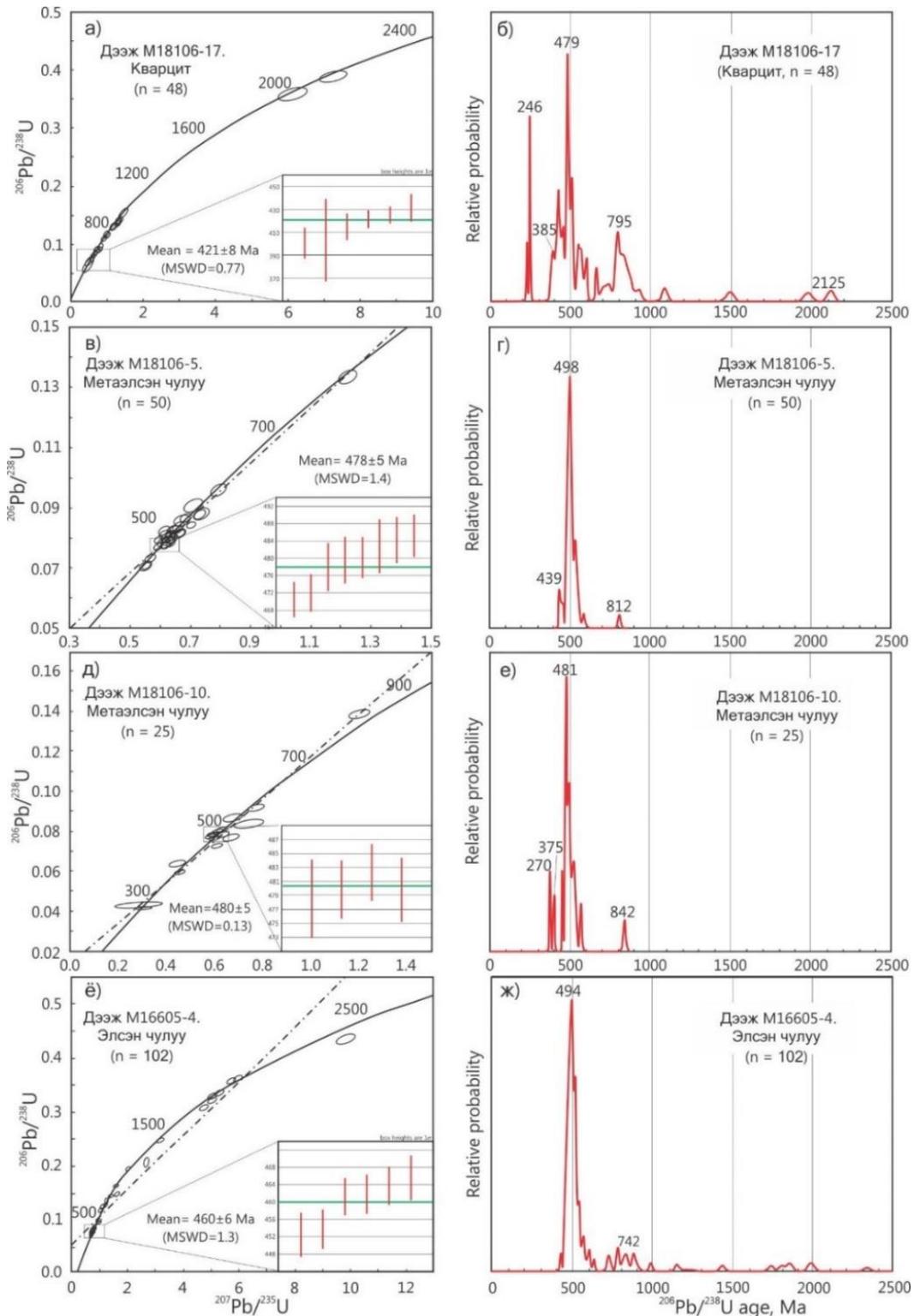
Зураг 136. Сүмтнуур метакомплексын кварцитийн M18106-17 дээжний цирконуудын катодлюминесценцийн зураг (а, б), хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн спайдер диаграмм (в, г),  $Ce/Ce^*$  vs.  $Eu/Eu^*$  (д), маагмын ба гидротермал цирконуудыг ялгах  $(Sm/La)_n$  vs.  $La$  диаграмм (е) (Hoskin et al., 2005). Хондритийн өгөөдлийг McDonough W. F and Sun S-S (1995)-аас авав.

Цирконуудын бүрэлдэхүүнд ихэнх хувийг эзлэж буй бүслүүрлэг бүтэцтэй цирконууд нь ХөгХЭ-ийг бодвол ХүГХЭ-ээр баяжсан, Се-ийн гүнзгий эерэг ( $Ce/Ce^* = 2.41 - 463$ ) ба Еu-ийн гүнзгий сөрөг ( $Eu/Eu^* = 0.01 - 1.27$ ) гажлууд хавсран илэрч (Зураг 136в, д) байгаа нь тэдгээрийг маагмын гаралтай цирконууд болохыг харуулна (Hoskin and Schaltegger, 2003; Hoskin, 2005). Харин цөөвтөр хэдэн цирконы хувьд маагмын гаралтай бусад цирконуудыг бодвол ХөгХЭ-ийн агуулга өндөртэй, Се-ийн гүнзгий ( $Ce/Ce^* = 2.23 - 45.4$ ) ба Еu-ийн маш сул эерэг ( $Eu/Eu^* = 0.69 - 0.97$ ) гажлууд тогтоогдож байгаа нь тэдгээрийг гидротермал циркон байж болох үндэслэлийг өгч байна (Hoskin, 2005; Pelleter et al., 2007; Зураг 136г-е).

Геохронологийн шинжилгээний дүнгээр Сүмтнуур бүрдлийн кварцитийн цирконуудын үнэмлэхүй нас  $227 \pm 4$  ба  $2168 \pm 37$  с.ж хооронд хэлбэлзэх бөгөөд 246 с.ж, 479 сж, 795 с.ж дээр гол пик нь төвлөрсөн үнэмлэхүй насны 3 популяцийг үүсгэнэ (Зураг 137а). Үүнд: 1)  $227 \pm 4$  ба  $246 \pm 2$  с.ж хооронд  $^{206}Pb/^{238}U$  нас нь хэлбэлзэх триасын 3 циркон (8%),  $401 \pm 13$  ба  $512 \pm 2$  с.ж хооронд  $^{206}Pb/^{238}U$  нас нь хэлбэлзэх кембри-ордовикийн 20 циркон (42%),  $546 \pm 12$  ба  $919 \pm 12$  с.ж хооронд  $^{206}Pb/^{238}U$  нас нь хэлбэлзэх неопротерозойн 17 циркон (35%) болно.

Мөн цирконуудын бүрэлдэхүүнд  $1322 \pm 70$  ба  $2168 \pm 37$  с.ж хооронд  $^{207}Pb/^{206}Pb$  нас нь хэлбэлзэх палеопротерозой ба мезопротерозойн цирконууд багахан хувийг эзэлнэ (Зураг 137б). Цирконуудын үнэмлэхүй насны ба геохимийн шинжилгээний дүнг

нэгтгэн авч үзвэл маагмын гаралтай цирконуудын нас нь  $401 \pm 13$  ба  $2168 \pm 37$  с.ж хооронд хэлбэлзэх бол гидротермал цирконуудын нас  $227 \pm 4 - 246 \pm 2$  с.ж ба  $386 \pm 8$  байна (Зураг 137а, б).

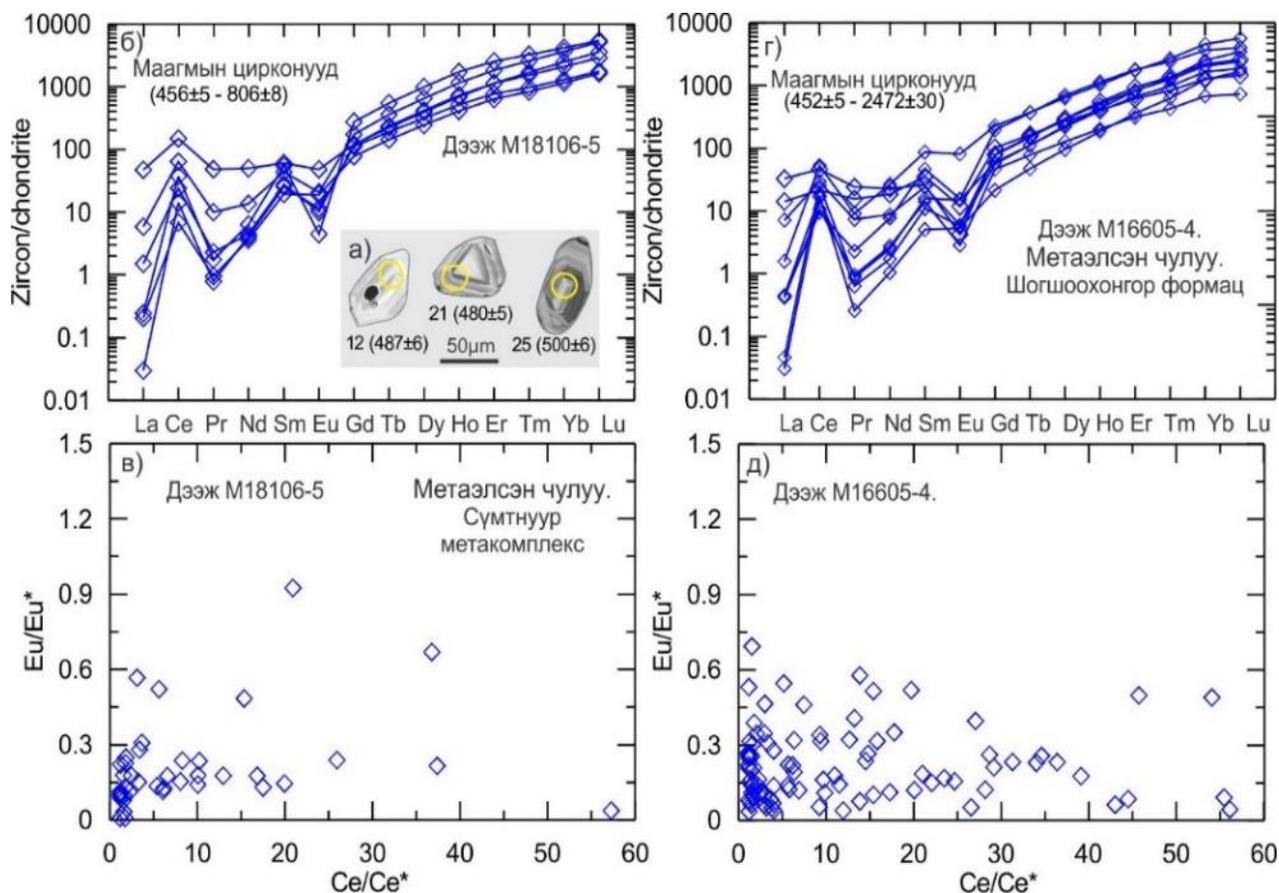


Зураг 137. Сүмтнуур метакомплексын кварцит (M18106-17), метаэлсэн чулуу (M18106-5, M18106-10) ба Шогшоохонгор формацын элсэн чулууны (M16605-4) дээжнүүдийн зөөгдмөл цирконуудын U-Pb-ийн насны конкордийн диаграмм ба тархалтын гистограмм

**Дээж M18106-5.** Таван толгой уулын талбайд Сүмтнуур метакомплексээр зураглагддаг метаэлсэн чулууны зузаалгаас M18106-5 дээжийг авсан ( $45^{\circ}05'38.6''$ ;  $112^{\circ}42'12.6''$ ) бөгөөд тус дээжнээс ялгасан нийт 50 цирконы мөхлөгт U-Pb аргаар үнэмлэхүй нас тодорхойлох хэмжилтийг хийсэнээс 45 өгөгдөл нь 95%-оос дээш итгэлцүүр бүхий өндөр нарийвчлалтай өгөгдөл байв. Эдгээр цирконууд 50-120  $\mu\text{m}$  хэмжээтэй, катодлюминесценцийн зурагт тод илэрсэн бүслүүрлэг тогтоцтой (Зураг 138а) байх бөгөөд Th/U харьцаа нь 0.11 ба 0.97 хооронд хэлбэлзэж байгаа нь тэдгээрийг маагмын гаралтай цирконууд болохыг харуулна.

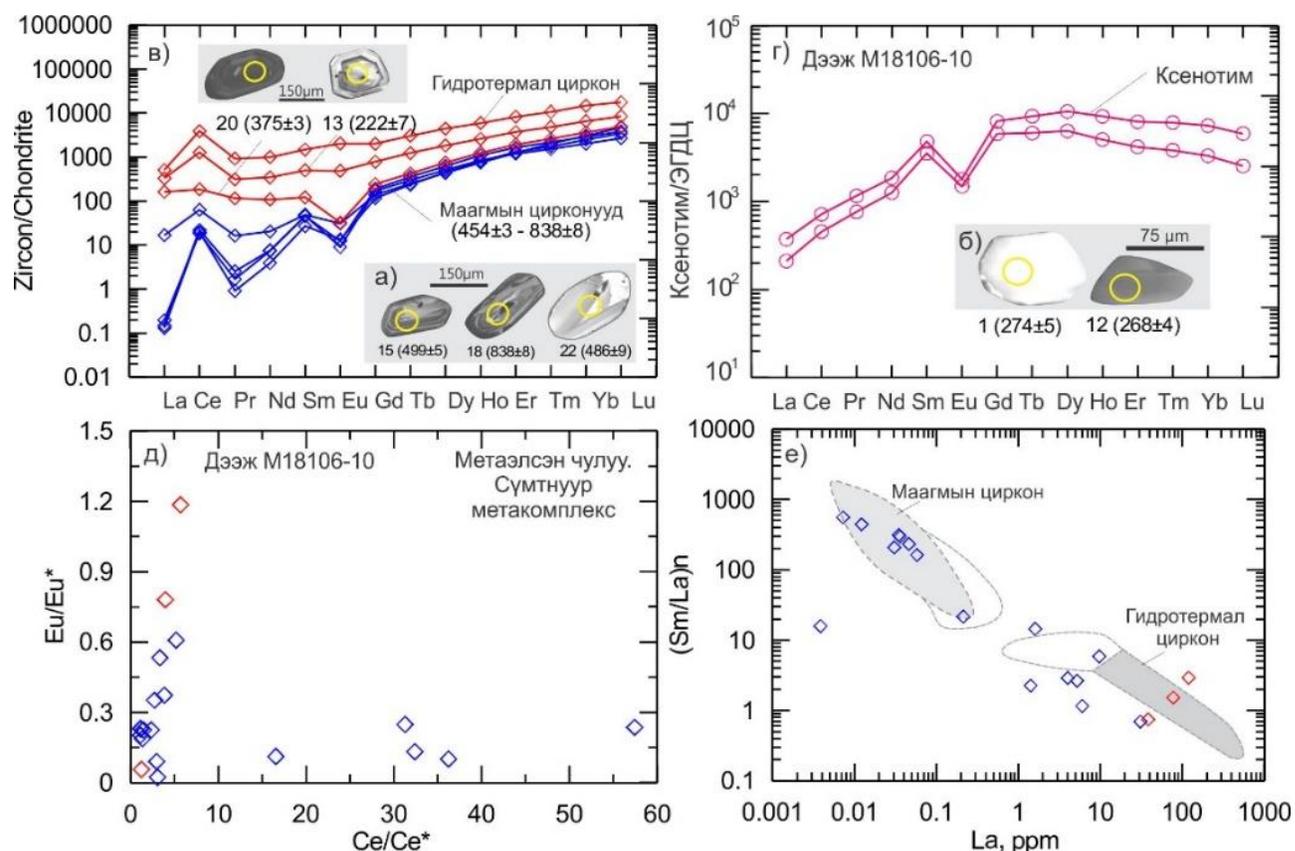
Мөн хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн спайдер диаграммд бүх цирконууд нь ХүГХЭ-ээр баяжсан, Ce-ийн гүнзгий эерэг ( $\text{Ce}/\text{Ce}^* = 1.19 - 252$ ) ба Eu-ийн гүнзгий сөрөг ( $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0.01 - 0.91$ ) гажлууд хавсран илэрч байгаа нь тэдгээрийг маагмын гаралтай цирконууд болохыг батлаж байна (Hoskin and Schaltegger, 2003; Hoskin, 2005; Зураг 138б, в).

Геохронологийн шинжилгээний конкорд өгөгдлүүдээр зөөгдмөл цирконуудын нас нь  $456 \pm 5$  ба  $800 \pm 6$  с.ж хооронд хэлбэлзэх бөгөөд гол пик нь 498 с.ж дээр төвлөрнө (Зураг 137г). Тус элсэн чулууны цирконуудын бүрэлдэхүүнд тогтоогдсон  $471 \pm 4$  ба  $485 \pm 5$  с.ж хооронд нас нь хэлбэлзэх хамгийн залуу популяцийн 8 цирконы насны жигнэсэн дундаж утга болох  $478 \pm 5$  с.ж (доод ордовик) байна (Зураг 137в).



Зураг 138. Сүмтнуур метакомплексийн M18106-5 ба Шогшоохонгор формацын M16605-4 дээжний цирконуудын катодлюминесценцийн зураг (а), хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн спайдер диаграмм (б, г) ба  $\text{Ce}/\text{Ce}^*$  vs.  $\text{Eu}/\text{Eu}^*$  (д) диаграмм (в, д).

**Дээж M18106-10.** Таван толгой уулын талбайд Сүмтнуур метакомплексор зураглагддаг метаэлсэн чулууны зузаалгаас M18106-10 дээжийг авсан (45°05'38.3"; 112°42'45.4") бөгөөд нийт 23 циркон ба 2 ксенотимийн мөхлөгт U-Pb аргаар үнэмлэхүй нас тодорхойлох хэмжилтийг хийснээс 23 өгөгдөл нь 90%-оос дээш итгэлцүүр бүхий өндөр нарийвчлалтай өгөгдөл байв. Мөн цирконуудын Th/U харьцаа нь 0.14 ба 0.98 хооронд хэлбэлзэх бөгөөд зөвхөн 1 цирконы хувьд тус харьцаа 0.001 байх бол ксенотимийн 2 мөхлөгийн Th/U харьцаа 0.02 ба 0.03 байна. Цирконууд нь катодлюминесценцийн зурагт тод илэрсэн бүслүүрлэг тогтоцтой байх бол ксенотим нь богиновтор призмлэг хэлбэртэй, ямар нэгэн бүслүүржилт байхгүй, хар тугалганы алдагдлаас үүдэлтэй люминесценцийн цагаавтараас цайвар саарал өнгөтэй байна (Зураг 139а, б).



Зураг 139. Сүмтнуур метакомплексын метаэлсэн чулууны M18106-10 дээжний циркон ба ксенотимийн катодлюминесценцийн зураг (а, б), хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн спайдер диаграмм (в, г), цирконы  $Ce/Ce^*$  vs.  $Eu/Eu^*$  (д), маагмын ба гидротермал цирконуудыг ялгах  $(Sm/La)_n$  vs.  $La$  диаграмм (е) (Hoskin et al., 2005).

Хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн спайдер диаграммд ихэнх цирконууд нь ХөгХЭ-ийг бодвол ХүГХЭ-ээр баяжсан, Се-ийн гүнзгий эерэг ( $Ce/Ce^* = 1.17 - 156$ ) ба Еu-ийн гүнзгий сөрөг ( $Eu/Eu^* = 0.02 - 0.61$ ) гажлууд хавсран илэрч байгаа нь тэдгээрийг маагмын гаралтай цирконууд болохыг харуулна (Hoskin and Schaltegger, 2003; Hoskin, 2005; Зураг 139в). Харин цөөвөр цирконы хувьд ХүГХЭ-ээр ХөгХЭ-ийг бодвол баяжсан боловч маагмын цирконтой харьцуулахад ХөгХЭ-ийн агуулга өндөр, Се-ийн

ээрэг гажилтай ( $Se/Se^* = 5.71 - 3.97$ ) боловч Eu-ийн сөрөг гажил бараг илрэхгүй ( $Eu/Eu^* = 0.78 - 1.18$ ) байгаа нь тэдгээрийг гидротермал гаралтай байж болохыг илтгэнэ (Зураг 139в, д). Эдгээр цирконууд нь Hoskin (2005)-ийн (Sm/La)<sub>n</sub> ба La-ийн дискриминацийн диаграммд гидротермал цирконы талбайд ялгаран бууж байгаа нь харагдана (Зураг 136г). Ксенотимийн хувьд ГХЭ-ийн харьцангуй өндөр агуулгатай бөгөөд тод илэрсэн Eu-ийн сөрөг гажил ажиглагдана (Зураг 139г).

Геохронологийн шинжилгээний дүнгээр маагмын гаралтай цирконуудын  $^{206}Pb/^{238}U$  насны конкорд өгөгдлүүд нь  $454 \pm 3$  ба  $838 \pm 8$  с.ж хооронд хэлбэлзэх бөгөөд 481 с.ж дээр гол пик нь төвлөрсөн үнэмлэхүй насны нэг гол популяцийг үүсгэнэ (Зураг 137д, е). Эдгээрийн дундаас  $479 \pm 6$  ба  $480 \pm 5$  с.ж хооронд нас нь хэлбэлзэх хамгийн залуу 4 цирконы  $^{206}Pb/^{238}U$ -ны жигнэсэн дундаж нас  $480 \pm 5$  с.ж (доод ордовик) байх бол гидротермал гаралтай байж болох 2 цирконы  $^{206}Pb/^{238}U$  нас  $222 \pm 7$  (дээд триас) ба  $375 \pm 3$  с.ж (дээд девон) байна. Ксенотимийн хоёр мөхлөгийн  $^{206}Pb/^{238}U$  нас  $268 \pm 4$  ба  $274 \pm 5$  с.ж (доод-дунд пермь) байна.

### **Шогшоохонгор формац.**

**Дээж M16605-4.** Элсэн чулууны тус дээжийг Шогшоохонгор уулын дүүрэгт Холбоо Толгойн өмнөд талд зураглагддаг Шогшоохонгор формацын элсэн чулууны зузаалгаас авсан ( $45^{\circ}01'11.9''$ ;  $113^{\circ}09'45.3''$ ). Тус дээжнээс ялгасан нийт 102 цирконы мөхлөгт U-Pb аргаар үнэмлэхүй нас тодорхойлох хэмжилтийг хийсэнээс 98 өгөгдөл нь 90%-оос дээш итгэлцүүр бүхий өндөр нарийвчлалтай өгөгдлүүд байв. Эдгээр цирконуудын Th/U харьцаа нь 0.12 ба 1.11 хооронд хэлбэлзэж бөгөөд хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн спайдер диаграммд ХөГХЭ-ийг бодвол ХүГХэ-ээр баяжсан, Eu-ийн гүнзгий сөрөг гажил ( $Eu/Eu^* = 0.03 - 0.69$ ) Се-ийн гүнзгий эерэг ( $Se/Se^* = 1.09 - 560$ ) гажилтай хавсран илэрч байгаа зэрэг нь тэдгээрийг маагмын гаралтай цирконууд болохыг харуулна (Зураг 138г, д). Цирконуудын геохронологийн шинжилгээний дүнгээр зөөгдмөл цирконуудын нас нь  $452 \pm 5$  ба  $2472 \pm 3$  с.ж хооронд хэлбэлзэх бөгөөд гол пик нь 494 с.ж (дээд кембри) дээр төвлөрнө. Эдгээрийн дотроос хамгийн залуу 6 цирконы жигнэсэн дундаж нас  $460 \pm 6$  с.ж (дунд ордовик) байна (Зураг 137ё, ж).

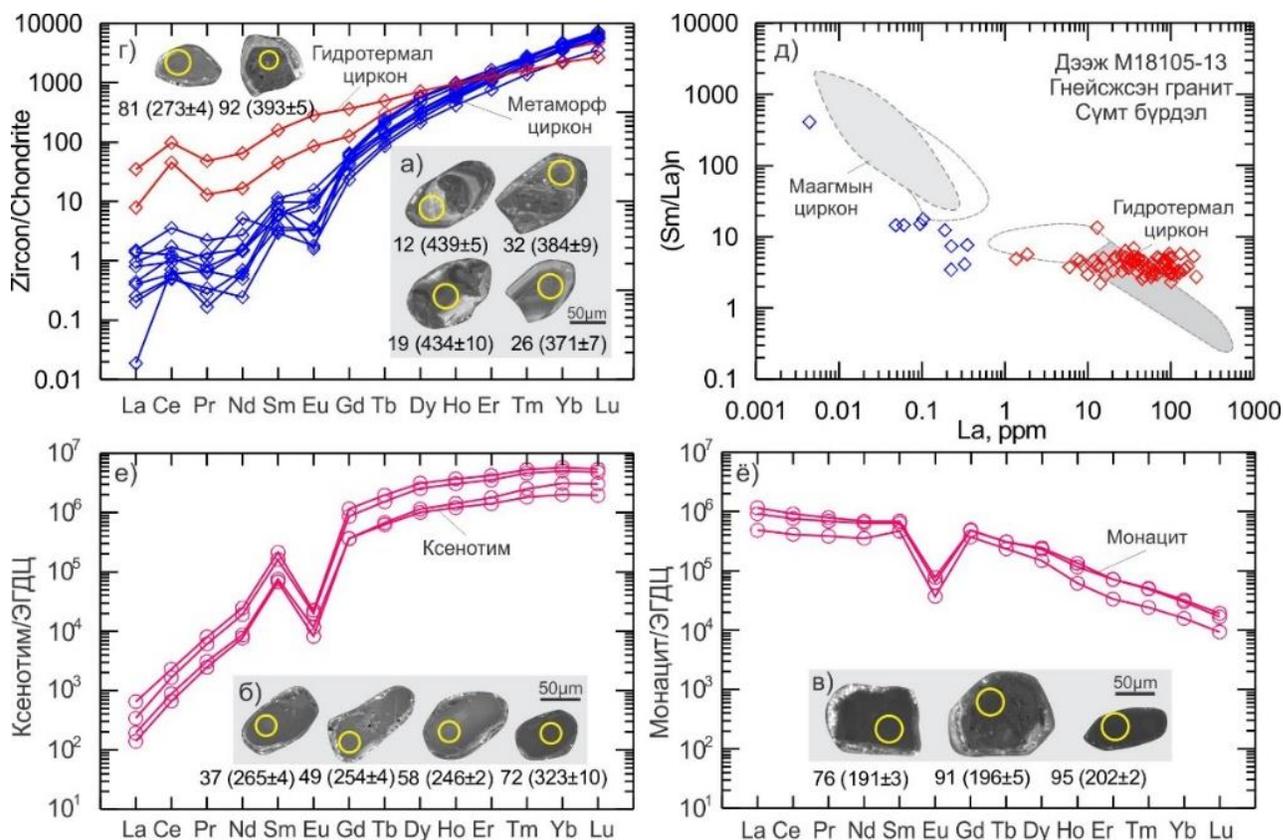
### **Сүмт бүрдэл.**

**Дээж M16603-6.1.** Сүмт бүрдлийн M16603-4 дээжийг Сүмт нуурын баруун-өмнөд талд илрэх гнейсжсэн гранитийн массиваас авсан ( $45^{\circ}9'36.1''$ ;  $113^{\circ}46'18.9''$ ) бөгөөд тус дээжнээс ялгасан 29 цирконы мөхлөгт U-Pb аргаар үнэмлэхүй нас тодорхойлох хэмжилтийг хийсэнээс 11 өгөгдөл нь 95%-оос дээш итгэлцүүр бүхий өндөр нарийвчлалтай өгөгдлүүд байв. Эдгээр конкорд өгөгдлийн дундаж болох  $332 \pm 4$  с.ж-ийн (түрүү карбон) өгөгдлийг ( $MSWD=0.056$ ) тус гнейсжсэн гранитийн талсжилтын нас гэж үзсэн болно (Зураг 135б).

**Дээж M18105-13.** Сүмт бүрдлийн M18105-13 дээжийг Сүмт нуурын баруун талд Сүмтнуур бүрдлээр зураглагддаг цайвар саарал өнгийн дунд ширхэгтэй гнейсжсэн гранитийн массиваас авсан ( $45^{\circ}11'24.1''$ ;  $113^{\circ}49'26.1''$ ) бөгөөд тус дээжнээс ялгасан 91

циркон, 5 монацит ба 3 ксенотим, нийт 99 мөхлөгт U-Pb аргаар үнэмлэхүй нас тодорхойлох хэмжилтийг хийсэнээс 12 циркон болон монацит, ксенотимийн насны өгөгдлүүд нь 90% буюу түүнээс дээш итгэлцүүр бүхий конкорд өгөгдлүүд байв.

Катодлюминесценцийн зурагт цирконууд нь бараавтар саарал өнгөтэй, бүдгэвтэр бүслүүрлэг тогтоцтой байх боловч боловч метаморф цирконуудад илэрдэг толборхог бүтэц ажиглагдана (Зураг 140а). Харин ксенотим нь бараавтар саарал өнгөтэй бол монацит нь люминесценцийн илүү хар бараан өнгөтэй, аль аль нь цулавтар тогтоцтой, гадна талаараа задралын хүрээ үүсгэсэн байна (Зураг 140б, в). Конкорд насны өгөгдөлтэй цирконуудын Th/U харьцаа 0.001 ба 0.004 хооронд хэлбэлзэх бол хэдийгээр конкорд бус настай боловч геохимийн шинжилгээ хийгдсэн бусад 81 цирконы хувьд уг харьцаа мөн ижил бага байх бөгөөд 0.0009 ба 0.09 хооронд хэлбэлзэж байгаа нь тус гнейсжсэн гранитын цирконууд бүгд метаморф-гидротермал хувиралд автсан болохыг харуулна. Харин конкорд настай цирконууд нь ГХЭ-ийн тархалтаараа хоорондоо ялгагдах бөгөөд ихэнх нь ХөгХЭ-ийг бодвол ХүГХЭ-ээр баяжсан, маагмын гаралтай цирконуудад илэрдэг Eu-ийн сөрөг ба Ce-ийн эерэг гажил хавсран илрэх бол цөөвтөр хэдэн цирконы хувьд гидротермал гаралтай цирконуудад илэрдэг шинж болох ХөгХЭ-ээр бусад цирконуудыг бодвол харьцангуй баяжсан, зөвхөн Ce-ийн эерэг гажил илэрч байна (Зураг 140г).



Зураг 140. Сүмт бүрдлийн гнейсжсэн гранитийн M18105-13 дээжний циркон, ксенотим ба монацитийн катодлюминесценцийн зураг (а-в), Цирконы хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн спайдер диаграмм (г), Маагмын ба гидротермал цирконуудыг ялгах (Sm/La)<sub>n</sub> vs. La диаграмм (д) (Hoskin et al., 2005), Ксенотим ба монацитийн эх газрын царцдасын дунджаар нормчилсон ГХЭ-ийн спайдер диаграмм (е, ё).

Цирконуудын гарал үүслийг тогтоох зорилгоор геохимийн шинжилгээ хийгдсэн бүх өгөгдлүүдийг ашиглан (Sm/La)<sub>n</sub> ба La-ийн дискриминацийн диаграмм (Hoskin, 2005) байгуулж үзэхэд ихэнх цирконууд нь гидротермал гаралтай, харин Eu-ийн сөрөг ба Ce-ийн эерэг гажил хавсран илэрсэн цирконууд нь маагмын гаралтай цирконуудын талбайгаас алслан байрласан байгаа нь мөн тэдгээрийн метаморф хувиралд автсан болохыг баталж байна (Зураг 140д).

Ксенотимийн Th/U харьцаа 0.008 ба 0.07 хооронд хэлбэлзэх бөгөөд ГХЭ-ийн харьцангуй өндөр агуулгатай, эх газрын царцдасын дунджаар нормчилсон ГХЭ-ийн спайдер диаграммд ХүГХЭ-ээр харьцангуй баяжсан, ХөгХЭ-ээр эрс шавхагдсан байх бөгөөд Eu-ийн тод илэрсэн сөрөг гажил илэрнэ (Зураг 140е). Монацитийн хувьд Th/U харьцаа харьцангуй өндөр, 0.58 ба 2.61 хооронд байх ба ХөгХЭ-ээр харьцангуй баяжиж, ХүГХЭ-ээр харьцангуй шавхагдсанаас гадна Eu-ийн тод илэрсэн сөрөг гажилтай байна (Зураг 140ё).

Үнэмлэхүй насны конкорд өгөгдлүүдээс авч үзвэл <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U жигнэсэн дундаж нас нь 433 ± 13 с.ж (MSWD=3.3) (түрүү-дунд силур) ба 383 ± 13 (MSWD=2.5) (дунд-хожуу девон) байх 2 үндсэн бүлэг метаморф циркон тогтоогдох бөгөөд мөн хамгийн залуу 1 циркон нь 281 ± 4 с.ж (түрүү пермь) байна (Зураг 135в). Мөн геохимийн шинжилгээний дүнгээр гидротермал гаралтай байж болох цирконуудын үнэмлэхүй насны конкорд өгөгдлүүдээр 393-371 с.ж (дунд-хожуу девон) ба 273-196 с.ж (дунд пермиэс түрүү юр) <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U нас тус тус тогтоогдсон болно. Ксенотимийн хувьд 4 мөхлөгний насны конкорд сайтай байсан бөгөөд эдгээрээс <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U жигнэсэн дундаж нас нь 255±33 с.ж (MSWD=19) байх 3 мөхлөг, мөн <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U нас нь 323±5 с.ж 1 мөхлөг тогтоогдсон болно.

### **Нүхэтдаваа бүрдэл.**

**Дээж M16603-4.** Нүхэтдаваа бүрдлийн гранитийн M16603-4 дээжийг Сүхбаатар аймгийн Наран сумын төвийн зүүн хойд талд тархсан массиваас авсан (45°8'59.4"; 113°48'15.4") бөгөөд тус дээжнээс ялгасан 29 цирконы мөхлөгт U-Pb аргаар үнэмлэхүй нас тодорхойлох хэмжилтийг хийсэнээс 11 өгөгдөл нь 95%-оос дээш итгэлцүүр бүхий өндөр нарийвчлалтай өгөгдлүүд байв. Эдгээр конкорд өгөгдлийн дундаж болох 300±3 с.ж-ийн (хожуу карбон) өгөгдлийг (MSWD=0.05) тус гранитийн талсжилтын нас гэж үзсэн болно (Зураг 135г).

**СҮМТНУУР МЕТАКОМПЛЕКСЫН ГРАНАТЫН ГЕОХИМИ.** Эрдсийн шинжилгээний дүнгээр Сүмтнуур метакомплексын кварц-мусковитот гнейсийн M18106-4 дээжний гранат нь SiO<sub>2</sub> - 34.9% (33.7-35.2%), FeO - 30.3% (29.3-30.8%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> -20.7% (20.4-20.9%), MnO-13.1% (12.6-13.7%) өндөр агуулгатай, MgO, CaO болон TiO<sub>2</sub> харьцангуй бага агуулгатай байх бөгөөд сарнимал элементүүдээс иттрийн исэл (Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) нилээд хэмжээгээр тогтоогдлоо. Гранатын иттрийн ислийн хэмжээ 0.16 ба 1.08% хооронд хэлбэлзэх бөгөөд дунджаар 0.54% байна. Уг гранатын найрлагад спессартин илт давамгайлах (57-65.2%) бөгөөд альмандин (20.7-27.5%) ба пироп (9.6-12.3%) зонхилно. Эдгээр өгөгдлүүдийг ашиглан Бурианикийн (Buriánek et al., 2006) ангиллын

диаграмм байгуулж үзэхэд гранат нь кальциар баялаг альмандины найрлагатай болох нь харагдана (Зураг 141а). Мөн Мересийн (Meres, 2008) пироп-альмандин-спессартины диаграмм ашиглан боловсруулалт хийж үзэхэд гранатууд нь амфиболитоос гранулитын фаац хүртэлх шилжилтийн нөхцлийн метаморфизмын явцад үүссэн болох нь харагдаж байна (Зураг 141б). Хэмжилт хийгдсэн дүнгээс авч үзвэл кварц-мусковиттой гнейсийн М18106-4 дээжний плагиоклаз нь анортоклаз-альбитын найрлагатай ба (Ab: 73-96%, Or: 2.20-25.6 %, An: 0.98-1.43%), харин М18105-4 дээжний хувьд плагиоклаз нь олигоклазын найрлагатай (Ab: 78,93-80,3%, Or: 19,5-20,4%, An:0.43-0,69%) байна (Зураг 141в).



Зураг 141. а) Пироп-альмандин-гроссулар+спессартины ангиллын диаграмм (Buriánek et al., 2006), б) Гранатын үүслийн нөхцлийг тодорхойлох пироп-альмандин-спессартины ангиллын диаграмм (Meres, 2008), в) EMPA өгөгдлийн хээрийн жоншны ангиллын диаграмм

## СҮМТНУУР МЕТАКОМПЛЕКСЫН ХУРДАС ХУРИМТЛАЛЫН НАС БА ИНТРУЗИВ БҮРДЛҮҮДИЙН ТАЛСЖИЛТЫН НАС.

Циркон нь маагмын болон метаморф (Wu and Zheng, 2004; Hanchar and Westrenen, 2007) процессын явцад талсждаг бөгөөд мөн гидротермал уусмалын нөлөөгөөр (Hoskin, 2005) үүсэх боломжтой. Иймээс метаморф чулуулгийн цирконы геохронологийн шинжилгээний дүнг боловсруулахад юуны түрүүнд цирконы гарал үүслийг нарийвчлан тодруулах шаардлагатай байдаг.

Маагмын болон метаморф цирконыг ерөнхийдөө Th/U харьцааны өгөгдлөөр тодорхойлдог бөгөөд уг харьцаа 0.1-ээс бага байвал метаморф циркон, харин 0.1 (0.5) –ээс их бол маагмын циркон гэж үздэг (Hoskin and Schaltegger, 2003). Гэхдээ метаморф цирконууд нь маагмын цирконы нэгэн адил Th/U харьцаа өндөртэй байгаа тохиолдлууд байгаа талаар олон судалгааны ажлуудад дурдагдсан байдаг (Liati, 2005). Мөн сүүлийн үеийн нарийвчилсан судалгаагаар даралт-температурын янз бүрийн нөхцөлд ахин талсжих замаар үүссэн метаморф болон усан уусмалын нөлөөгөөр үүссэн гидротермаль цирконуудыг тус тус ангилах болсон бөгөөд эдгээр цирконуудыг хооронд нь ялгахад тулд талстуудын дотоод бүтэц, морфологи болон сарнимал элементүүдийн агуулгын онцлогууд дээр үндэслэгдсэн олон тооны аргачилалууд

боловсруулагджээ (Rubatto, 2002; Corfu et al., 2003; Wu and Zheng, 2004; Belousova et al., 2002; Hoskin and Schaltegger, 2003, Hoskin, 2005). Ялангуяа, метаморф чулуулагт агуулагдах гидротермаль цирконуудыг ялган тогтоох нь ихээхэн чухал ач холбогдолтой бөгөөд учир нь бага-дунд температур ба бага даралтын нөхцөлөөс өндөр түвшний метаморфизм хүртлэх янз бүрийн нөхцөлд үүссэн метаморф чулуулагт хожуу үеийн гидротермаль уусмалын нөлөөгөөр эдийн засгийн ач холбогдол бүхий алт, газрын сарнимал элемент (ГХЭ) ба бусад ховор металлын хүдэржилт үүсэх нөхцөл бүрэлддэг байна (Smith et al. 2015; Andersson et al., 2018).

Сүмтнуур метакомплексын гол цухуйц гаршууд илэрсэн Сүмт нуур, Таван толгой уул болон Шогшоохонгор уулын талбайд тархсан метаморф чулуулгуудын U-Pb-ны геохронологийн судалгааны явцад чулуулгийн цирконуудын бүрэлдэхүүнд маагмын болон метаморф цирконуудаас гадна гидротермал гаралтай цирконууд тогтоогдсон талаар дээр дурдсан. Эдгээрийн дотроос маагмын цирконуудын насны өгөгдлөөр тухайн зузаалгуудын хурдас хуримтлалын насны доод хязгаар болон интрузив бүрдлүүдийн талсжилтын насыг тодруулах боломжтой бол харин метаморф ба гидротермаль цирконуудын хувьд бүс нутгийн хэмжээнд явагдсан метаморфизмын болон гидротермаль уусмалын идэвхжилт явагдсан цаг хугацааг тогтоох боломжийг олгож байна.

Маагмын цирконуудын геохронологийн шинжилгээний дүнгээр Сүмтнуур метакомплексын бүрэлдэхүүнд багтдаг метаэлсэн чулууны хурдас хуримтлалын насны доод хязгаар ~480-478 с.ж (доод ордовик), түүний дээд талд байрлах Шогшоохонгор формацаар зураглагддаг элсэн чулууны зузаалгийн хурдас хуримтлалын насны доод хязгаар  $460 \pm 5$  с.ж (дунд ордовик) байгаа нь тус метакомплексийг палеопротерозой, эсвэл мезопротерозойн цаг үед бус, харин ~480 ба 460 с.ж-ийн хооронд буюу доод ордовикийн үед хуримтлагдсан болохыг харуулж байна (Зураг 142).

Шогшоохонгор формацын хувьд урьд өмнө нь ордовик ба силурийн түвшинд ангилагдаж ирсэнийг Лхагвадорж нар (1996, 5020ф) 1:200000 масштабын геологийн зураглалын ажлаар доод девоны *Spiriferidai*, дунд девоны *Rinochonellidai* зэрэг мөр хөлтөн ба хөвд биетний үлдвэрүүдийг илрүүлж (Б. Мэндбаярын тодорхойлолт) доод-дунд девонд ангилсан байдаг. Бидний явуулсан судалгаагаар Шогшоохонгор уулын орчимд Сүмтнуур метакомплексод ялгагдаж байсан кварцитийн зузаалгийн хурдас хуримтлалын насны доод хязгаар  $421 \pm 8$  с.ж байгаа нь кварцитийн протолитийг доод девоны үед хуримтлагдсан гэж үзэх үндэслэлийг өгч байна (Зураг 142).

Тус кварцит тархсан зузаалгийг өмнө хийгдсэн 1:200000 масштабын геологийн бүлэгчилсэн зураглалын ажлаар рифейн Сүмтнуур метакомплект (Лхагвадорж нар., 1996, 5020ф) зурагласан бол хожим хийгдсэн 1:50000 масштабын геологийн зураглал, ерөнхий эрлийн ажлаар доод-дунд девоны Шогшоохонгор формацад (Батзориг нар., 2008, 5905ф) ангилсан байдаг. Бидний явуулсан судалгаа кварцитаас зонхилон тогтсон тус блокийг доод-дунд девоны Шогшоохонгор формацад ангилах нь зүйтэй болохыг харуулж байна. Энэ дашрамд уг блокын зүүн-урд талын хагарлын өмнө талд Шогшоохонгор формацын фаунтай шохойн чулууны үе бүхий зузаалаг зураглагддаг болохыг дурдах нь зүйтэй (Лхагвадорж нар., 1996, 5020ф). Харин Холбоо Толгойн



дээж авч геохронологийн шинжилгээнд хамруулсанаас дурдвал, баруун талын массивын гнейсжээгүй гранитийн (дээж M16603-6.1) насыг  $332 \pm 8$  с.ж-ээр тогтоож доод карбонд ялгасан бол Нүхэтдаваа бүрдлийн гранитийн талсжилтын насыг  $300 \pm 8$  с.ж-ээр тогтоож (дээж M16603-4) бүрдлийн насыг баталгаажуулсан болно (Зураг 142). Харин Сүмтнуур метакомплексийг түрсэн харьцаатай хэмээн үздэг зүүн талын гнейсжсэн гранитын метаморф цирконы хамгийн эртний популяцийн дундаж нас  $433 \pm 13$  с.ж байгаад үндэслэн тус массивыг хожуу ордовикд үүссэн гэж үзэж болно (Зураг 142).

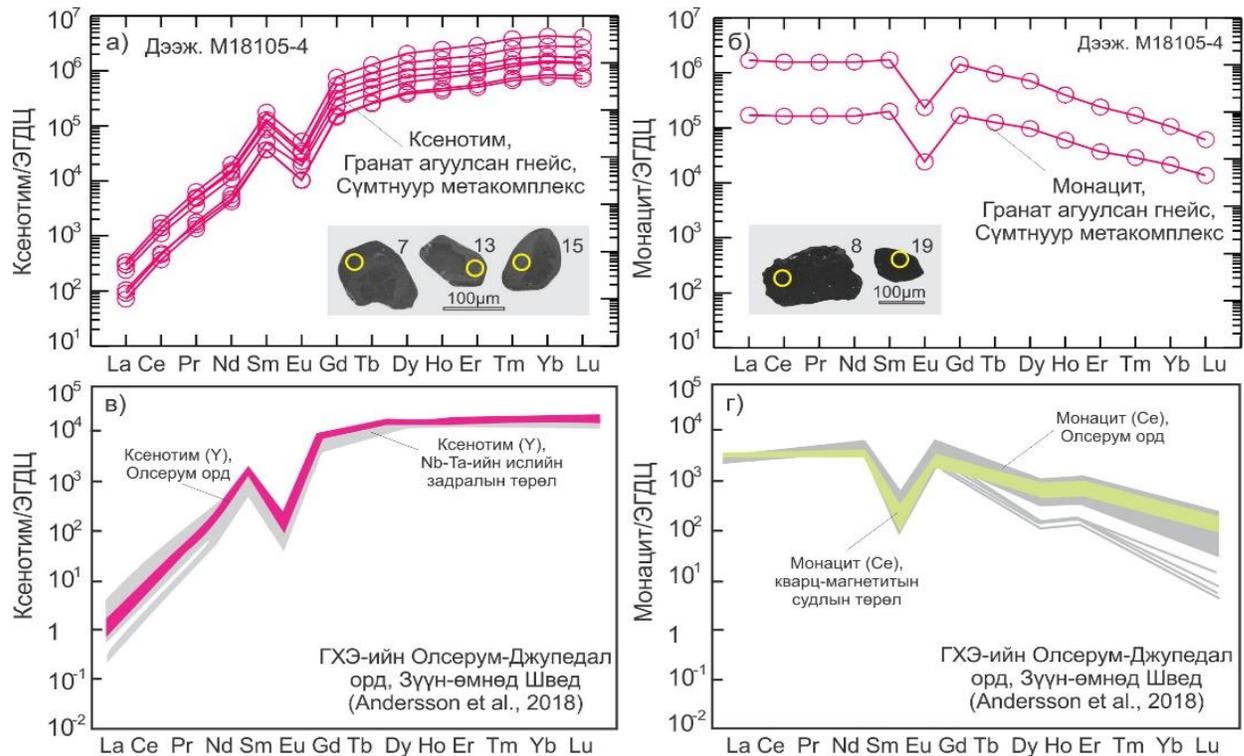
## МОНАЦИТ, КСЕНОТИМ БА ГИДРОТЕРМАЛ УУСМАЛЫН ИДЭВХЖИЛТ.

Сүмт нуурын дүүрэгт метакомплексын зүсэлтэнд цайвар шаргал кварц-биотит-мусковиттой занар (дээж M18105-3) нилээд хэмжээгээр тохиолдох бөгөөд түүнтэй нийцлэг байршилтай том мөхлөгт цайвар саарал өнгийн кварц-мусковитот гнейсийн хэд хэдэн багахан зузаантай үе тохиолддог. Уг гнейс нь ерөнхийдөө пегматоид төрхтэй бөгөөд заримдаа арай жижгэвтэр мөхлөгтэй байх нь бий. Үүнтэй ижил цайвар саарал өнгийн кварц-мусковитот гнейс Таван толгой уулын дүүрэгт метаэлсэн чулуутай нийцлэг байршилтайгаар тохиолдох бөгөөд заримдаа гранат агуулсан байдаг.

Одоогийн байдлаар хийгдээд байгаа 1 дээжний геохимийн шинжилгээний дүнгээр гранат агуулсан кварц-мусковитот гнейсийн  $\text{SiO}_2 = 74.2\%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 13.6\%$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 4.29\%$ ,  $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 5.47\%$  байх бөгөөд К-ийн дунд агуулгатай шохойлог-шүлтлэг эгнээний хөнгөнцагаанаар ханасан чулуулгийн төрөлд хамаарагдана. Гнейсийн ГХЭ-ийн нийлбэр агуулга 144 г/т байх ба Сl хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн диаграммд Eu-ийн тод илэрсэн сөрөг гажил илрэх бөгөөд чулуулаг нь ХүГХЭ-ийг бодвол ХөгХЭ-ээр үл ялиг баяжсан боловч гранитоид чулуулгийг бодвол ХүГХЭ-ээр баяжсан, өөрөөр хэлбэл ХөгХЭ ба ХүГХЭ-ийн харьцангуй тэгш тархалт ажиглагдана.

Хэдийгээр чулуулгийн нийт ГХЭ-ийн агуулга их биш боловч эрдсийн геохимийн шинжилгээний дүнгээр Сүмтнуур метакомплексын кварц-мусковитот гнейс нь Ү-ээр баяжсан гранат болон ГХЭ-ийн өндөр агуулга бүхий ксенотим, монацит зэрэг эрдсүүдийг агуулж байгаа нь тогтоогдлоо. Гранатын 7 мөхлөгт хийсэн EPMA шинжилгээгээр иттрийн ислийн ( $\text{Y}_2\text{O}_3$ ) хувь хэмжээ 0.16-1.08% байх бөгөөд дунджаар 0.55% байна. Харин үнэмлэхүй насны хэмжилт хийх явцад ксенотим ба монацитийн голлох ба сарнимал элементүүдийн агуулгыг LA-ICP MS аргаар NIST SRM 610 стандарттай тодорхойлсон өгөгдлүүдээс авч үзэхэд ксенотим нь Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu зэрэг ХүГЭ-ээс гадна Y ба U-ны өндөр агуулгатай, харин монацит нь La, Ce, Pr, Nd, Sm зэрэг ХөгХЭ-ээс гадна Th, U-ны өндөр агуулгатай болох нь тус тус тогтоогдлоо. Шинжилгээний дүнгээр кварц-мусковитот гнейсийн ксенотим ба монацитийн ГХЭ-ийн агуулга эх газрын царцдасын дундаж агуулгаас хэдэн мянга дахин их байх бөгөөд Шведийн ГХЭ-ийн Олсерум-Джупедал гидротермал ордын ксенотим ба монацитийн LA-ICP MS аргаар тодорхойлж NIST SRM 610 стандарттай харьцуулан тогтоосон агуулгатай (Andersson et al., 2018) харьцуулагдахаар байгаа нь ихээхэн сонирхолтой юм (Зураг 143).

ГХЭ-ийн өндөр агуулгатай ксенотим ба монацитийн мөхлөгүүд кварц-мусковиттой гнейсээс гадна Сүмтнуур метакомплексын метаэлсэн чулуу (дээж M18105-10), Сүмт бүрдлийн гнейсжсэн гранитийн (дээж M18105-13) хэмжээнд тогтоогдсон талаар дээр дурдсан (Зураг 139, 140, 142). Ийнхүү бидний судалгаагаар Таван толгой уул ба Сүмт нуурын талбайд Сүмтнуур метакомплекс болон Сүмт бүрдэлд хамаарагдах метаморф чулуулгууд нь ГХЭ-ийн өндөр агуулга бүхий ксенотим ба монацит агуулж байгаа нь тогтоогдлоо.



Зураг 143. Сүмтнуур метакомплексын гнейсийн M18105-4 дээжний ксенотим ба монацитийн эх газрын царцдасын дунджаар нормчилсон ГХЭ-ийн спайдер диаграмм (а, б). Харьцуулах зорилгоор Шведийн ГХЭ-ийн Олсерум-Джупедал ордын ксенотим ба монацитийн ГХЭ-ийн муруйг (Andersson et al., 2018) харуулав (в, г).

Ксенотим (YPO<sub>4</sub>) нь пегматит, гранит, метаморф чулуулаг, гидротермал орд, карбонатит болон цахиурлаг чулуулагт агуулагддаг бөгөөд хурдас хуримтлалын явцад үүссэн диагенетик, эсвэл хурдас хуримтлалын дараа үүссэн аутиген гарал үүсэлтэй байдаг. Иймээс диагенетик ксенотим нь агуулагч чулуулгийнхаа хурдас хуримтлалын насыг заадаг бол аутиген ксенотим нь бүс нутгийн хэмжээнд явагдсан метаморфизм ба гидротермал процессын идэвхижлийн цаг хугацааг харуулдаг (Lan and Chen., 2012). Мөн сүүлийн үеийн судалгаагаар U/Th харьцааг ашиглан ксенотимийн гарал үүслийг тодорхойлох боломжтой болох нь тогтоогдоод байна. Үүнд: давсжилт багатай гидротермал уусмалын нөлөөгөөр үүссэн ксенотим нь U/Th харьцаагаараа давсжилт ихтэй уусмалыг бодвол харьцангуй бага (<4) байдаг байна (McNaughton and Rasmussen, 2017).

Сүмтнуур комплексын метаморф чулуулгуудын хэмжээнд тохиолдож буй ксенотим ба монацитын ГХЭ-ийн тархалтын онцлог, U/Th харьцаа болон үүслийн цаг

хугацааны хувьд гидротермал цирконуудтай ойролцоо байгаа зэрэгт үндэслэн судалгааны өнөөгийн түвшинд гидротермал гарал үүсэлтэй байж болох талаар таамаглах боломжтой байна. Кварц-мусковитот гнейсийн гранатын геохимийн шинжилгээний дүнгээр гранат нь амфиболитоос гранулитийн фаацад шилжих нөхцөлд үүссэн болох нь тогтоогдсон (Зураг 141). Тус бүс нутагт метаморфизм явагдсан цаг хугацааг Сүмт бүрдлийн гранит-гнейсийн M18105-13 дээжний метаморф цирконуудын хамгийн эртний популяцийн дундаж нас  $433 \pm 13$  с.ж, мөн тус бүрдэл нь доод ордовикийн хурдсыг зүссэн зэргийг харгалзан үзвэл силурийн эхэн үе хэмээн барагцаалж болно. Гэхдээ судалгаа хийгдсэн аль ч дээжинд тухайн насны гидротермал циркон тогтоогдоогүй нь ксенотим ба монацитийн үүсэл нилээд хожуу явагдсан болохыг харуулна. Иймээс ксенотим ба монацит үүссэн цаг хугацааг тодорхойлох зорилгоор өмнө дурдсан өгөгдлүүдийг нэгтгэн авч үзвэл Сүмтнуур метакомплексн кварц-мусковитот гнейсийн ксенотим ба монацитийн  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  нас тус тус  $361 \pm 5$  с.ж ба  $358 \pm 4$  с.ж байгаа бол кварцитийн гидротермал цирконы  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  нас  $386 \pm 8$  с.ж, Сүмт бүрдлийн гранит-гнейсийн гидротермал цирконуудын  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  нас  $393 \pm 5$  ба  $371 \pm 7$  с.ж байна (Зураг 142). Эндээс ксенотим ба монацитийн насны өгөгдлүүд гидротермал цирконы насны өгөгдлүүдтэй ойролцоо байгааг харж болно. Гэхдээ дээрх наснууд нь эрдсүүдийн үүссэн цаг хугацааг яг таг заах боломжгүй, учир нь монацит ба ксенотимийн U-Pb үнэмлэхүй насны хэмжилтийг хийхдээ ксенотим ба монацитийн стандартыг ашиглаагүй, цирконы 91500 стандартыг хэрэглэсэнтэй холбоотой юм. Гэхдээ хэвлэгдсэн судалгааны материалуудаас авч үзвэл ксенотимийн цирконы 91500 стандартаар засварласан насыг ашиглахад  $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$  насыг авч үзэх нь зүйтэй талаар тэмдэглэсэн байдаг (Luo et al., 2020). Иймээс тус гнейсийн дээжинд тогтоогдсон ксенотимийн 9 мөхлөгийн  $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$  насны жигнэсэн дундаж утга болох  $378 \pm 7$  с.ж-ийн (MSWD=2.2) насны өгөгдлийг монацит ба гидротермал цирконы насны өгөгдлүүдтэй харьцуулахын зэрэгцээ шинжилгээний боломжит алдааг тооцон үзвэл монацит ба ксенотимийн үүссэн цаг хугацааг 370-360 с.ж буюу хожуу девон гэж үзэх боломжтой байна. Үүнээс гадна судалгаанд хамрагдсан дээжнүүдийн хэмжээнд  $273 \pm 4$  ба  $193 \pm 3$  с.ж хооронд  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  нас нь хэлбэлзэх гидротермал цирконууд,  $275 \pm 5$  ба  $259 \pm 33$  с.ж-ийн  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  настай ксенотим,  $202 \pm 2$  с.ж-ийн  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  настай монацит тохиолдож байгаа нь гидротермал уусмалын нэвчилт пермь-триасын үед ахин явагдаж мөн ГХЭ-ийн өндөр агуулга бүхий ксенотим ба монацит үүссэн байж болохыг харуулна. Харин карбоны цаг үед гидротермал уусмалын идэвхжил явагдаагүй болох нь карбоны настай ямар нэг метаморф болон гидротермал тогтоогдоогүйн зэрэгцээ Нүхэтдаваа бүрдлийн гранитийн цирконууд бүгд маагмын гаралтай байгаагаас харагдана (Зураг 142).

Ксенотим ба монацит зэрэг ГХЭ-ийн өндөр агуулгатай эрдсүүд дээр дурдсан кварц-мусковитот гнейс (M18105-4), гранит-гнейс (M18105-13) болон метаэлсэн чулууны (M19106-10) дээжнүүдэд тогтоогдсон бөгөөд мөн эдгээрээс гадна үнэмлэхүй насны болон геохимийн шинжилгээ хийгдээгүй боловч катодлюминесценцийн зураг авагдсан кварц-биотит-мусковиттой занар (дээж M18105-3), жижиг мөхлөгт кварц-биотит-мусковитот гнейс (дээж M18105-6) зэрэг чулуулгуудад ксенотим ба монацитийн

олон тооны жижиг мөхлөгүүд тохиолдож байгаа нь харагдана. Эдгээр гнейс ба занарууд нь Сүмт нуурын дүүрэгт кварц-мусковитот гнейсийн нимгэн зузаантай үеүдтэй салаавчлан байрлаж байгаа нь бидний хээрийн судалгааны ажлаар тогтоогдсон. Мөн Таван толгой уулын дүүрэгт нас нь тогтоогдсон метаэлсэн чулууны зузаалагт ксенотим ба монацит байгаа болох нь нас ба геохими хийгдсэн M18106-10 болон M18106-5 (зөвхөн циркон дээр хэмжилт хийгдсэн) дээжнүүдийн судалгаанаас харагдах бөгөөд мөн ба элсэн чулууны M18106-7 дээжинд ч бас илэрч байгаа нь CL зургаас харагдана. Эдгээр элсэн чулууны үеүдтэй нийцлэг, заримдаа нийцлэг бус байрлаж байгааг хоёр ч байршилд илрүүлсэн болно.

Энэ бүгдийг нэгтгэн дүгнэж үзвэл ксенотим ба монацитийн эрдэсжилт хоёр удаа явагдсан гидротермал процессын нөлөөгөөр үүссэн бөгөөд эхний үе шатанд гол төлөв кварц-мусковитот гнейстэй холбоотой байсан бол дараагийн үе шатанд илүү өргөн хүрээний нэвчилт явагдаж метаэлсэн чулуу болон Сүмт бүрдлийн гнейсжсэн гранитыг хамарсан гэж судалгааны өнөөгийн түвшинд үзэж болохоор байна. Мөн Таван толгой уулын талбайд тархсан Шогшоохонгор формацын элсэн чулууны протолочкийн минералогийн шинжилгээгээр хоёр ч дээжинд цөөн тооны мөхлөгөөс 0.10% хүртлэх хэмжээгээр монацит илэрсэн байдгийг (Батзориг нар., 2008, 5905ф) энд дурдах нь зүйтэй.

## **МЕТАМОРФ ЧУЛУУЛГУУДЫН ҮҮСЛИЙН ГЕОДИНАМИК ОРЧИН.**

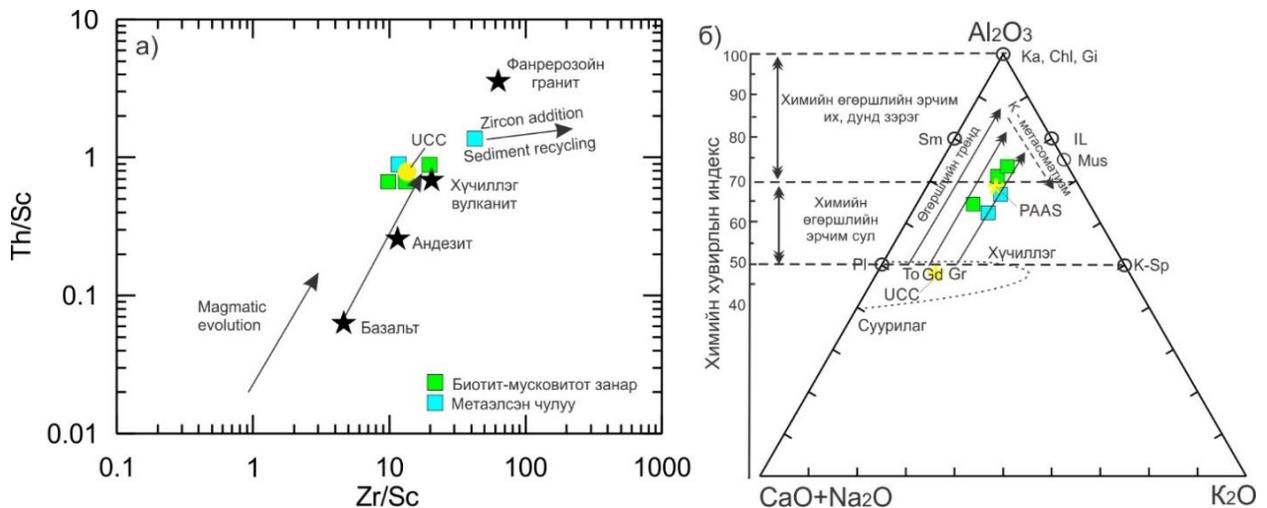
### **Тунамал протолиттой метаморф чулуулгуудын эх үүсвэр, хурдас хуримтлалын орчин, геодинамик нөхцөл**

Тунамал чулуулгийн химийн найрлага нь эх үүсвэр мужийн чулуулгийн химийн өгөршлийн эрчим (Nesbitt and Young, 1982), зөөгдөл ба хурдас хуримтлалын явц дахь хурдсын ялгарал, ахин хуримтлал (McLennan et al., 1993; Cullers 1994, 1995), хурдас хуримтлалын дараах хувирал, өөрчлөлт (цахиуржилт, калийн метасоматизм ба метаморфизм (Fedo et al., 1995, 1996) зэргээс хамаардаг. Иймээс тунамал хурдсын геохимийн өгөгдлүүдээр дээрх процессуудын онцлогийг тодруулах олон тооны аргачилалууд бий болжээ (Nesbitt and Young, 1982; Taylor and McLennan, 1985; McLennan et al., 1993; Fedo et al., 1995). Мөн түүнчлэн хурдсанд агуулагдах Th, Sc мөн ГХЭ-үүд зэрэг нь хурдас хуримтлал болон түүний дараах процессуудын явцад харьцангуй тогтвортой байдаг тул эдгээр элементүүд болон тэдгээрийн харьцаа нь эх үүсвэрийнхээ талаар чухал мэдээлэлийг өгдөг (Bhatia, 1983; Bhatia and Crook, 1986; Floyd et al., 1989; Cullers et al., 1993; Cullers, 1994, 1995).

Химийн өгөршлийн индексийн утга Сүмтнуур метакомплексын занаруудад 62 – 73 хооронд хэлбэлзэх бол найрлагын өөрчлөлтийн индекс 1.0 - 1.2 байгаа нь тэдгээр нь химийн өгөршилд харьцангуй бага өртсөн мужаас үүсэлтэй болохыг илтгэнэ (Зураг 144б). Өөрөөр хэлбэл эх үүсвэр мужийн найрлагад шаварлаг эрдсийн оролцоо бага байсан байна. Харьцуулах зорилгоор авч үзвэл өгөршилд автаагүй эх газрын дээд царцдасын химийн өгөршлийн индекс 48 байдаг бол дунд зэрэг өгөршилд автсан архейн дараах занарт (PAAS) энэ индекс 70-75, харин каолинит, гипс зэрэг шаварлаг

эрдсүүдэд 100 орчим байдаг байна (McLennan et al., 1993; Rudnick and Gao, 2003). Плагиоклазын өөрчлөлтийн индекс (PIA) 68-83 (дундаж 75) байгаа нь зөөгдөл, хуримтлалын процессын явцад плагиоклаз хувирд харьцангуй бага автсан болохыг давхар харуулна.

Тунамал хурдсын зөөгдөл ба ялгарал нь монацит, циркон зэрэг хүнд эрдсүүдийн хуримтлалаас үүдэн хурдсын геохимийн онцлогт нөлөөлөх бөгөөд жишээлбэл монацитын хуримтлалаас үүдэн хурдсын  $Gd_n/Yb_n$  харьцаа 12 хүртэл эрс өсдөг (Cullers, 1988; McLennan et al., 1990, 1993). Мөн цирконы хуримтлалаас үүдэлтэй хурдсанд Zr ба Zr/Sc харьцааны утга өсдөг (McLennan, 1989; McLennan and Taylor, 1991; McLennan et al., 1993; Cullers, 1994). Сүмтнуур метакомплексын  $Gd_n/Yb_n$  харьцаа 1.44 – 1.80 (зөвхөн 1 дээжинд энэ утга 0.46 байв) буюу дунджаар 1.42 байгаа нь монацитаар үл ялиг баяжсан болохыг харуулна. Энэ утга эх газрын дээд царцдасын ихэнх чулуулагт 1.0–2.0 байдаг (McLennan et al., 1993). Мөн Сүмтнуур метакомплексын занар ба занарсэн метаэлсэн чулуунуудын Zr агуулга харьцангуй бага, 152 – 254 г/т, дунджаар 206 г/т байх бөгөөд Th/Sc -Zr/Sc дискриминацийн диаграмм дээр тэдгээр нь маагмын трендтэй паралель байгаа нь цирконоор төдийлөн баяжаагүй байгааг харуулна (Зураг 144).

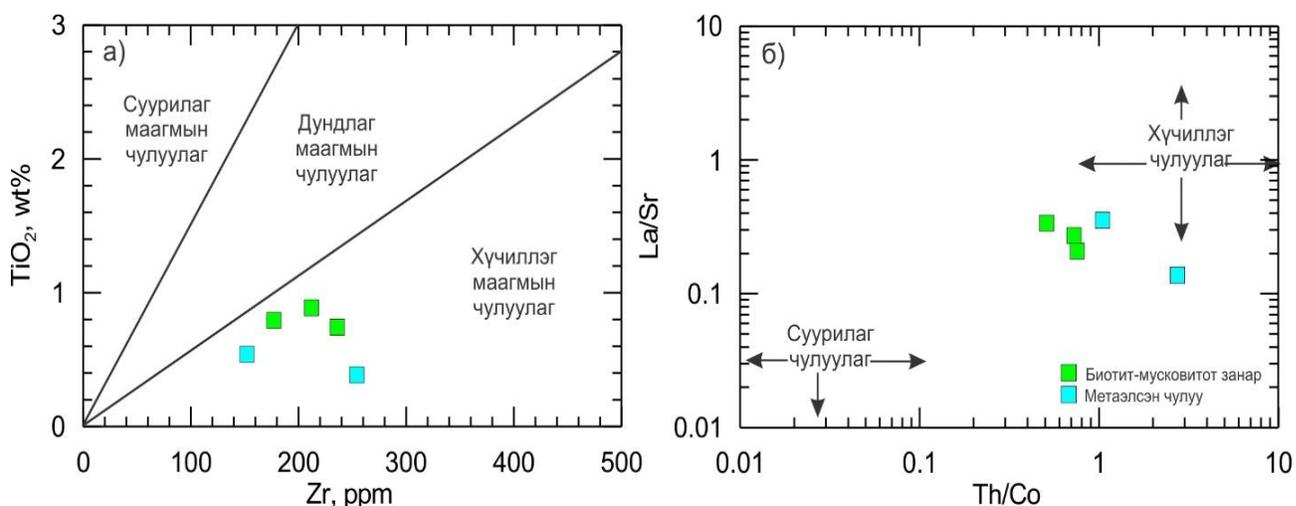


Зураг 144. Сүмтнуур метакомплексын занар ба метаэлсэн чулууны а) Th/Sc ба Zr/Sc дискриминацийн диаграмм (McLennan et al., 1993), б) A–CN–K (Nesbitt and Young, 1982) гурвалжин диаграмм. Pl – плагиоклаз, Sm – смекит, Ka – каолинит, Chl – хлорит, Il – иллит, Mus – мусковит, K-Sp – калийн хээрийн жонш.

Мөн хурдсын зөөгдөл ба ялгаралын үр дүнд хурдсын төгөлдөржилт нэмэгдэж улмаар кварцын агуулга нэмэгддэгтэй холбоотойгоор  $SiO_2/Al_2O_3$  харьцаа нэмэгдэж бусад сарнимал элементүүдийн агуулга багасдаг (McLennan et al., 1993). Харин U ба Th-ийн хувьд исэлдлийн орчинд уусамтгай чанар харилцан адилгүй учир Th/U харьцаа аажмаар ихэсдэг зүйтогтол илэрдэг (McLennan and Taylor, 1980). Сүмтнуур метакомплексын занар ба занаржсан элсэн чулуунуудын хувьд Th/U харьцаа 4.08 – 8.53 хооронд буюу дунджаар 5.47 байгаа нь ЭГДэЦ-ын дундажаас их (3,89, Rudnick and Gao, 2003), харин архейн дараах занарын дундажтай (PAAS, 4.5 – 5.5, McLennan and Taylor, 1980) ойролцоо байна. Энэ бүгд нь тэдгээрийн харьцангуй бага  $SiO_2/Al_2O_3$

харьцаа (3.52 – 4.54, зөвхөн нэг дээжинд 7.88) ба харьцангуй өндөр ГХЭ-ийн нийлбэр агуулгатай (108 – 223 г/т) нийцэж байна.

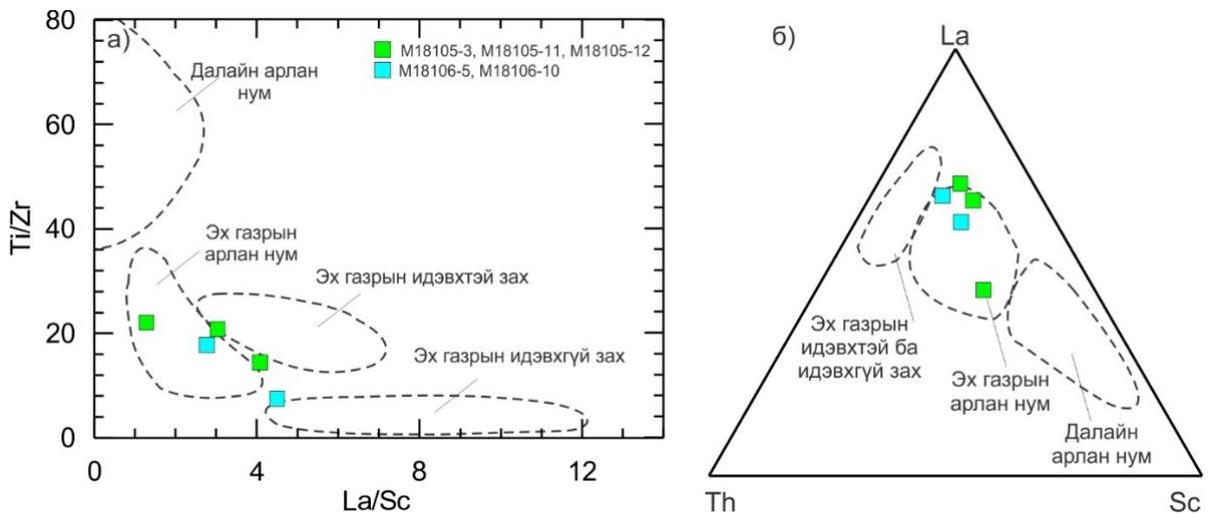
**Эх үүсвэр мужийн шинж чанар ба найрлага.** Тунамал чулуулгийн эх үүсвэр мужийн найрлага, өгөршил ба хурдас хуримтлалын дараа үеийн хувирлын процессын явцад элементүүд хэрхэн өөрчлөгдсөн онцлог болон өгөршлийн трендийг тус тус харуулдаг (CaO+Na<sub>2</sub>O) – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – K<sub>2</sub>O гурвалжин диаграмм (Nesbitt and Young, 1982) дээр Сүмтнуур метакомплексын занар ба метаэлсэн чулууны гранитын өгөршлийн трендтэй нийцлэг байршиж байгаа нь тэдгээрийн эх үүсвэрт хүчиллэг маагмын чулуулаг байсаныг харуулна (Зураг 144б). Мөн тус диаграммаас өгөршлийн тренд А–К шугам руу чиглэж байгаа нь плагиоклазаас Са ба Na нилээд зөөгдсөн өөрөөр хэлбэл сулаас дунд зэргийн эрчимтэйгээр хувиралд автсан болохыг харж болно (Зураг 144а). Нэмэлт болгон тунамал чулуулгийн эх үүсвэр тодорхойлох TiO<sub>2</sub> – Zr ба La/Sr – Th/Co дискриминацийн диаграммуудыг ашиглаж үзэхэд занар ба метаэлсэн чулуу нь хүчиллэг маагмын чулуулгаас үүсэлтэй болохыг давхар батална (Зураг 145).



Зураг 145. Сүмтнуур метакомплексын занар ба метаэлсэн чулууны эх үүсвэр мужийн найрлагыг тогтоох TiO<sub>2</sub>– Zr (Bracciali et al., 2007) ба La/Sr - Th/Co (Roser and Korsch, 1986) диаграммууд.

Тунамал чулуулагт агуулагдах ГХЭ-ийн агуулга нь мөн эх үүсвэр мужийнхаа талаар мэдээлэлийг өгдөг. Суурилаг чулуулаг нь ГХЭ-ийн харьцангуй бага агуулгатай байх бөгөөд гол төлөв Eu-ийн сулавтар сөрөг гажилтай байдаг бол хүчиллэг чулуулаг нь ГХЭ-ийн өндөр агуулгатай, Eu-ийн тод илэрсэн сөрөг гажилтай байдаг (Cullers et al., 1997). Сүмтнуур метакомплексын занар ба метаэлсэн чулууны хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн диаграммд ЭГДэЦ-ын нэгэн адил Eu-ийн сөрөг гажил бүхий ХөГХЭ-ээр баяжсан хэлбэр ажиглагдаж байгаа (Зураг 139) нь мөн эх үүсвэрт нь хүчиллэг чулуулаг зонхилж байсаныг харуулна.

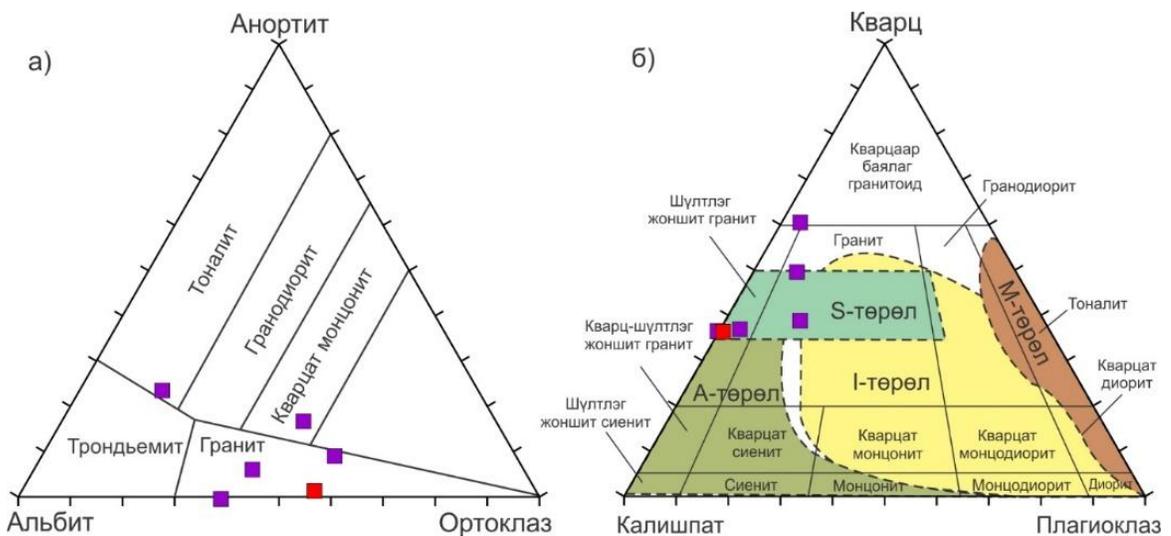
Дээжнүүдийн сарнимал элементийн шинжилгээний дүнг ашиглан Бхаттийн тектоник орчны ангиллын Ti/Zr ба La/Sc дискриминацийн диаграмм ба Th – Sc – La гурвалжин диаграммуудыг байгуулж үзэхэд Сүмтнуур метакомплексын занар ба занаржсан элсэн чулууны протолит нь эх газрын нумын орчинд үүссэн болох нь харагдаж байна (Зураг 146а, б).



Зураг 146. Сүмтнуур метакомплексын занар ба метэлсэн чулуунуудын үүслийн геодинамик орчныг тодорхойлох а)  $Ti/Zr$  ба  $La/Sc$  дискриминацийн диаграмм (Bhatia and Crook, 1986), б)  $Th - Sc - La$  (Bhatia and Crook, 1986) гурвалжин диаграмм

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

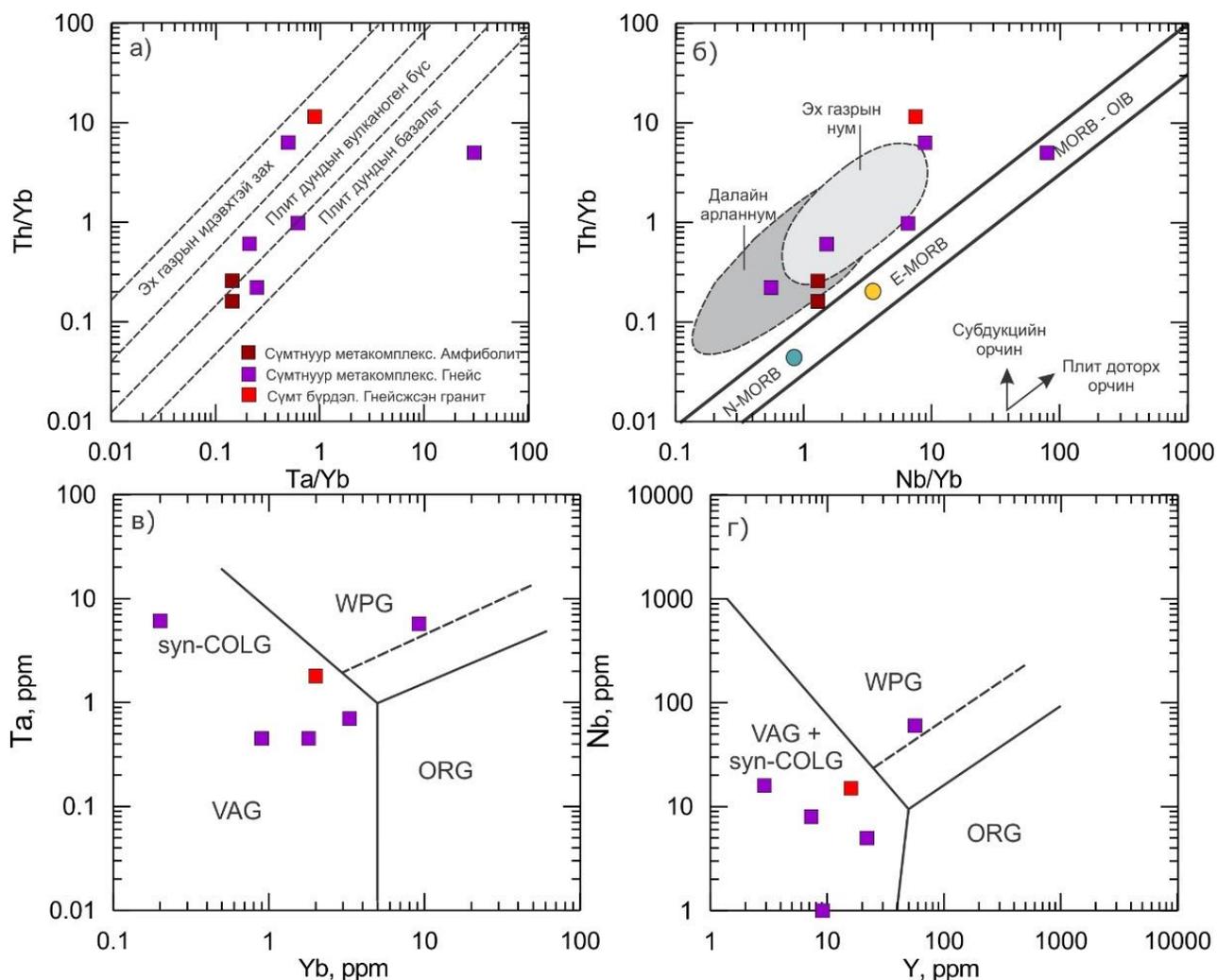
Петрохимийн шинжилгээний дүнгээр Сүмтнуур метакомплекс ба Сүмт бүрдэлд зураглагдсан гнейсүүд нь гранитын найрлагатай, хөнгөнцагаанаар баялаг, К-ийн дунд агуулгатай шохойлог-шүлтлэг эгнээний чулуулгийн төрөлд хамаарагдана (Зураг 132а-в). Чулуулгийн петрохимийн шинж нь тэдгээрийн S-төрлийн гранитад хамаарагдах боломжтойг харуулна. Энэхүү таамаглалыг шалгах үүднээс чулуулгийн химийн шинжилгээний дүнг үндэслэн холбогдох аргачилалын дагуу боловсруулдаг гранитын ангиллын An–Ab–Or (анортит–альбит–ортоклаз) диаграмм болон гранитоид чулуулгийн гарал үүслийн төрлийг ялгах QAP (кварц–шүлтлэг жонш – плагиоклаз) диаграммуудыг ашиглав (Зураг 147).



Зураг 147. Сүмтнуур метакомплекс ба Сүмт бүрдлийн гнейсүүдийн ангиллын а) An–Ab–Or (Connor, 1965; Barker, 1979), б) Гранитоид чулуулгийн гарал үүслийн төрлийг ялгах QAP (Lameyre and Bowden, 1982) диаграммууд. Жич: Таних тэмдэгийг зураг 132-аас харна уу.

Эдгээр диаграммууд дээрээс харахад Сүмтнуур метакомплексын гнейсүүдийн протолит нь S-төрлийн гранитоидод хамаарагдах бөгөөд өөрөөр хэлбэл метатунамал чулуулгийн хэсэгчилсэн хайлалтаар үүссэн болох нь харагдана. Мөн гнейсүүд нь Эх газрын базальтын дундаж өгөгдлийг (Kelemen et al., 2003) бодвол Cs, Rb, K, Pb зэрэг элементүүдээр баяжиж Nb, Ta, Ti болон Sr зэрэг элементүүдээр шавхагдсан, мөн ГХЭ-ийн нийт агуулга харьцангуй бага байгаа зэрэг нь S-төрлийн гранитад ажиглагддаг нийтлэг шинж юм (Зураг 143б).

Тектоник ангиллын Th/Yb - Ta/Yb дискриминацийн диаграмм дээрээс харахад харин Сүмтнуур метакомплексын гнейс болон амфиболит эх газар-арлан нумын нөхцөлд үүссэн байх боломжтой байна (Зураг 148а).



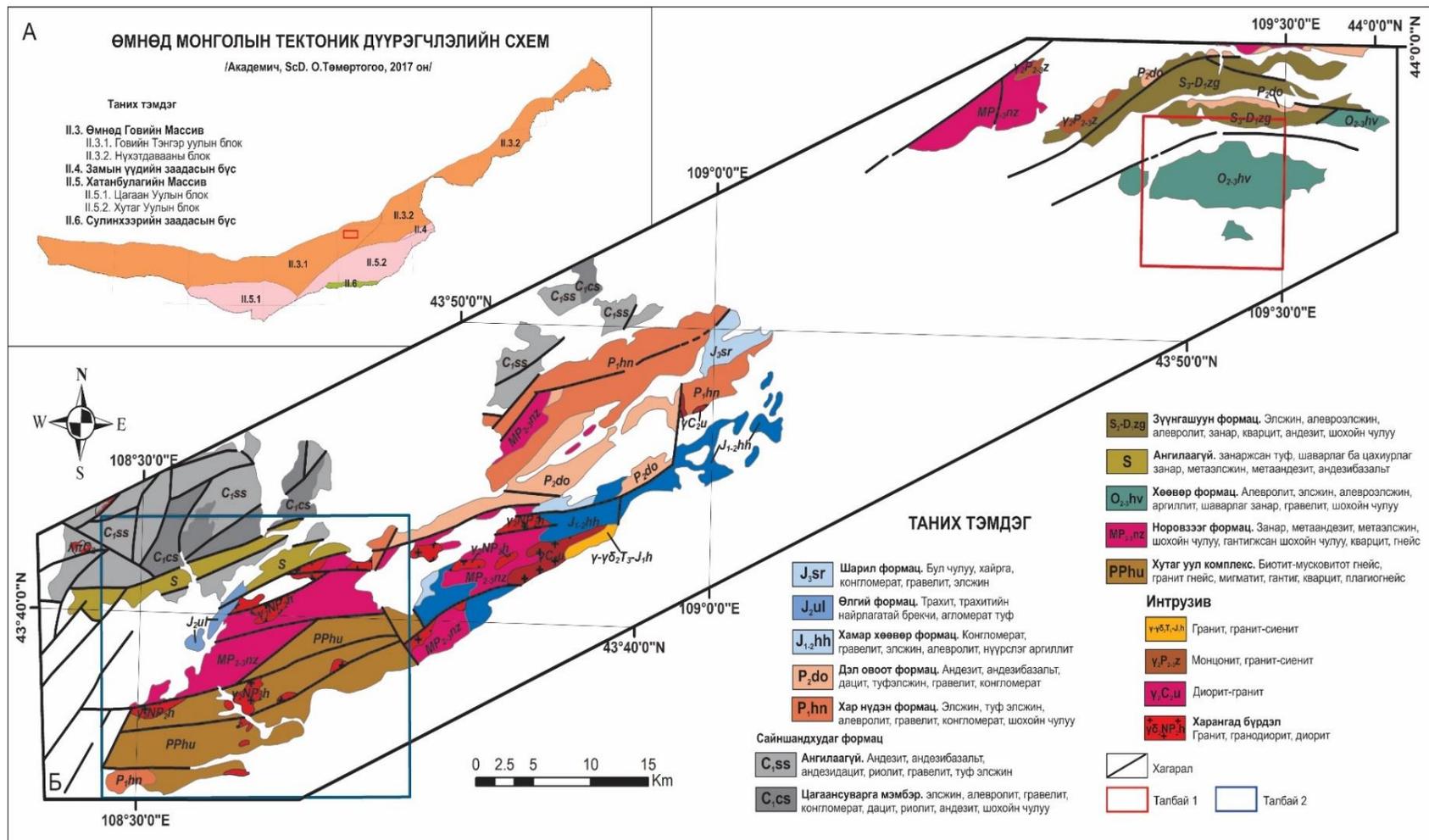
Зураг 148. Сүмтнуур метакомплексын кварц-мусковитот гнейс, амфиболитийн үүслийн геодинамик орчныг тодруулах а) Th/Yb - Ta/Yb, б) Th/Yb - Nb/Yb, в) Ta - Yb, г) Nb - Y (Pearce et al., 1984) диаграммууд. Тайлбар: OIB – далайн арлан нум, E-MORB – Баяжсан далайн голч нурууны базальт, N-MORB – ердийн далай голч нурууны базальт, VAG – эх газрын нумын гранит, syn-COLG – коллизийн гранит, WPG – плит доторх гранит, ORG – далайн голч нурууны гранит

Сүмтнуур метакомплексын занар, амфиболит, гнейс зэрэг чулуулгуудад Th-оор шавхагдсан онцлог нийтлэг ажиглагдаж (Зураг 129, 131, 133) байгаа нь тус элементийн

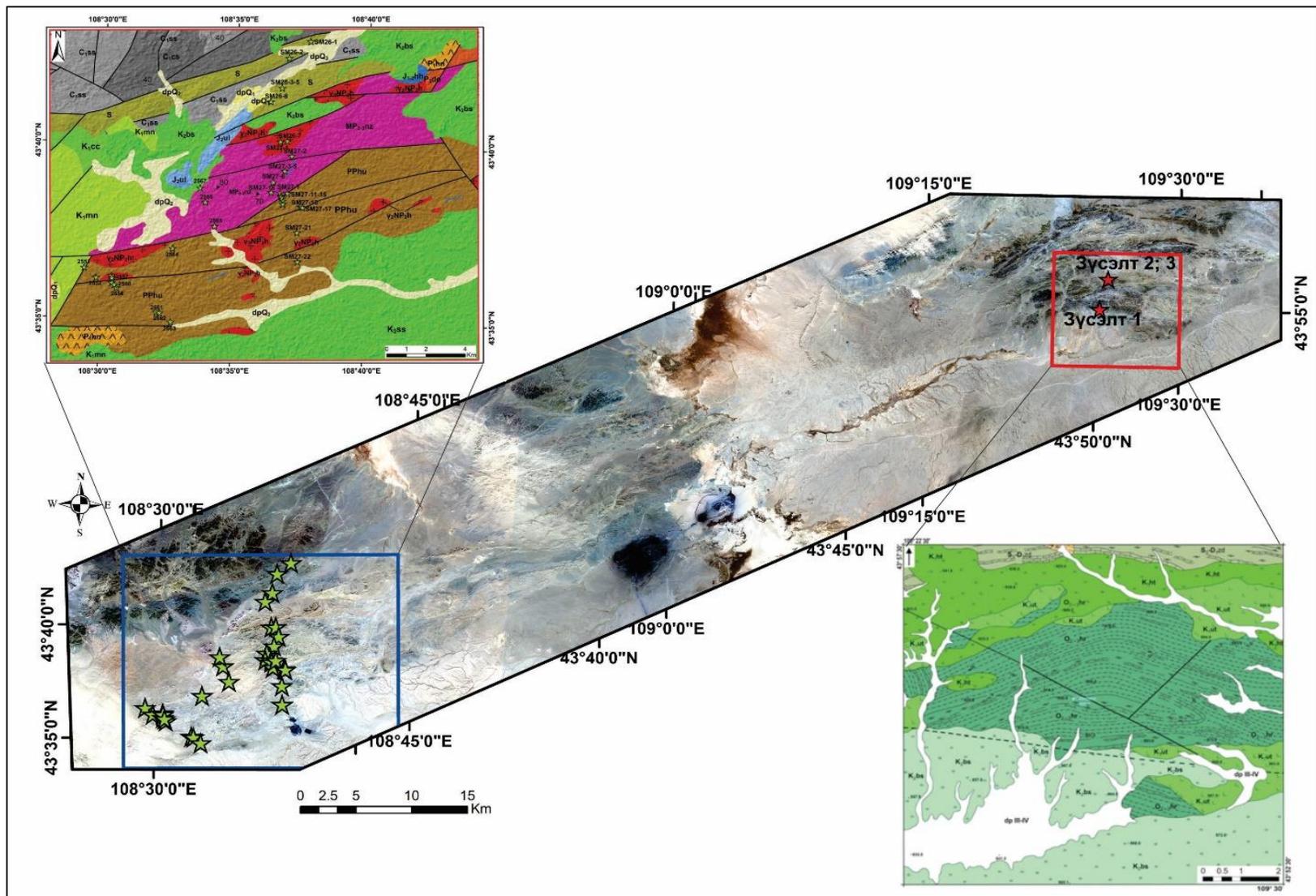
геохимийн онцлогтой холбоотой гэж үзлээ. Хэдийгээр нарийн механизм нь өнөөг хүртэл маргаантай байдаг боловч Th нь субдукцийн бүсийн нөхцөлд үлнийцлэг элемент болдог (Pearce & Peate 1995) бөгөөд уусмалд бараг уусдаггүй (Bailey & Ragnasdottir 1994) учир арлан нумын маагмын найрлагад Та-ийг бодвол Th-ийн агуулга эрс өндөр байдаг. Иймээс плит доторх нөхцөлд үүссэн маагмын чулуулгийн Th/Та харьцаа арлан нумын нөхцөлд үүссэн чулуулгийхаас эрс бага байдаг байна. Сүмтнуур метакомплексын гнейс, амфиболитийн хувьд уг харьцаа 0.16 ба 2.85 хооронд хэлбэлзэж байхад эх газрын идэвхтэй захын нөхцөлд үүссэн Сүмт бүрдлийн гнейсжсэн гранитад уг харьцаа 12.8 байгаа нь мөн тэдгээрийн гарал үүслийн нөхцлийг илтгэж байна.

#### 4.1.2. АЛАГ БАЯН УУЛЫН ДҮҮРЭГ

Бид төслийн ажлын явцад 'Алаг Баянгийн дүүрэг' нэрийн дор K-49-I хавтгайн баруун хойд хэсэгт Хүрэнцав уулын урд талаас эхлэн зүүн тийш K-49-II хавтгайн хойд хэсэгт Үнэгэд уул хүртэлх чиглэлд зүүн-хойш сунан байрласан талбайг хамруулан судалсан бөгөөд тус дүүрэг нь Монгол орны суурь бүтцийн тектоник мужлалтын хамгийн сүүлийн үеийн ангиллын (Төмөртоогоо, 2017) дагуу Өмнөд Говийн эртний массивын Говийн Тэнгэр уулын блокийн зүүн зах хэсэгт байрлана (Зураг 149a). Урьд өмнө боловсруулагдсан Монгол Улсын Геологийн 1:200000 масштабын зургийн дагуу (Бөмбөрөө нар., 2004) тус дүүргийн хэмжээнд палеопротерозойн Хутаг-Уул метакомплекс, дунд-дээд мезопротерозойн Норовзээг, дунд-дээд ордовикийн Хөөвөр, силур-девоны Зүүнгашуун, девон-карбоны Алагбаян зэрэг формацууд болон силурийн ангилагдаагүй зузаалаг ялгагдах бөгөөд тэдгээр нь дунд-дээд палеозойн ба мезокайнозойн тунамал, вулканоген формацуудаар хучигдаж дунд неопротерозойн Харангад, дунд карбоны Улаагчин болон дунд-хожуу пермийн Замын-Үүд бүрдлийн гранитоидуудоор түрэгдэнэ (Зураг 149б). Бид төсөл хэрэгжих явцад тус дүүргийн хэмжээнд тархалттай Хутаг-Уул метакомплекс, Норовзээг, Хөөвөр, Зүүнгашуун формацууд болон силурийн ангилагдаагүй зузаалгийн хэмжээнд төвлөрөн хээрийн судалгааны ажил явуулж чулуулгуудын эрдсийн бүрэлдэхүүн, бодисын найрлага, үүссэн цаг хугацаа болон гарал үүслийн геодинамик нөхцлийг тодруулах зорилго бүхий 60 шахам дээж сорьцуудыг цуглуулж боловсруулсан үр дүнгээс тайлангийн энэхүү хэсэгт тусган харууллаа. Судалгаа явуулсан талбайн тус бүрийн геологийн зураг болон дээжлэлт хийсэн цэгүүдийн байршлыг Зураг 150-т харуулав.



Зураг 149. Алагбаянгийн дүүргийн байршил (а) ба геологийн тогтоцын (б) зураг.  
Жич: Цэрдээс дөрөвдөгч хүртлэх насны формац, зузаалуудыг нэгтгэн шар өнгөөр харуулсан болно

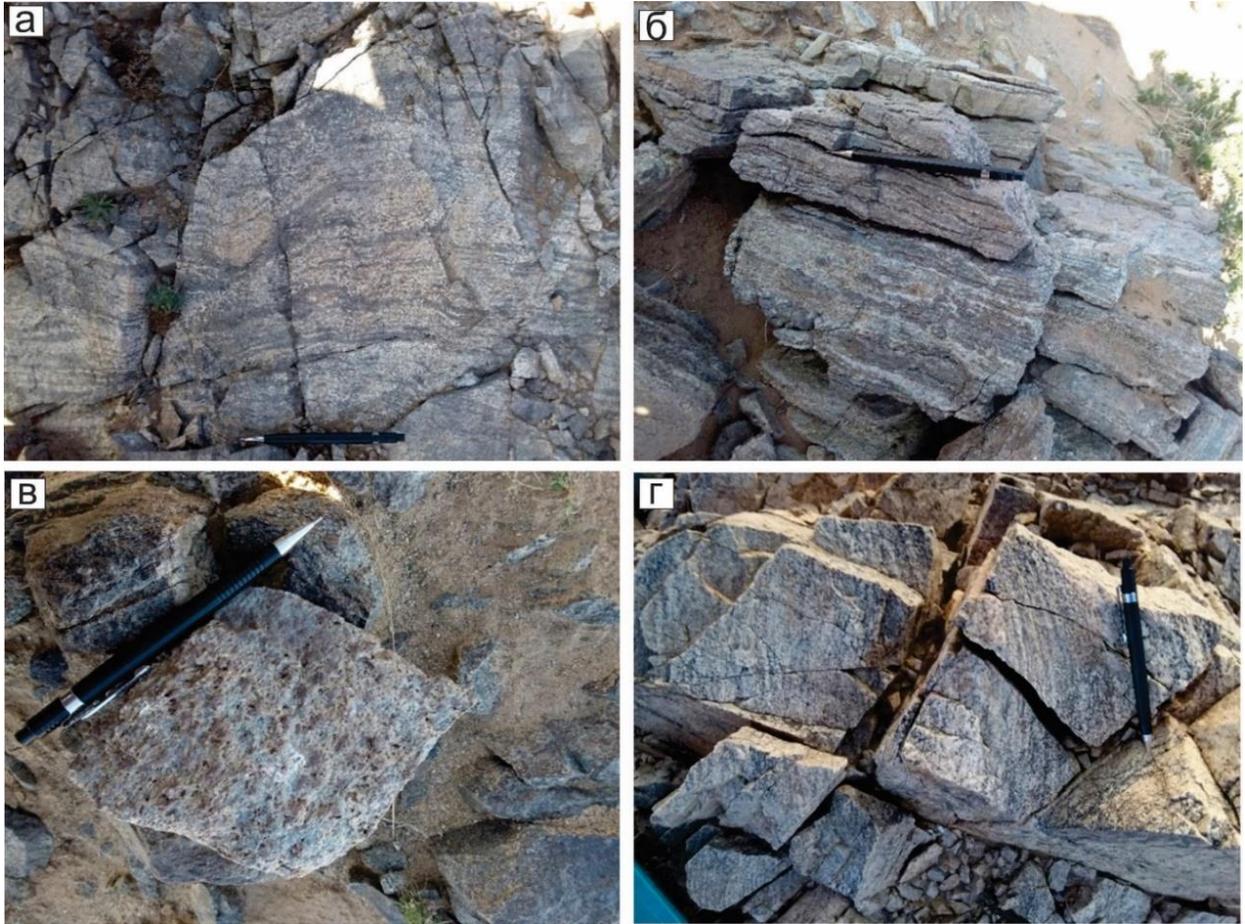


Зураг 150. Судалгаа явуулсан талбайнуудын геологийн ба сансрын зураг.  
 Жич: Геологийн зүсэлт ба дээжлэлт хийсэн цэгүүдийн байршилгыг зураг тус бүрийн хэмжээнд харуулсан болно.

**Хутаг-Уул метакомплекс ба Норовзээг формац.** Тус метакомплекс ба формацад ялгасан хурдас нь Хүрэнцав уулын өмнөд хэсгээс эхлэн Хоньчийн Баян овоо уул болон Даваа-Овооны уулын өмнөд хэсгийг дамнан зүүн-хойш чиглэлд Задгайтын толгой хүртэл сунасан зурвас талбайд тасалдалтайгаар үргэлжлэн тархана (Зураг 149). Голденберг нар (2724Ф)-ын явуулсан 1:200000 масштабын геологийн зураглалын ажлаар тус зузаалгийн Хүрэнцав уулын баруун өмнөд хэсэгт (К-49-13) тархсан биотитот, биотит-гранатат занар, мигматит, кварцит болон гантиг салаавчилсан хэсгийг архейн төвшинд анх ялгасан бөгөөд биотитот, биотит-гранатат гнейс, үеллэг мигматит болон гнейсийн биотитод Ar-Ar-ны аргаар  $156\pm 6$  ба  $212\pm 12$  с.ж-ийн нас тогтоон тэдгээр насны өгөгдлүүдийг хожуу үеийн давхацмал процесстой холбоотой хэмээн үзсэн байдаг (2724Ф). Харин Дагва-Очир нар (5384Ф) 1:200000 масштабын геологийн зураглалын ажлаараа тус зузаалгийн зүүн үргэлжлэлийг доод протерозойн Норовзээг бүрдэл болон доод-дунд рифейн Өргөн формацад тус тус ялгажээ. Тус зузаалаг тархсан талбай нь 1:50000 масштабын зураглалын ажлуудад хамрагдаагүй бөгөөд сүүлийн жилүүдэд явагдсан УГЗ-200 төслийн ажлаар Норовзээг бүрдэлд ялгасан хэсгийг палеопротерозойн Хутагуул метакомплексод, харин Өргөн формацад зураглагдаж байсан хэсгийг дунд-дээд мезопротерозойн Норовзээг формацад тус тус ялгасан бол хамгийн сүүлд хийгдсэн Монгол орны 1:500000 масштабын геологийн зурагт тэдгээрийг нэгтгэн дээд болон доод хоёр мэмбэртэй палеозойн Хүрэнцав хэмээх формацад ангилжээ (Эрдэнэчимэг нар., 2018, 8480Ф). Ийнхүү өмнө хийгдсэн геологийн зураглалын ажлуудаар тус метаморф зузаалгийг тодорхой насны үндэслэлгүйгээр архейгаас палеозойн төвшинд, өөр өөр формац бүрдлүүдэд ангилж ирсэн нь тус зузаалгийн нас болон гарал үүслийн асуудлыг шийдвэрлэх зайлшгүй шаардлагыг бий болгосон юм. Нөгөөтэйгүүр тус метаморф зузаалаг тархсан талбай нь Монгол орны террейний зурагт Хутаг Уулын террейнд ангилагдаж байсан (Badarch et al., 2002) бол сүүлийн үеийн тектоник мужлалаар Өмнөд Говийн массивын Нүхэтдавааны блокод ангилагдах болсоныг (Төмөртоогоо, 2014, 2017) тэмдэглэх нь зүйтэй.

Хээрийн судалгааны ажлаар бид Хутаг-Уул метакомплексор зураглагдаж ирсэн зузаалгийн ажиглалт судалгааг зүүн ба баруун талд хоёр зүсэлтийн дагууд хийсэн.

Эхний зүсэлт буюу баруун талд хийсэн ажиглалт судалгаагаар зузаалгийн бүрэлдэхүүнд нийцлэг байрлалтай, гранат агуулсан хар саарал ба цайвар саарал гнейс (дээж 2551, 2551-2), занар (дээж 2551-5, 2552), занаржсан шохойлог элсэн чулуу (дээж 2551-3), амфиболитийн (2551-1) салаавчлал илрэх бөгөөд тэдгээр нь цайвар саарал кварцит ба шохойн чулууны нимгэн үе ба мэшил агуулна (Зураг 151а, б). Мөн хар сааралдуу өнгөтэй, 1 см хүртлэх хэмжээний гранат агуулсан том мөхлөгтэй пироксен-амфиболтой ортогнейсийн жижиг будин тогтоогдсон (дээж 2552, 20/1, 20/2, 20/3). Ерөнхийдөө тус зузаалаг нь харьцангуй өндөр төвшний метаморфизмд автсан, зарим хэсэгтээ эрчимтэй атираажсан байх бөгөөд ялангуяа пироксен-амфиболтой ортогнейсийн хувьд гранулиадад хамааруулах боломжтой бөгөөд гэхдээ энэ нь хязгаарлагдмал тархалттай, хэмжээний хувьд жижиг (50 x 80 см) будин хэлбэртэй байгаа нь ажиглагдана (Зураг 151в).



Зураг 151. Хутаг-Уул метакомплексд зураглагдсан метаморф зузаалгийн чулуулгуудын гаршийн зураг. а) Хар саарал гнейс (дээж 2551), б) Цайвар саарал гнейс (дээж 2551-2), в) Гранат агуулсан пироксен-амфиболтой ортогнейс (2552-1), г) Харангад бүрдлийн гнейсжсэн гранит (2554)

Харангад бүрдлээр зураглагддаг ягаавтар буурал өнгөтэй, жижиг-дунд мөхлөгтэй, янз бүрийн түвшинд гнейсжсэн лейкократ гранитын биетээр түрэгдсэн (дээж 2553, 2553, 2556) байгаа нь тогтоогдов (Зураг 151г). Зузаалаг нь ерөнхийдөө баруун хойш 330-355°-аар унасан, литологийн ялгаатай үеүд нь өөр хоорондоо нийцлэг байрлалтай бөгөөд урагшаагаа Цахиурын толгод хүртэл багахан тасалдалтайгаар үргэлжилнэ. Зүсэлтийн дунд хэсэгт буюу Ширээ толгой орчимд зузаалаг нь деформацад эрчимтэй автаж атираажсан (Зураг 152а) байх бөгөөд ховроор Харангад бүрдлийн гнейсжсэн гранитаар түрэгдсэн байхын зэрэгцээ деформацад автаагүй хожуу үеийн калишпат-плагиоклазат пегматитийн биетийг (дээж 2561) агуулна (Зураг 152б, в). Мөн заримдаа гнейсжилтийн линейшнтэй нийцлэг чиглэл бүхий 5-10 см зузаантай кварцын дайкуудийг агуулна.

**a**Харангад бүрдэл (Np<sub>2h</sub>)

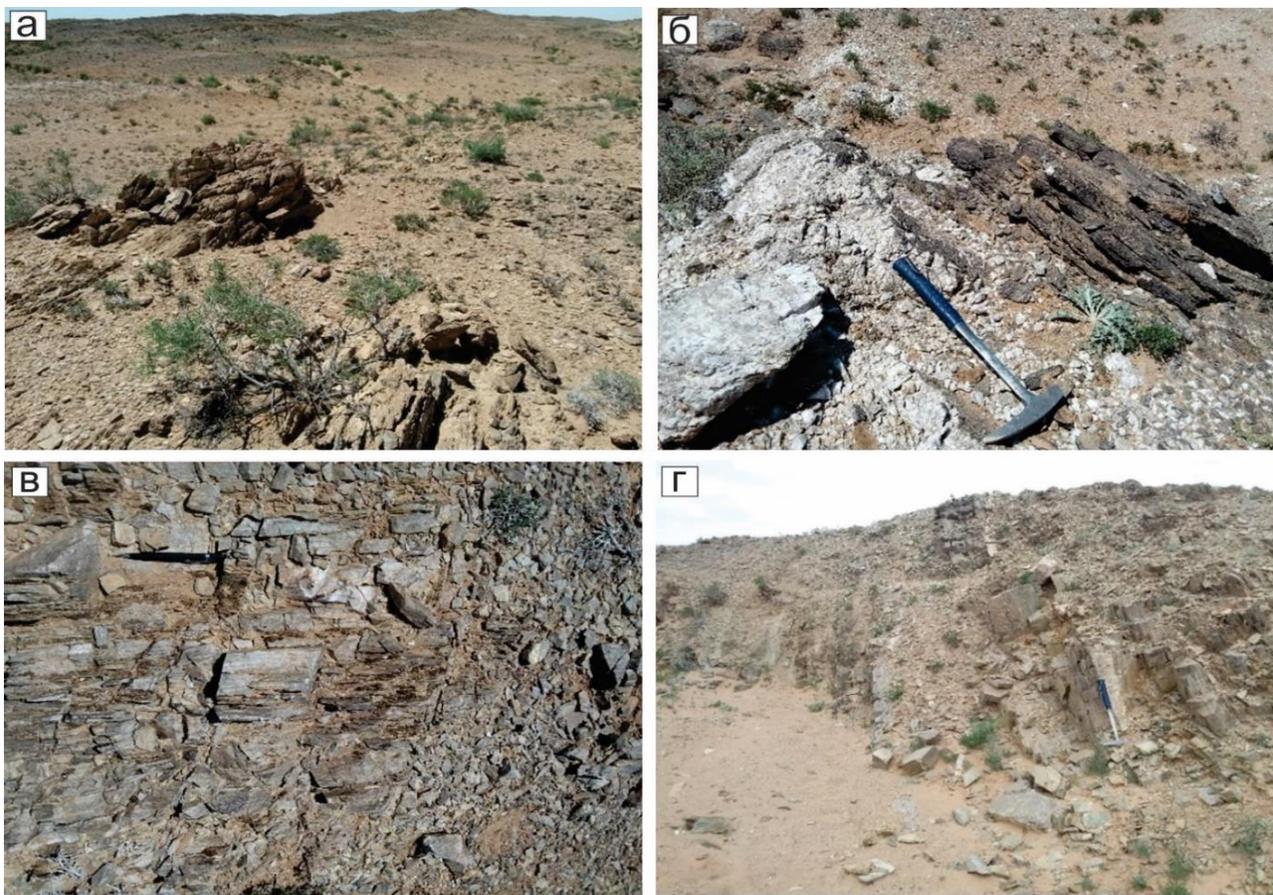
Хутагуул формац (Pphu)



*Зураг 152. Хутаг-Уул метакомплексэд зураглагдсан метаморф зузаалгийн а) Деформацад эрчимтэй автаж атираажсан байдал (дээж 2560/1 – 2560/5), б) Цайвар саарал гнейс (дээж 2557) ба амфиболтой занарын (дээж 2558) салаавчлал, в) Деформацад автаагүй плагиоклаз-клишпатат пегматитийн жижиг биет*

Харин зүсэлтийн доод хэсэг буюу Хошуу цав уулын зүүн талд зузаалгийн бүрэлдэхүүнд гранат агуулсан хар сааралдуу өнгийн биотиттой занар ба мөн гранат агуулсан цайвар саарал гнейс (дээж 2562, 2563) зонхилно. Энд тэмдэглэхэд Харангад бүрдлээр зураглагдсан гранит-гнейсийн гнейсжилтийн фолиэшн нь зузаалгийн гнейсжилтийн фолиэштэй нийцлэг баруун хойш байгааг хэд хэдэн ажиглалтын цэгийн хэмжээнд тогтоосон бөгөөд энэ нь тэдгээрийг нэгэн цаг үед хамтдаа деформацад автсаныг илэрхийлнэ.

Хутаг-Уул метакомплексаар зураглагдсан тус зузаалгийн зүүн талд хийсэн зүсэлтийн хэмжээнд цайвар саарал гнейс (дээж SM27/12, SM27/20, SM27/22), хар саарал кварц-биотиттой гнейс (дээж SM27/14, SM27/17), боровтор болон бор саарал занаржсан шохойлог элсэн чулуу (дээж SM27/11, SM27/16, SM27/13, SM27/16) зэрэг чулуулгууд ээлжлэн салаавчилсан байх бөгөөд бага хэмжээгээр цайвар саарал кварцитийн (дээж SM27/18) үе тохиолдохоос гадна нилээд зузаантай цагаан өнгийн гантигний үе (дээж SM27/15) илэрнэ (Зураг 153).

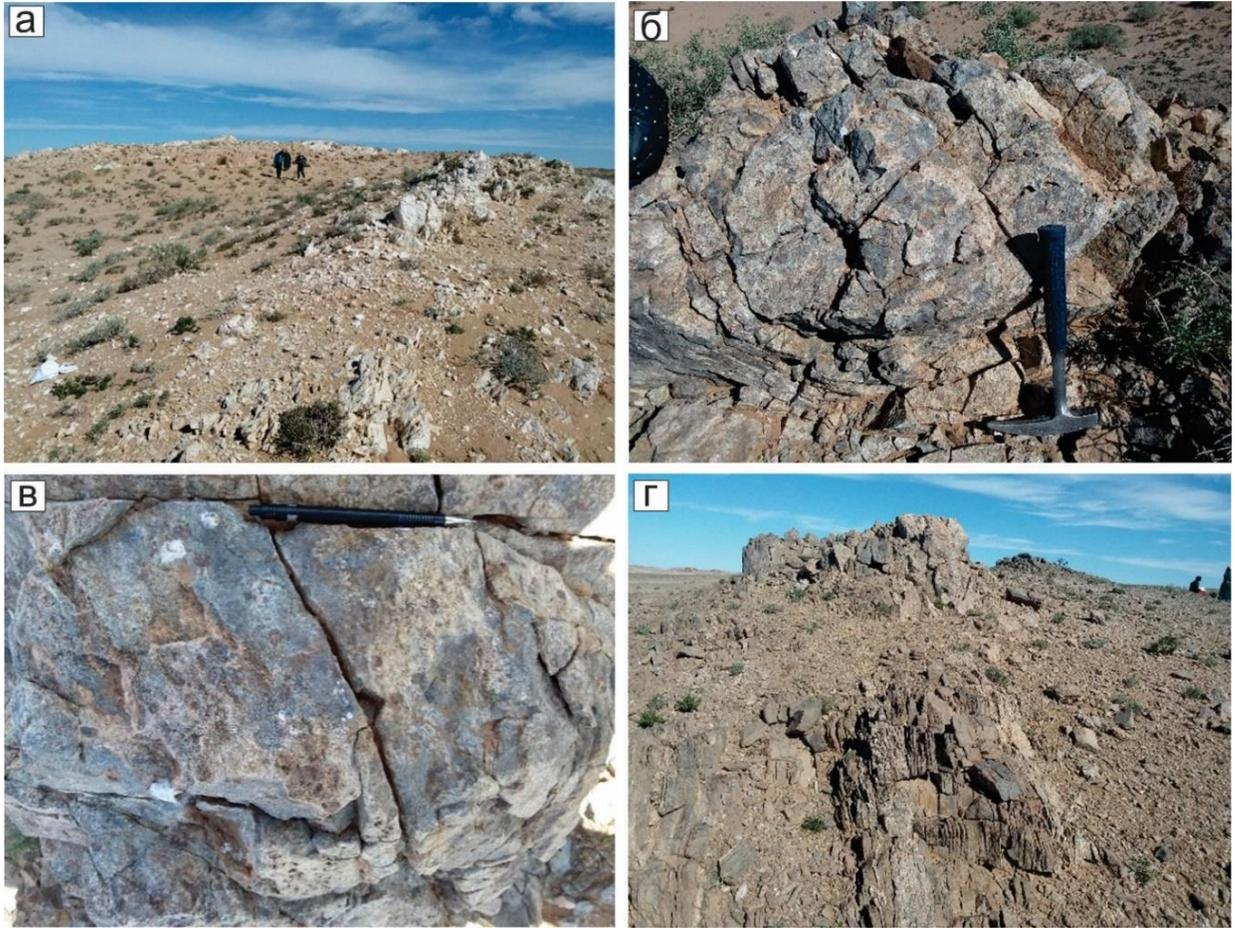


Зураг 153. Хутаг-Уул метакомплексэд зураглагдсан метаморф зузаалгийн а) Бор саарал занаржсан шохойлог элсэн чулуу (дээж SM27/16), б) Хар бараан кварц-биотиттой гнейс (дээж SM27/17), в) Цайвар саарал кварцит (дээж SM27/18), г) мусковиттой гнейс (дээж SM27/22)

Хутаг-Уул метакомплексээр зурагласан дээр дурдсан зузаалаг нь хойд талд байрлах Норовзээг формацаар зураглагдсан хурдсаас тектоник хагарлаар зааглагдана (Зураг 150а).

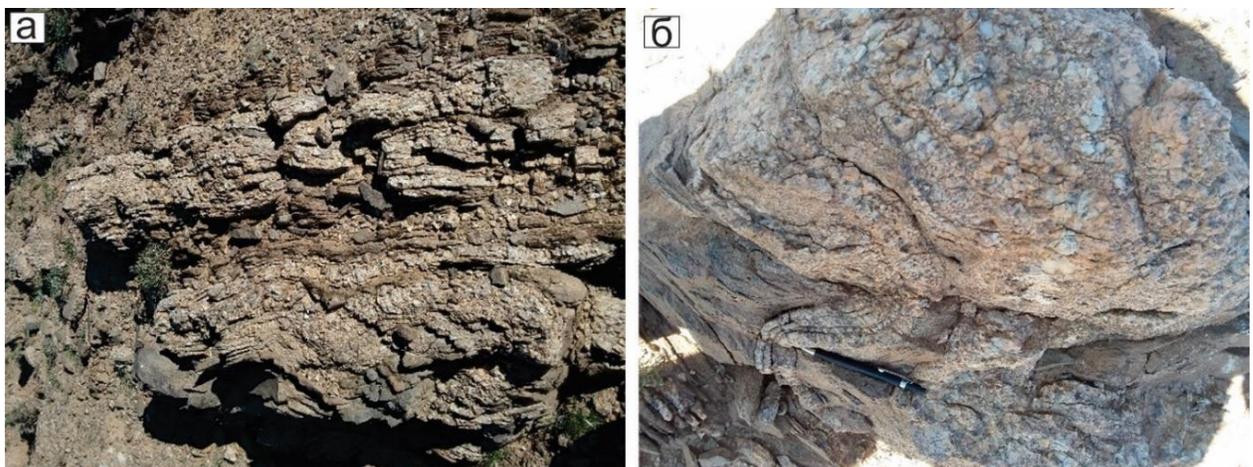
Мезопротерозойн Норовзээг формацаар ангилагдаж ирсэн талбайн хэмжээнд бид мөн 2 зүсэлтийн хэмжээнд ажиглалт судалгааг явуулсан.

Баруун талд хийсэн ажиглалтын явцад зузаалгийн бүрэлдэхүүнд цагаан өнгийн гантиг (дээж 2565), гранат агуулсан хөхөвтөр саарал өнгийн гнейс (дээж 2566), мөн тунамал протолиттой байх магадлал бүхий бараавтар саарал өнгийн кварц-мусковиттой занар (дээж 2567) илэрнэ (Зураг 154а-г).



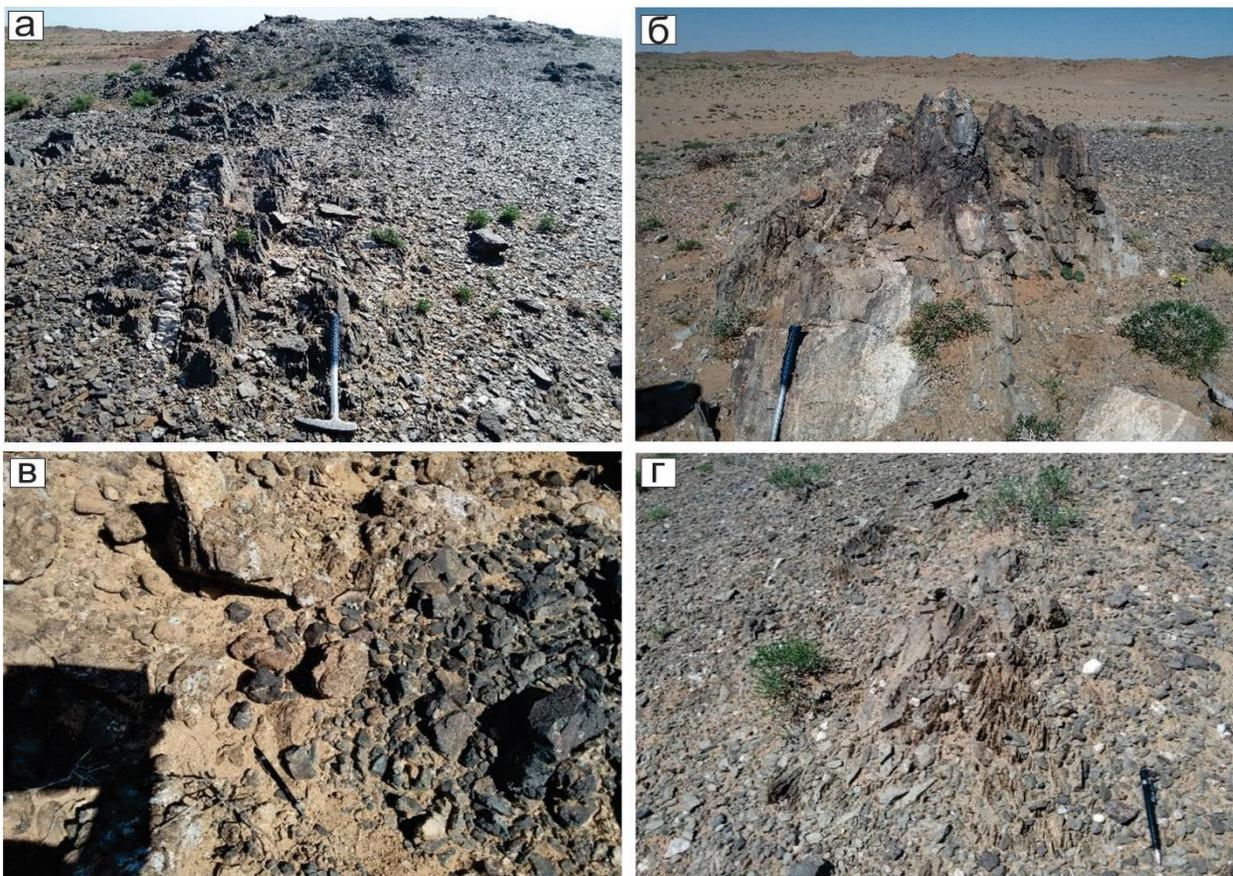
Зураг 154. Норовзээг формацаар ангилагдсан зузаалгийн гаршийн зураг. а) Гантигний үе, б-в) гранат агуулсан хөхөвтөр саарал гнейс, г) Пегматит агуулсан кварц-мусковиттой занар

Занар нь пегматитын багахан зузаантай судлуудыг агуулах бөгөөд зааг хэсэгт нь гранат болон 0.8 см хүртлэх хэмжээтэй цагаан өнгийн гялтгануур үүссэн байна. Мөн пегматит ба занар нь хамтдаа деформацад автаж атриажсан байгаа нь ажиглагдав (Зураг 155).



Зураг 155. Кварц-мусковиттой занар ба пегматитийн хил зааг, деформацад автсан байдал

Норовзээг формацаар зураглагдсан зузаалгийн зүүн хэсэг буюу Сухайтын худгаас өмнө зүгт хийсэн зүсэлтийн хэмжээнд хар саарал (дээж SM27/1), цайвар саарал (дээж SM27/2, SM27/9), цайвар шаргал (дээж SM27/7) жижиг болон дунд мөхлөгт гнейс, боровтор шаргал занаржсан шохойлог элсэн чулуу (дээж SM27/4), хар ногоон амфиболит (дээж SM27/5) зэргийн салаавчлал тогтоогдоно. Гнейсүүд нь ихэнхдээ гранат агуулах бөгөөд суналын чиглэлтэй нийцлэг кварцын 10 см хүртлэх зузаантай нимгэн судлуудаар нэвчигдсэн, мөн зарим хэсэгтээ пегматит агуулж байгаа нь ажиглагдана (Зураг 156). Гнейсүүд нь заримдаа дунд неопротерозойн Харангад бүрдлээр зураглагдсан гнейсжсэн гранитын биетийн дунд үлдэц байдалтайгаар илрэнэ. Тус дүүрэгт дунд неопротерозойгоор наслуулсан Харангад бүрдлийн хэмжээнд насны найдвартай үндэслэл байхгүй бөгөөд 2018 онд хийгдсэн Монгол Улсын 1:500000 масштабын геологийн зурагт хожуу юра (J<sub>3</sub>)-д ангилагдсан байдаг (Эрдэнэчимэг нар., 2018).



Зураг 156. Норовзээг формацаар ангилагдсан зузаалгийн гаршийн зураг. а) Хар саарал гнейс, б) Гранат агуулсан жижиг мөхлөгт гнейс, в) Занарсан шохойлог элсэн чулуу ба амфиболитийн хил зааг, г) Цайвар саарал гнейс

Дээр дурдсан хээрийн геологийн судалгаанаас авч үзвэл тус дүүрэгт палеопротерозойн Хутаг-Уул метакомплекс ба мезопротерозойн Норовзээг формацад тус тус ангилагдсан зузаалгуудыг голлон бүрдүүлж буй чулуулгуудын литологийн найрлага ерөнхийдөө ойролцоо байгаа нь тэдгээрийг нэг формацад ангилах нь зүйтэй

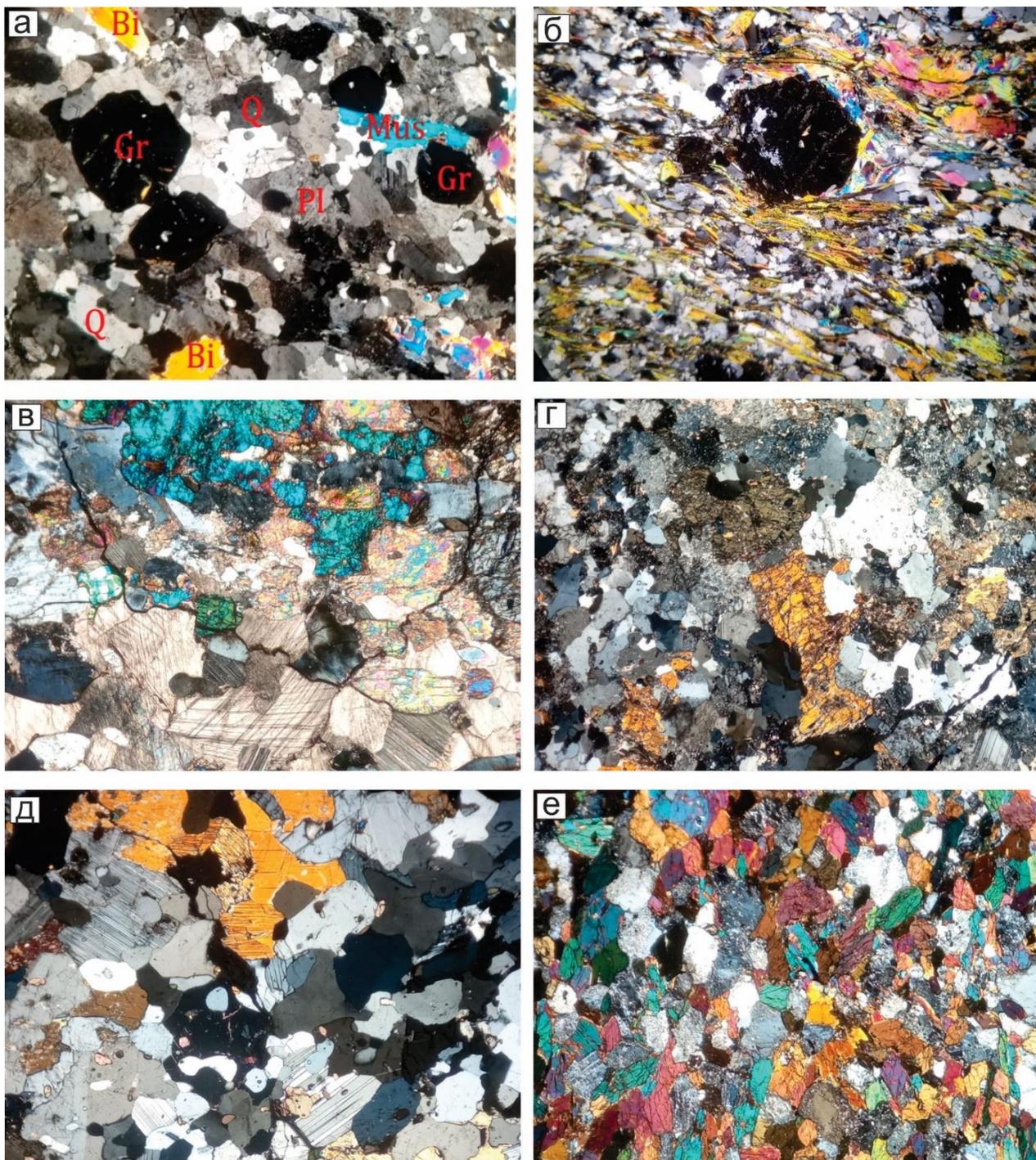
байхаар байна. Гэхдээ энэхүү таамаглалыг чулуулгийн петрографи болон геохимийн онцлогоор нь давхар харьцуулан шалгах нь зүйтэй гэж үзлээ.

**ПЕТРОГРАФИ.** Палеопротерозойн Хутаг-Уул метакомплекс ба мезопротерозойн Норовзээг формацад ангилагдсан зузаалгуудыг бүрдүүлж буй чулуулгуудын петрографийн судалгааны дүнгээс төлөөлөл болгон доор товч харуулав.

**Гранат агуулсан биотитот гнейс (Дээж SM27-1, SM27-1, SM2552-1).** Чулуулаг нь дунд-том мөхлөгтэй, кварц (60-65%), плагиоклаз (10-15%), биотит (15-20%), гранат (5-10%) зэргээс тогтоно. Гранобласт структуртай, гнейслэг текстуртай. Кварцын мөхлөгүүд нь 0.1-1.25 мм хүртэл хэмжээтэй ба зарим мөхлөгүүд нь деформацийн нөлөөгөөр долгиолог унтралттай болсон байна. Плагиоклаз нь 0.2-0.75 мм хэмжээтэй, зарим мөхлөгүүд нь бага зэрэг серицитжсэн, полисинтет ихэрлэлт тод ажиглагдана. Биотитын мөхлөгүүд 0.3-1.0 мм хүртэл хэмжээтэй, урт нарийн хуудсархаг агрегатууд нь гнейсжилтийн чигийн дагуу сунаж тогтсон байна. Гранатын мөхлөгүүд нь изометрлэг хэлбэртэй, 0.2-2.2 мм хүртэл хэмжээтэй, мөхлөгүүд нь ихэнхдээ эвдэрч бутарсан, ан цавууд нь серицитээр түрэгдсэн байх ба хагарч бутарсан хоосон орон зайг нь хоёрдогч кварцын жижиг мөхлөгүүд дүүргэжээ ([Зураг 157а](#)).

**Хоёр гялтгануурт гнейс (Дээж SM27-4).** Чулуулаг нь жижиг-дунд мөхлөгтэй, кварц (55-60%), мусковит (30-33%), гранат (8-10%), биотит-хлорит (5-7%)-оос тогтоно. Ксеноморф структуртай, гнейслэг текстуртай. Хоёрдогч кварцын мөхлөгүүд нь харьцангуй жижиг 0.1-0.2 мм хүртэл хэмжээтэй, зөв бус хэлбэртэй, мөхлөгүүд нь метаморфизмын нөлөөгөөр долгиолог унтралттай болсон бөгөөд чулуулагт жигд тархсан байна ([Зураг 157б](#)). Мусковит нь 0.1-0.5 мм хэмжээтэй, урт нарийн агрегатууд гнейсжилтийн чигт сунаж тогтоно. Гранатын мөхлөгүүд нь изометрлэг хэлбэртэй, 0.1-1.25 мм хүртэл хэмжээтэй, деформацид орсны нөлөөгөөр хагарч бутарсан байх бөгөөд хоёрдогч кварцаар түрэгдэж зах хэсгээрээ серицитээр түрэгдсэн байна. Биотит болон хлорит нь 0.05-0.1 мм хүртэлх хэмжээтэй, урт нарийн жижиг зүүлэг агрегатууд нь мөн адил чулуулгийн гнейсжилтийн дагуу сунаж тогтжээ.

**Занаржсан шохойлог элсэн чулуу (Дээж 2551-3).** Чулуулгийг 0.3-1 мм хэмжээтэй изометрлэг ксенобласт ширхэгт карбонат (75 – 80%) болон диопсидын янз бүрийн хэмжээтэй хэмхдэслэг, призмлэг мөхлөгүүд (15 -20%) голчлон бүрдүүлнэ ([Зураг 157в](#)). Харьцангуй багаар плагиоклаз, кварцын (4 -5%) изометрлэг жижиг мөхлөгүүд оролцсон байна. Гетерогранобласт структуртай, параллель чиглэлт сулхан үеллэг структуртай. Уг чулуулгийн нарийн үеллэг тогтоц пироксений ширхэгүүдийн цуварсан байршлаар тодорхойлогдоно. Тэдгээр мөхлөгүүд үелэлийн чиглэлийн дагуу параллеллаар ан цавшсан байна. Плагиоклазын ширхэгүүд заримдаа сулхан серицитжсэн ба зарим нь бараан тоослог массаар бохирлогдож булингартжээ.



Зураг 157. Метаморф зузаалгийн голлох чулуулгуудын шлифийн зураг. а) Гранат агуулсан биотитот гнейс (Дээж SM27/1), б) Хоёр гялтгануурт гнейс (Дээж SM27-4), в) Занаржсан шохойлог элсэн чулуу (Дээж 2551-3), г) Амфибол-пироксент гнейс (Дээж SM27-14), д) Пироксен-плагиоклазат гнейс (Дээж 2552-1), е) Амфиболит (Дээж SM2551-1). Өсөөлт 4x,

**Амфибол-пироксент гнейс (Дээж SM27-14).** Бүрдүүлэгч плагиоклаз, кварц (65-70%) нь хоорондоо нягтарч талсжсан, нийтдээ жигд изометрлэг жижиг (0.3-0.4 мм-ээс томгүй) мөхлөгүүдийг үүсгэнэ. Плагиоклаз нь сулхан серицитжсэн ба дундлаг бүлгийн найрлагатай. Амфибол нь харьцангуй урт (0.6-1.2 мм), ногоодуу шар өнгөтэй, жигд

бус зах хүрээтэй, чиглэлтэй параллель байршилтай мөхлөгүүд байх бол моноклин пироксен - диоксид-авгитын бүлгийн оптик шинжтэй, өнгөгүй, өргөн призмлэг, нилээд эвдэрч бутарсан, хүдэрлэг бараан агрегаттай эвшсэн анхдагч призмлэг хэлбэр нь хааяа хадгалагдсан мөхлөгүүдийг үүсгэн тархсан. Амфибол ба пироксений мөхлөгүүд хоорондоо холилдсон юм уу, түрсэн, зүссэн харьцаа төдийлөн байхгүй, ганц нэг тохиолдолд тэгш заагтай нийлсэн байгаа нь ажиглагдлаа. Чулуулаг нь лепидогранобласт структуртай, субпараллель, үеллэг текстуртай (Зураг 157г).

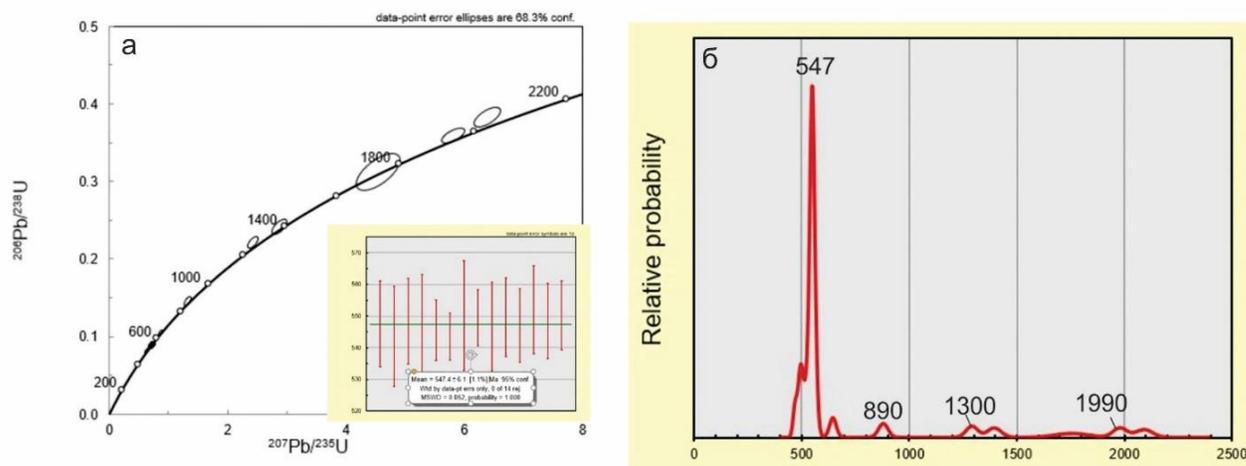
**Пироксен-плагиоклазат гнейс (Дээж 2552-1).** Чулуулаг нь плагиоклаз (50-55%), пироксен (30-35%), кварц (~13-15%) зэргээс тогтоно. Гранобласт структуртай, цул текстуртай. Чулуулаг бүрдүүлэгч голлох эрдсүүд нийтдээ ксеноморф буюу талстлаг хэлбэр муутай, хоорондоо нягт ургалттай 0,8 мм хүрэх хэмжээний мөхлөгүүдийг үүсгэнэ (Зураг 157д). Плагиоклаз сайн тод харагдах полисинтетик ихэрлэлтэй, гэрлийн хугарал өндөртэй (кварцаас өндөр) анортит-битовнитын (N 55-65) суурилаг эгнээнд хамаарна. Хоёрдогч хувиралд бараг өртөөгүй, тунгалаг харагдана. Пироксен нь өнгөгүй ба сулхан бор сааралдуу туяатай, хос гэрлийн хугарал доогуур (тод шараас өндөргүй буюу:  $ng'-np' \sim 0.010-0.012$ ), голдуу 0.1-0.6 мм хүрэхээр урттай, талстлаг хэлбэргүй мөхлөгүүд байна. Хааяа томоохон хэмжээний 2-2.5 мм хүрэх хэмжээний каркаслаг мөхлөг тааралдана. Ийм оптикийн үзүүлэлттэй пироксен клиноэнстатидад хамаарагдана. Кварц нь жижиг бөөрөнхийгээс 0.5 мм хүрэхээр хэмжээтэй изометрлэг мөхлөгүүд нилээд жигд тархалттай. Пироксен, плагиоклазын том мөхлөгүүд дотор жижигхэн бөөрөнхий дусал маягийн ширхэгүүд агуулагдсан байна. Акцессор эрдсүүдээс сфен жижиг ромбо хэлбэрийн талст ба хэлбэргүй, өндөр интерфренцийн өнгөтэй бор шаргалдуу өнгө, өндөр рельефээр тод ялгарна. Мөн хүдрийн эрдсийн жижиг бөөгнөрөл хааяа энд тэнд үзэгдэнэ.

**Амфиболит (Дээж SM2551-1).** Чулуулаг нь амфибол (80 – 85%), пироксен (10 – 12%), плагиоклаз (3 – 4%) зэргээс тогтоно. Лепидогранобласт структуртай, параллель чиглэлтэй занарлаг текстуртэй. Амфибол нь шаргал ногоон өнгөтэй, 1 – 2 мм хүртэл уртай параллель чиглэлтэйгээр сунасан хэлбэртэй, плагиоклаз нь 0.5 – 0.7 мм орчим хэмжээтэй, изометрлэгдүү хэлбэртэй, нилээд хувирч серицитжсэн байна (Зураг 157е). Мөн амфиболоос гадна занаршлын нарийн ан цавтай, түүгээр нь үүссэн хүдэрлэг бараан агрегатаар нилээд хэмжээгээр бохирлогдсон, өндөр интерфренцийн өнгөтэй, урт нарийн үе байдалтай ялгарсан моноклин пироксений диопсидын бүлгийн эрдэс тогтоогдоно. Акцессор эрдсүүдээс сфен ховор тохиолдоно.

**ГЕОХРОНОЛОГИ.** Алаг баян уулын дүүрэгт палеопротерозойн Хутаг-Уул метакомплекс, мезопротерозойн Норовзээг формацад ангилагдсан метаморф зузаалгийн насны асуудлыг шийдвэрлэх зорилгоор мусковит-хлоритот гнейсийн SM27/22 (M14918-161), гранулитийн будины 2552 дээжнүүдээс ялгасан цирконуудад U-Pb-ны геохронологийн шинжилгээг явуулсан.

**Мусковит-хлоритот гнейс. Дээж SM27/22.** Тус дээжийг Хатавчийн худаг орчимд палеопротерозойн Хутаг-Уул метакомплексээр зураглагдсан мусковит-хлориттой

гнейсийн зузаалгаас (43°36'44.3"; 108°37'28.2") авсан (Зураг 153г). Тус дээжнээс ялгасан 26 цирконыг үнэмлэхүй насны шинжилгээнд хамруулсанаас 95%-оос дээш итгэлцүүр бүхий өндөр нарийвчлалтай 22 конкорд өгөгдлийг үнэмлэхүй насны боловсруулалтанд ашиглав. Тус дээжнээс ялгасан цирконууд нь бүгд тод илэрсэн бүслүүрлэг тогтоцтой, Th/U харьцаа 0.29 ба 3.74 хооронд хэлбэлзэж байгаа нь тэдгээрийг маагмын циркон болохыг харуулна. U-Pb аргаар хийсэн үнэмлэхүй насны хэмжилтээр гнейсийн цирконуудын бүрэлдэхүүнд 1977 ± 39 с.ж.-ээс 504 ± 12 с.ж.-ийн настай цирконууд тогтоогдоно. Эдгээрийн дотроос 552 ± 14 ба 544 ± 12 с.ж. хооронд  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  нас нь хэлбэлзэх дээд неопротерозойн циркон ихэнх хувийг эзлэх (68%) бөгөөд тэдгээр нь 547 с.ж дээр гол пик нь байрлах үнэмлэхүй насны голлох нэг популяцийг үүсгэнэ (Зураг 158а, б).



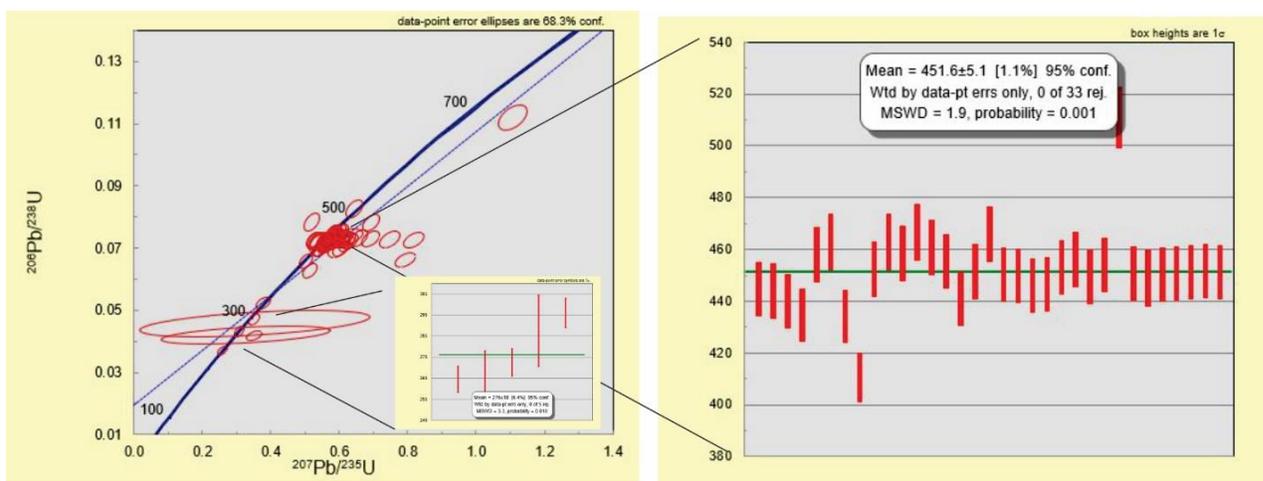
Зураг 158. Гнейсийн 27/22 дээжний зөөгдмөл цирконуудын а) Үнэмлэхүй насны конкордийн диаграмм, б) Тархалтын гистограмм, в) Хамгийн залуу насны популяцийн дундаж утгын диаграмм

Мөн 1977 ± 39 – 1717 ± 78 с.ж ба 1350 ± 32 – 1183 ± 27 с.ж-ийн  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  настай дээд палеопротерозой ба дунд мезопротерозойн настай болон 877 ± 22 ба 643 ± 16 с.ж-ийн  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  настай доод ба дунд неопротерозойн цирконууд багахан хэмжээгээр тохиолдоно (Зураг 158б).

Энэ бүгдээс авч үзвэл цирконуудын бүрэлдэхүүнд тогтоогдсон хамгийн залуу популяци болох 547 с.ж дээр гол пик нь төвлөрсөн 552 ± 14 ба 544 ± 12 с.ж. хооронд  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  нас нь хэлбэлзэх цирконуудын насны жигнэсэн дундаж болох 547.4 ± 12 с.ж-ийн насны өгөгдлөөр тус парагнейсийн зузаалийн хурдас хуримтлалын насны доод хязгаарыг тогтоож болно. Өөрөөр хэлбэл тус зузаалаг нь 547 с.ж-ээс хожуу буюу хожуу неопротерозойн сүүл – кембрийн эхэн үед хуримтлагдсан байх боломжтой байна.

**Гранулит. Дээж 2552-1.** Тус дээжийг Ширээ толгой орчимд палеопротерозойн Хутаг-Уул метакомплексор зураглагдсан занар, гнейс, амфиболитийн салаавчилсан зузаалгийн дунд илэрсэн гранат агуулсан гранулитийн будинаас (43°36'08.7"; 108°29'51.0") авсан (Зураг 151в). Тус дээжнээс ялгасан 72 цирконыг үнэмлэхүй насны шинжилгээнд хамруулсанаас 95%-оос дээш итгэлцүүр бүхий өндөр нарийвчлалтай 38 конкорд өгөгдлийг үнэмлэхүй насны боловсруулалтанд ашиглав. Цирконуудын CL

зураг ба Th/U харьцааны өгөгдлүүдийг харьцуулан авч үзвэл Th/U харьцаа нь 0.29 ба 0.91 хооронд хэлбэлзэх маагмын гаралтай (33 циркон), мөн харьцаа нь 0.02 ба 0.14 хооронд хэлбэлзэх метаморф гаралтай цирконуудыг (5 циркон) тус тус ялгаж болно. Иймээс маагмын цирконуудын насны дундаж өгөгдөл нь тус гранулитийн будины талсжсан цаг хугацааг заах бол метаморф цирконуудын өгөгдөл нь метаморфизмд автсан цаг хугацааг заах боломжтой гэж үзлээ. Конкорд өгөгдлүүдийн насны байдлыг авч үзвэл маагмын гаралтай цирконуудын  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  нас нь  $411 \pm 10$  ба  $467 \pm 11$  с.ж хооронд хэлбэлзэх бөгөөд тэдгээрийн дундаж болох  $451.6 \pm 5.1$  с.ж-ийн насны өгөгдлийг тус будины талсжилтын нас гэж үзлээ (Зураг 159а, б). Өөрөөр хэлбэл тус будин нь хожуу ордовикийн цаг үед үүссэн байна. Харин метаморф цирконуудын нас нь нилээд хэлбэлзэлтэй, дундаж өгөгдлийг найдвартай тооцох боломжгүй байгаа боловч 5 цирконы үнэмлэхүй насны дундаж болох  $276 \pm 16$  с.ж насны өгөгдлөөр будины метаморфизмд автсан цаг хугацааг түрүү пермээс хожуу пермийн түвшинд хэмээн барагцаалж болохоор байна (Зураг 159а, в).



Зураг 159. Гранулитийн будины 2552 дээжний а) Үнэмлэхүй насны конкордийн диаграмм, б) маагмын цирконуудын жигнэсэн дундаж утгын диаграмм, в) Метаморф цирконуудын жигнэсэн дундаж утгын диаграмм

Ийнхүү Алаг баян уулын дүүрэгт тархалттай метаморф зузаалгийн парагнейс болон зузаалагт агуулагдах гранулитийн (амфибол-пироксент ортогнейс) будины цирконуудын геохронологийн шинжилгээний дүнгээр тус метаморф зузаалгийг 547 с.жээс хожуу буюу түрүү кембрийн эхэн үед хуримтлагдсан бөгөөд  $451.6 \pm 5.1$  с.ж-орчимд буюу хожуу ордовикийн цаг үед тус бүс нутгийн хэмжээнд гранулитийн фаацын метаморфизм явагдсан байх магадлалтай байна. Мөн гранулитийн будинд тогтоогдсон метаморф цирконуудын насны өгөгдлөөр тус бүс нутгийн хэмжээнд мөн пермийн цаг үед ч метаморфизм эсвэл гидротермал уусмалын идэвхжилт явагдсан байх магадлалтай байна.

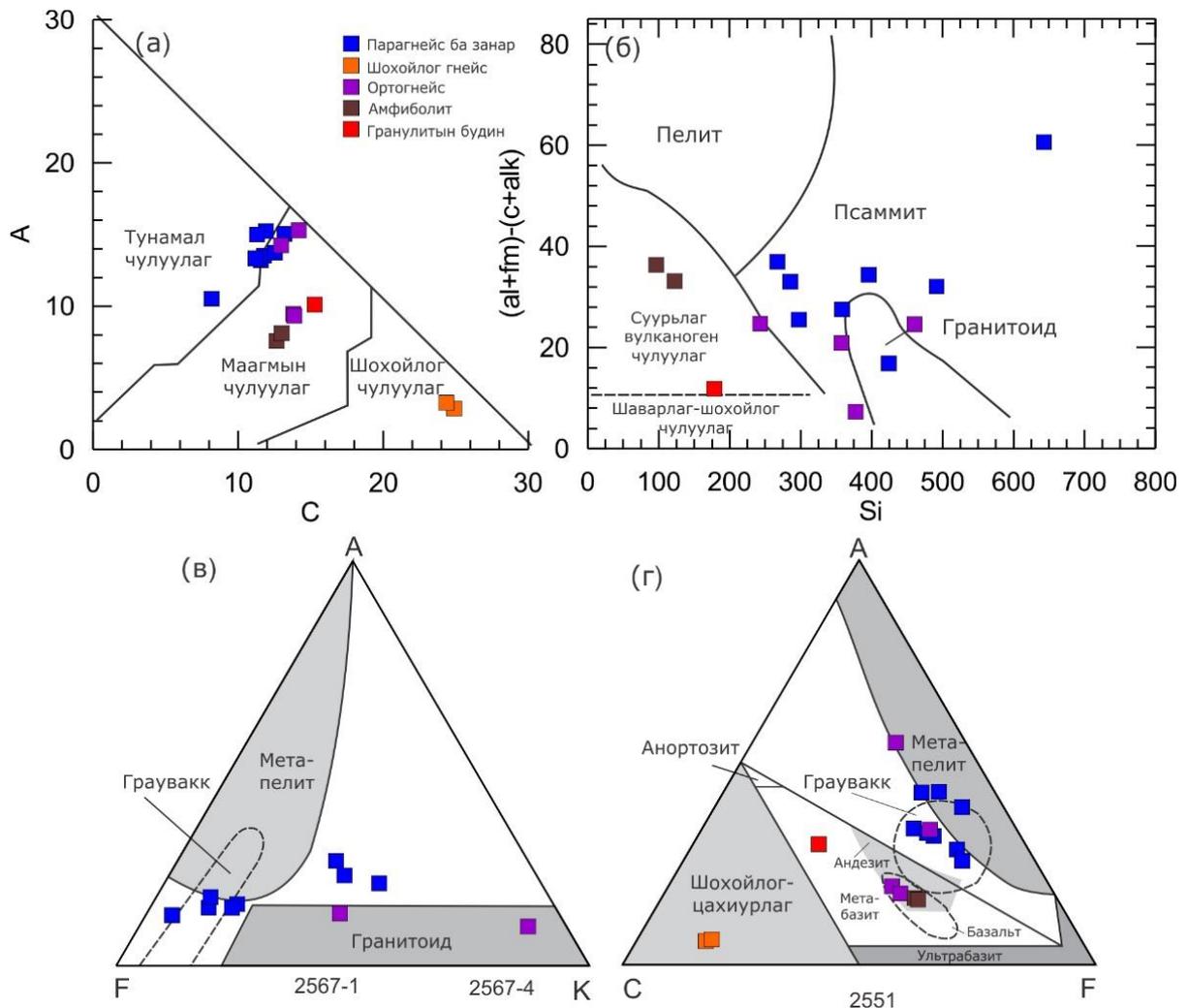
Мөн хээрийн судалгааны явцад хийгдсэн ажиглалт судалгаа болон петрографийн судалгааны дүнгээр Алаг баян уулын дүүрэгт Хутаг-Уул метакомплекс ба Норовзээг формацаар зураглагдсан метаморф зузаалгийн бүрэлдэхүүнд зонхилон тохиолддог гнейс, занар, амфиболит зэрэг чулуулгууд нь хоорондоо эрдсийн бүрэлдэхүүн ба

бодисын найрлагын хувьд ижил байгаа нь тогтоогдсон тул бид эдгээр зузаалгуудыг нэгтгэн Норовзээг формацад ангилж насыг нь судалгааны өнөөгийн түвшинд дээд неопротерозойд ангиллаа.

## ГЕОХИМИ.

Геохимийн шинжилгээний өгөгдлүүдийг боловсруулахын тулд юуны түрүүнд тэдгээр чулуулгийн эх үүсвэр буюу анхдагч протолитийг тогтоох зорилгоор Симонин ба Нематовын диаграммуудаас гадна A-F-K, A-F-C зэрэг гурвалжин диаграммуудыг ашиглав (Зураг 160).

Симонин ба Нематовын диаграммуудыг ашиглан боловсруулалт хийж үзэхэд амфиболит нь суурилаг маагмын чулуулаг буюу базальтаар, гранулитын будин нь маагмын чулуулгаар, ихэнх гнейсүүд нь тунамал чулуулгаар үүссэн болох нь тус тус харагдах боловч зарим тохиолдолд гнейсүүд тодорхой ялгагдахгүй байгаа нь ажиглагдана (Зураг 160а, б).

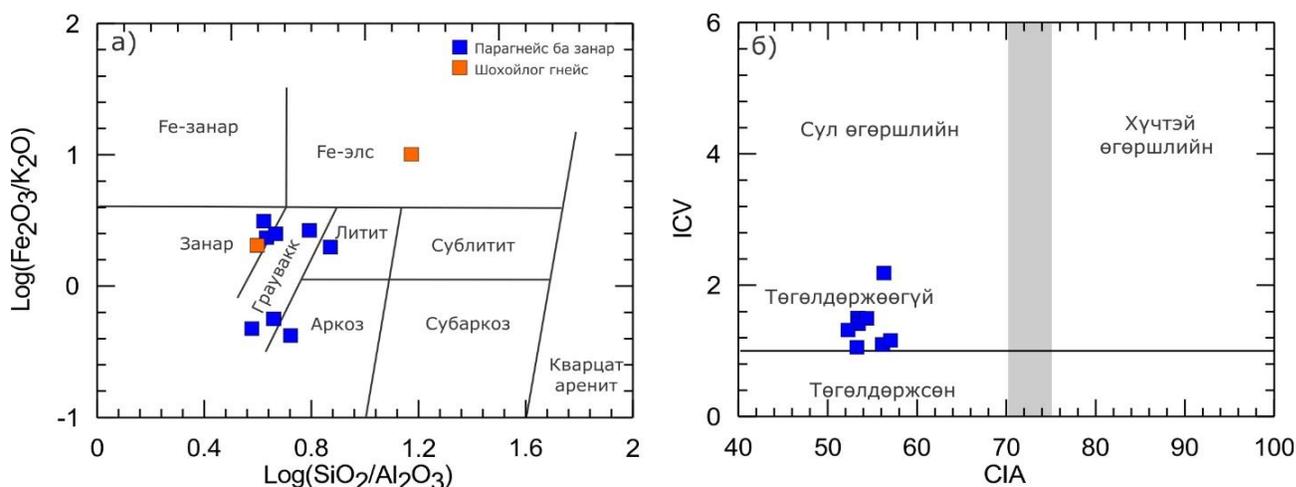


Зураг 160. Норовзээг формацын метаморф чулуулгуудын анхдагч протолитийг тогтоох а) А.Нематовын диаграмм, б) А.Симонены диаграмм, в-г) А-К-F ба А-С-F гурвалжин диаграмм (Cornell et al., 1996).

Иймээс маагмын болон тунамал гаралтай гнейсүүдийг хамгийн ялгахад хамгийн тохиромжтойд тооцогддог A-F-K ба A-F-C гурвалжин диаграммуудыг ашиглаж үзвэл ихэнх гнейс нь тунамал чулуулгаар үүссэн нь батлагдах бөгөөд харин гранат агуулсан биотиттой гнейс (2567-1, 2567-4) болон кварц-хлорит-амфиболтой гнейс, пироксен-амфиболт гнейс (2551, SM27/14) зэрэг нь маагмын чулуулгаар үүссэн байхаар байна (Зураг 160в, г). Занаржсан шохойлог гнейсийн хувьд тунамал гаралтай тод ялгагдана (Зураг 160а, г).

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

Химийн найрлагын хувьд эдгээр чулуулгуудын протолит нь аркоз, литит, граувакк ба занарлаг чулуулагт хамаарагдана (Зураг 161а).

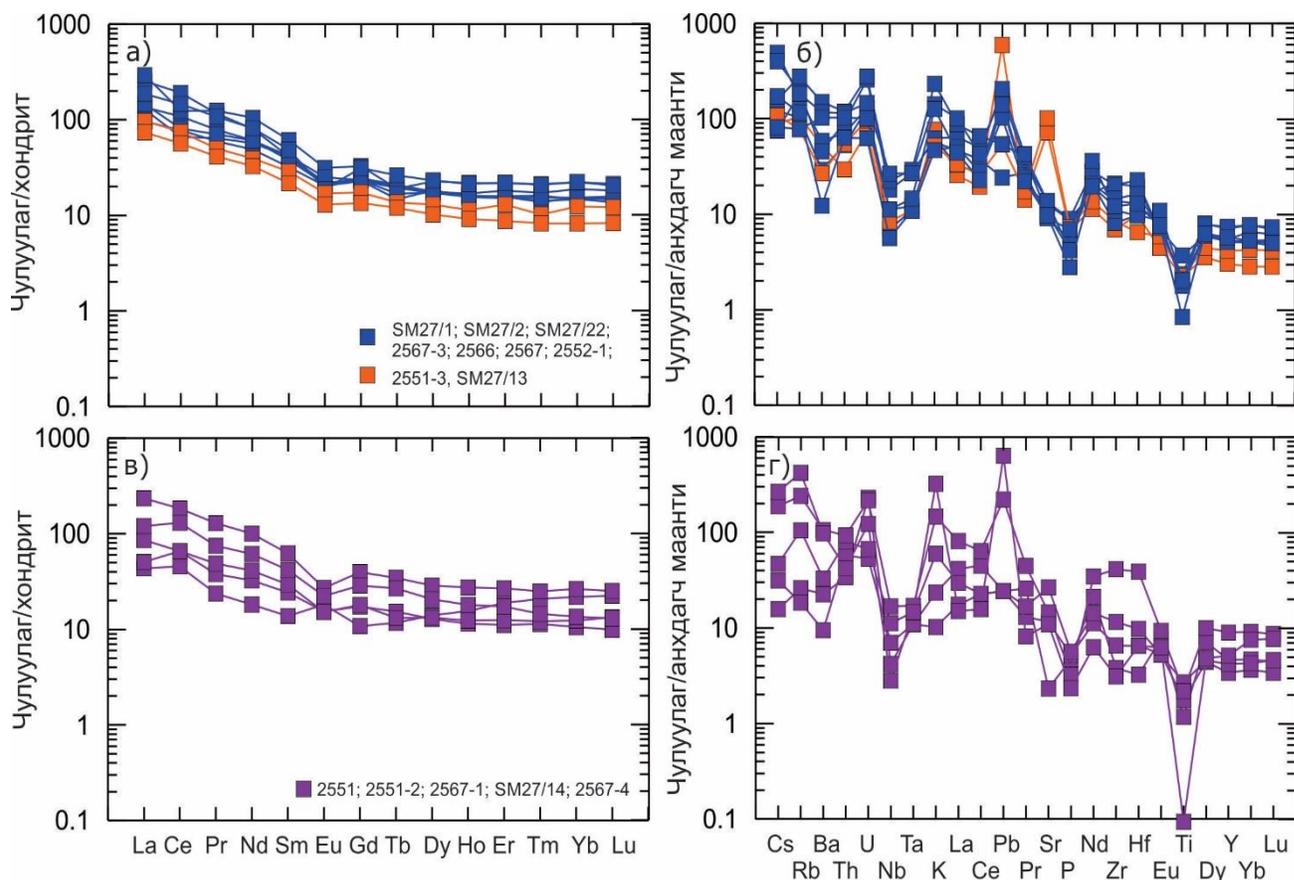


Зураг 161. Норовзээг формацын занар ба гнейсийн протолитийн ангиллын диаграмм. а) Петтиджоны диаграмм (Pettijohn et al., 1972), б) Химийн өгөршлийн (CIA) ба найрлагын өөрчлөлтийн индекс (ICV)-ийн харьцааны диаграмм (Cox et al., 1995)

Норовзээг формацын тунамал протолиттой метаморф чулуулгуудын ГХЭ-ийн нийлбэр агуулга 122 – 251 г/т байх бөгөөд дунджаар 178 г/т байна. Харин занаржсан шохойлог элсэн чулууны ГХЭ-ийн нийлбэр агуулга 85.1 – 110 г/т байх ба дунджаар 98 г/т байна.

Норовзээг формацын тунамал эх үүсвэртэй метаморф чулуулгуудын СI хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн графикт Eu-ийн харьцангуй сулавтар сөрөг гажил ( $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0.48 - 0.80$ ) илрэх бөгөөд чулуулаг нь ХүГХЭ-ийг бодвол ХөгХЭ-ээр баяжсан, өөрөөр хэлбэл  $\text{La}_n/\text{Yb}_n$ -ийн харьцаа 5.51-13.5 хооронд хэлбэлзэхээс гадна ХүГХЭ-ийн харьцангуй тэгш тархалтын хэлбэр ажиглагдана (Зураг 162а).

Харин дээр дурдсан чулуулгуудын анхдагч маангийн найрлагаар нормчилсон сарнимал элементийн тархалтын диаграммд том ионт литофиль элемент (Cs, Rb, K) болон өндөр цэнэгтэй элемент U, Pb-ийн эерэг гажил, Nb, Ta, P, Ti-ний тод илэрсэн сөрөг гажилтай хавсран илэрч байна. Харин занаржсан шохойлог элсэн чулууны хувьд Sr-ийн тод илэрсэн эерэг гажил илэрч байгаа нь тус чулуулагт кальцийн ислийн агуулга 38.2 – 39.9% байгаа буюу чулуулаг нь карбонатаар баяжсан байгаатай холбоотой (Зураг 162б).

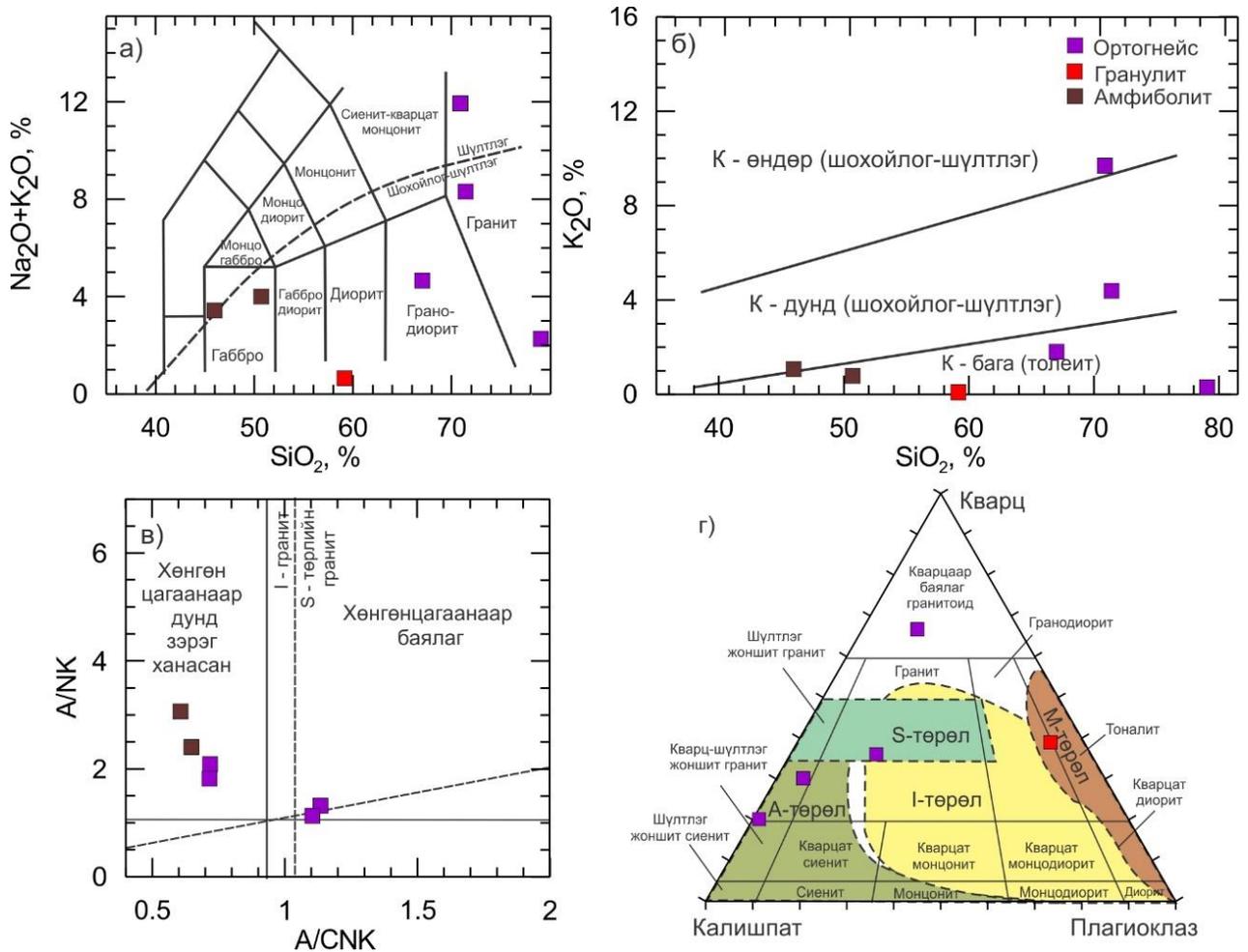


Зураг 162. Норовзээг формацын тунамал ба маагмын чулуулгын эх үүсвэртэй метаморф чулуулгуудын CI хондритийн найрлагаар нормчилсон ГХЭ-ийн ба анхдагч маангийн найрлагаар нормчилсон сарнимал элементүүдийн спайдер диаграмм. Нормчлолын өгөгдлүүдийг Sun & McDonough (1989)-ын ажлаас авах.

### Маагмын чулуулгаар үүссэн метаморф чулуулгууд.

Петрохимийн шинжилгээний дүнгээр Норовзээг формацын ортогнейсийн  $\text{SiO}_2$ -ийн хэмжээ 67.0 - 79.1%,  $\text{TiO}_2 = 0.02 - 0.58\%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 7.39 - 16.0\%$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0.69 - 5.46\%$ ,  $\text{MgO} = 0.09 - 4.02\%$ ,  $\text{CaO} = 0.35 - 6.04\%$  хооронд тус тус хэлбэлзэнэ. Хлорит-амфиболт, пироксен-амфиболт гнейсүүд (дээж 2551, 27/14) нь K-багатай ( $\text{K}_2\text{O} = 0.31 - 1.8\%$ ) толеитийн эгнээний, хөнгөнцагаанаар дунд зэрэг ханасан S-төрлийн гранитоидод, харин мусковитот ортогнейс (дээж 2567-1 ба 2567-4) нь K-ийн дундаас өндөр ( $\text{K}_2\text{O} = 34.39$  ба  $9.70\%$ ) агуулгатай шохойлог-шүлтлэг эгнээний хөнгөнцагаанаар ханасан, A-төрлийн чулуулгийн төрөлд тус тус хамаарагдаж байна (Зураг 163а-в).

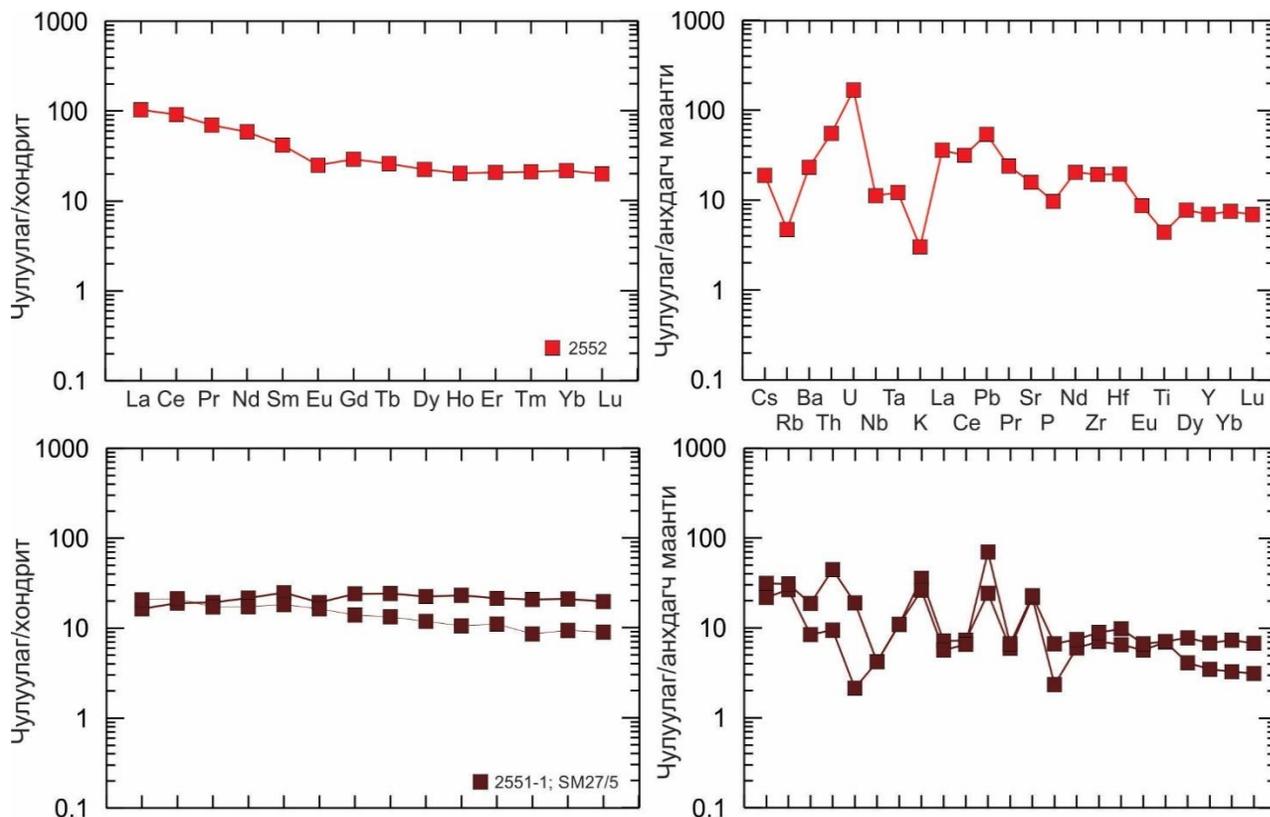
Харин гранулитын будины хувьд диоритийн найрлагатай, хөнгөнцагаанаар дунд зэрэг ханасан, К-ийн бага агуулгатай толеитийн эгнээний чулуулагт хамаарагдаж байгаа нь түүнийг М-төрлийн буюу маантийн гаралтай гранитоид гэж үзэх боломжийг олгож байна (Зураг 163а-г).



Зураг 163. Норовзээг формацын а) Ортогнейсийн ангиллын  $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  (Irvine & Baragar, 1985); б) в)  $\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$  харьцааны диаграмм (Peccherillo and Taylor, 1976); в) A/CNK – A/NK харьцааны (Middlemost, 1985), г) Гранитоид чулуулгийн гарал үүслийн төрлийг ялгах Q-A-P (Lameyre and Bowden, 1982) диаграммууд.

Ортогнейсүүдийн CI хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн графикт Eu-ийн тод сөрөг гажил ( $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0.55 - 0.66$ ) илрэх бөгөөд чулуулаг нь ХүГХЭ-ийг бодвол ХөгХЭ-ээр баяжсан, өөрөөр хэлбэл  $\text{La}_n/\text{Yb}_n$ -ийн харьцаа 4.78-8.86 хооронд хэлбэлзэх бол анхдагч маантийн найрлагаар нормчилсон сарнимал элементийн тархалтын диаграммд том ионт литофиль элемент (Cs, Rb, K) болон өндөр цэнэгтэй элемент U, Pb-ийн эерэг гажил, Nb, Ta, Sr, P, Ti-ний сөрөг гажилтай хавсран илэрнэ (Зураг 162в, г). ГХЭ-ийн нийлбэр агуулгыг авч үзвэл ихээхэн хэлбэлзэлтэй 67.1 – 267 г/т байна. Харин кварц-мусковиттой пегматитийн (дээж 2567-4) хувьд Eu-ийн тод эерэг гажил ( $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 1.49$ ) бүхий ХүГХЭ-ийг бодвол ХөгХЭ-р үл ялиг баяжсан ( $\text{La}_n/\text{Yb}_n = 2.0$ ) онцлог илэрнэ (Зураг 162в, г).

**Гранулитын**  $Cl$  хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн графикт  $Eu$ -ийн сулавтар сөрөг гажил ( $Eu/Eu^* = 0.72$ ) бүхий хэлбэр илрэх бөгөөд чулуулаг нь ХүГХЭ-ийг бодвол ХөгХЭ-ээр баяжсан, өөрөөр хэлбэл  $La_n/Yb_n$ -ийн харьцаа 4.57 байна (Зураг 164а, б).



Зураг 164. Норвэзээг формацын гранулитийн будин ба амфиболитийн  $Cl$  хондритийн найрлагаар нормчилсон ГХЭ-ийн ба анхдагч маантийн найрлагаар нормчилсон сарнимал элементүүдийн спайдер диаграмм. Нормчлолын өгөгдлүүдийг *Sun & McDonough (1989)*-ын ажлаас авав.

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

**Амфиболит.** Суурьлаг вулканоген чулуулгаар үүссэн амфиболитийн цахиурын ислийн агуулга 46.0 – 50.7 %, бусад чулуулаг бүрдүүлэгч голлох ислүүд болох  $Al_2O_3 = 14.7 - 15.4\%$ ,  $Fe_2O_3 = 13.2\%$ ,  $MgO = 6.08 - 9.02\%$ ,  $CaO = 9.6 - 11.4\%$ ,  $Na_2O = 2.35 - 3.20\%$ ,  $K_2O = 0.79 - 1.07\%$  хооронд тус тус хэлбэлзэж байна. Амфиболит нь химийн гол ислийнхээ хэмжээгээр ( $Na_2O+K_2O$  ба  $SiO_2$ ) базальтын найрлагатай, хөнгөнцагаанаар дунд зэрэг ханасан,  $K$ -ийн бага агуулгатай толеитийн эгнээний чулуулгийн төрөлд хамаарагдана (Зураг 163а-в).

Амфиболитийн  $Cl$  хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн графикт  $La_n/Yb_n$ -ийн харьцаа 0.78 - 2.20 хооронд хэлбэлзэх харьцангуй тэгш шулуун хэлбэр ажиглагдах бөгөөд анхдагч маантийн найрлагаар нормчилсон сарнимал элементийн тархалтын диаграммд  $K$  ба  $Pb$ -аар баяжиж  $Nb$ ,  $P$ ,  $Ti$ -аар үл ялиг шавхагдсаныг эс тооцвол Эх газрын базальттай ерөнхийдөө ойролцоо шинжийг үзүүлнэ (Зураг 164г). Тэдгээрийн ГХЭ-ийн нийлбэр агуулга 42.3 – 53.4 г/т байх бөгөөд дунджаар 109 г/т байна.

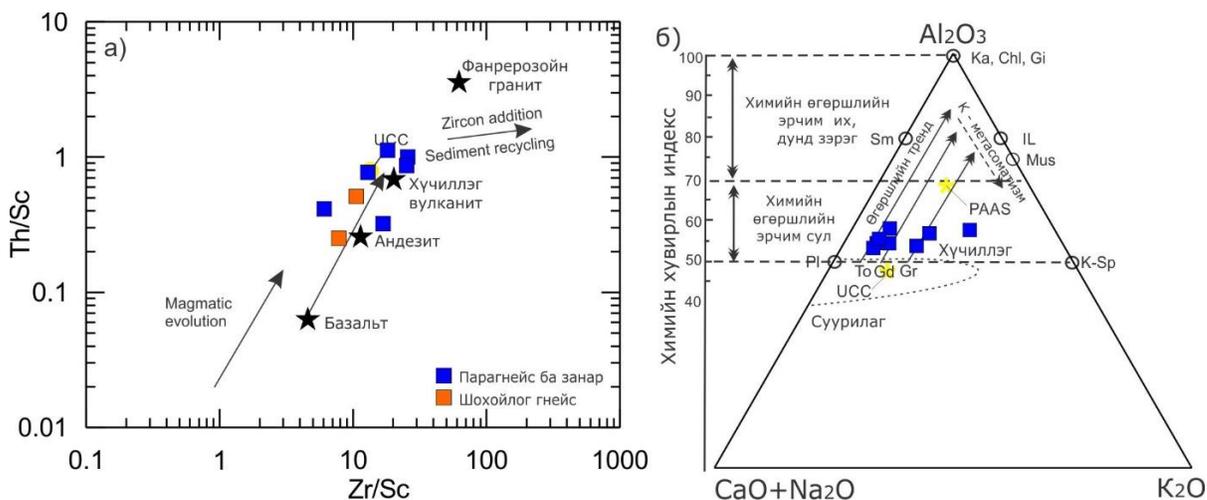
## МЕТАМОРФ ЧУЛУУЛГУУДЫН ҮҮСЛИЙН ГЕОДИНАМИК ОРЧИН

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

Петрохимийн онцлогоороо Норовзээг формацын парагнейсүүдийн протолит нь аркоз, литит, граувакк ба занарлаг чулуулагт хамаарагдана (Зураг 161а). Тэдгээрийн химийн өгөршлийн индексийн утга 52.3 – 57.0 хооронд хэлбэлзэх бол найрлагын өөрчлөлтийн индекс 1.03 - 2.19 байгаа нь тэдгээр нь химийн өгөршлийн эрчим сул, физик өгөршил давамгайлсан мужаас үүсэлтэй болохыг илтгэнэ (Зураг 161б). Харьцуулах зорилгоор авч үзвэл химийн хувирлын индекс (CIA) нь өгөршилд автаагүй эх газрын базальтад 40-50, гранитоидод 50-55 (Cox et al., 1995) байдаг бол хээрийн жонш шаварлаг эрдэсд хувирах явцаас хамааран химийн хувирлын эрчим багатай бүс нутгуудад тус индекс 50-60, дунд зэрэг бол 70-80, өндөр бол 80-90, маш өндөр бол 90-ээс их байдаг байна (Nesbitt and Young, 1982). Харин найрлагын өөрчлөлтийн индекс (ICV) нь химийн өгөршлийн эрчим нэмэгдэх тусам буурдаг бөгөөд өгөршилд автаагүй эх газрын базальтад 2.2, харин гранитоидод 0.95 байдаг байна (Li, 2000).

Тунамал хурдсын зөөгдөл ба ялгарал нь монацит, циркон зэрэг хүнд эрдсүүдийн хуримтлалаас үүдэн хурдсын геохимийн онцлогт нөлөөлөх бөгөөд жишээлбэл монацитын хуримтлалаас үүдэн хурдсын  $Gd_n/Yb_n$  харьцаа эрс өсдөг (Cullers 1988; McLennan et al., 1990, 1993). Мөн цирконы хуримтлалаас үүдэлтэй хурдсанд Zr ба Zr/Sc харьцааны утга өсдөг (McLennan, 1989; McLennan and Taylor, 1991; McLennan et al., 1993; Cullers, 1994).

Норовзээг формацын парагнейсийн  $Gd_n/Yb_n$  харьцаа харьцангуй бага, 1.46-2.13 байх ба мөн Zr агуулга 42 – 235 г/т, дунджаар 146 г/т байх бөгөөд Th/Sc -Zr/Sc дискриминацийн диаграмм дээр тэдгээр нь маагмын трендтэй паралель байгаа зэрэг нь тэдгээр чулуулаг нь дундлаг ба хүчиллэг маагмын чулуулгийн эх үүсвэртэй, хүнд эрдсүүдээр (монацит, циркон) баяжаагүй, ахин хуримтлалд автаагүй болохыг харуулна (Зураг 165а).

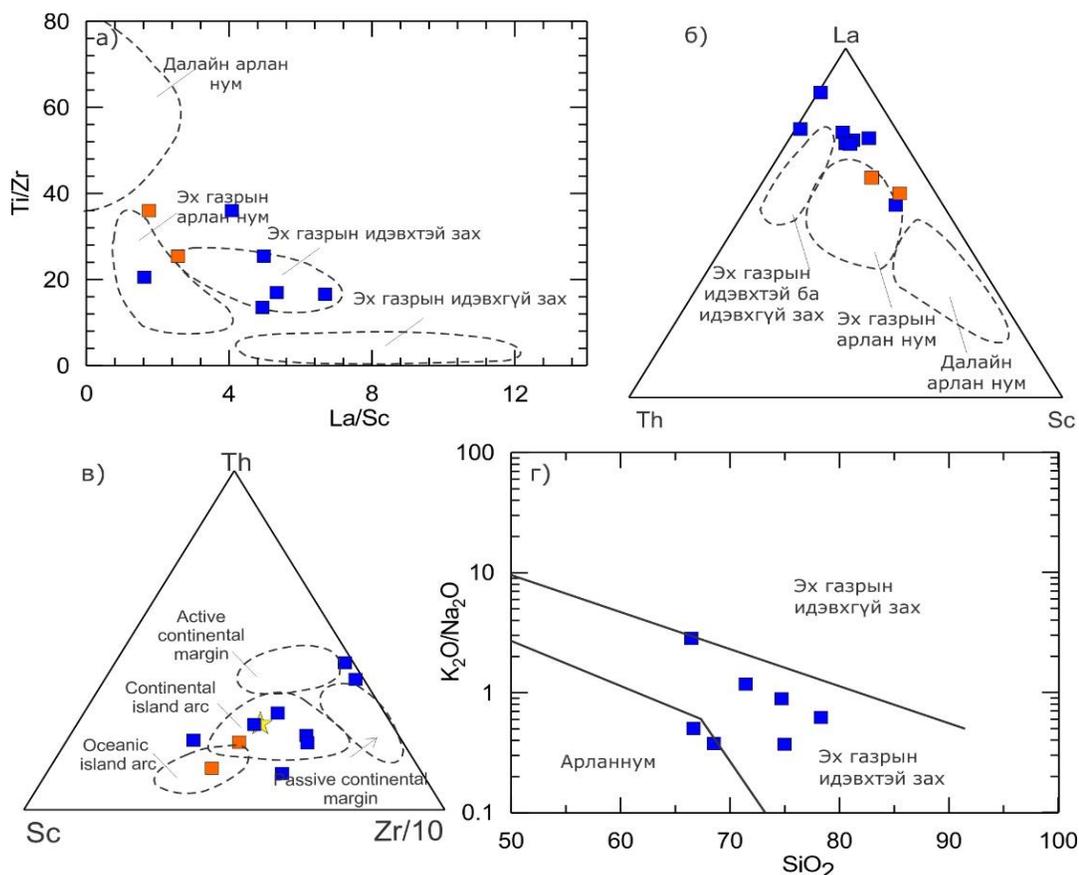


Зураг 165. Норовзээг формацын парагнейс ба занарын а) Th/Sc ба Zr/Sc дискриминацийн диаграмм (McLennan et al., 1993), б) A-CN-K (Nesbitt and Young, 1982) гурвалжин диаграмм. PI – плагиоклаз, Sm – смекит, Ka – каолинит, Chl – хлорит, Il – иллит, Mus – мусковит, K-Sp – калийн хээрийн жонш. UCC – Эх газрын дээд царцдасын дундаж, PAAS – Австралийн архейн дараах занарын дундаж

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

**Эх үүсвэр мужийн шинж чанар ба найрлага.** Тунамал чулуулгийн эх үүсвэр мужийн найрлага, өгөршил ба хурдас хуримтлалын дараа үеийн хувирлын процессын явцад элементүүд хэрхэн өөрчлөгдсөн онцлог болон өгөршлийн трендийг тус тус харуулдаг (CaO+Na<sub>2</sub>O) – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – K<sub>2</sub>O гурвалжин диаграмм (Nesbitt and Young, 1982) дээр Норовзээг формацын парагнейс ба занар нь тоналит, гранодиорит ба гранитын өгөршлийн тренд дээр байрлаж байгаа нь тэдгээрийн эх үүсвэрт хүчиллэг ба дундлаг маагмын чулуулаг зонхилж байсныг харуулна (Зураг 165б). Мөн тус диаграммаас плагиоклаз маш бага хувиралд автсан, өөрөөр хэлбэл эх үүсвэр мужид химийн өгөршлийн эрчим маш бага, физик өгөршил давамгайлж байсан нь батлагдаж байна (Зураг 165б).

Дээжнүүдийн сарнимал элементийн шинжилгээний дүнг ашиглан тектоник орчны ангиллын холбогдох диаграммуудыг ашиглан боловсруулалт хийж үзэхэд парагнейс ба занарын протолит нь эх газрын зах – эх газрын нумын орчинд үүссэн болох нь харагдаж байна (Зураг 166а, б).

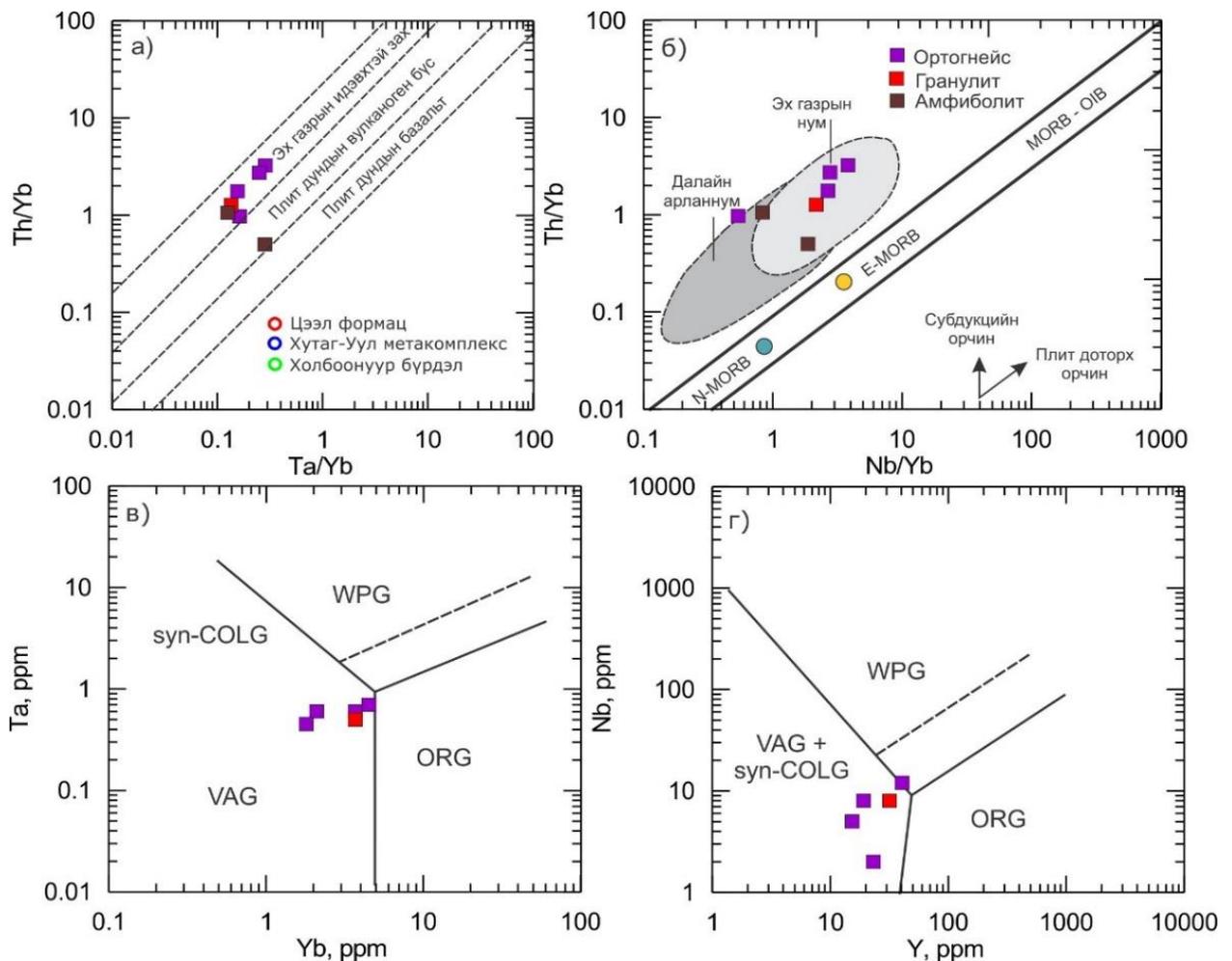


Зураг 166. Норовзээг формацын парагнейс ба занарын протолитийн үүслийн геодинamik орчныг тодорхойлох а) Ti/Zr – La/Sc, б) Th – Sc – La, в) Sc – Zr/10 – Th; д) K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O – SiO<sub>2</sub> диаграммууд (Bhatia and Crook, 1986)

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

Петрохимийн шинжилгээний дүнгээр Норовзээг формацын ортогнейс нь гранит ба гранодиоритын найрлагатай, хөнгөнцагаанаар баялаг, К-ийн дунд агуулгатай шохойлог-шүлтлэг эгнээний чулуулгийн төрөлд хамаарагдана (Зураг 163). Хэдийгээр хоёрхон дээжний өгөгдөл байгаа боловч ортогнейсийн протолитийн гарал үүслийн төрлийг тогтоох үүднээс An–Ab–Or (анортит-альбит-ортоклаз) болон Q – A – P (кварц-шүлтлэг жонш – плагиоклаз) диаграммуудыг ашиглан боловсруулалт хийж үзэхэд чулуулаг нь гранит ба гранодиоритийн найрлагатай, S-төрлийн гранитад хамаарагдах боломжтой байгаа нь давхар батлагдаж байна (Зураг 163г).

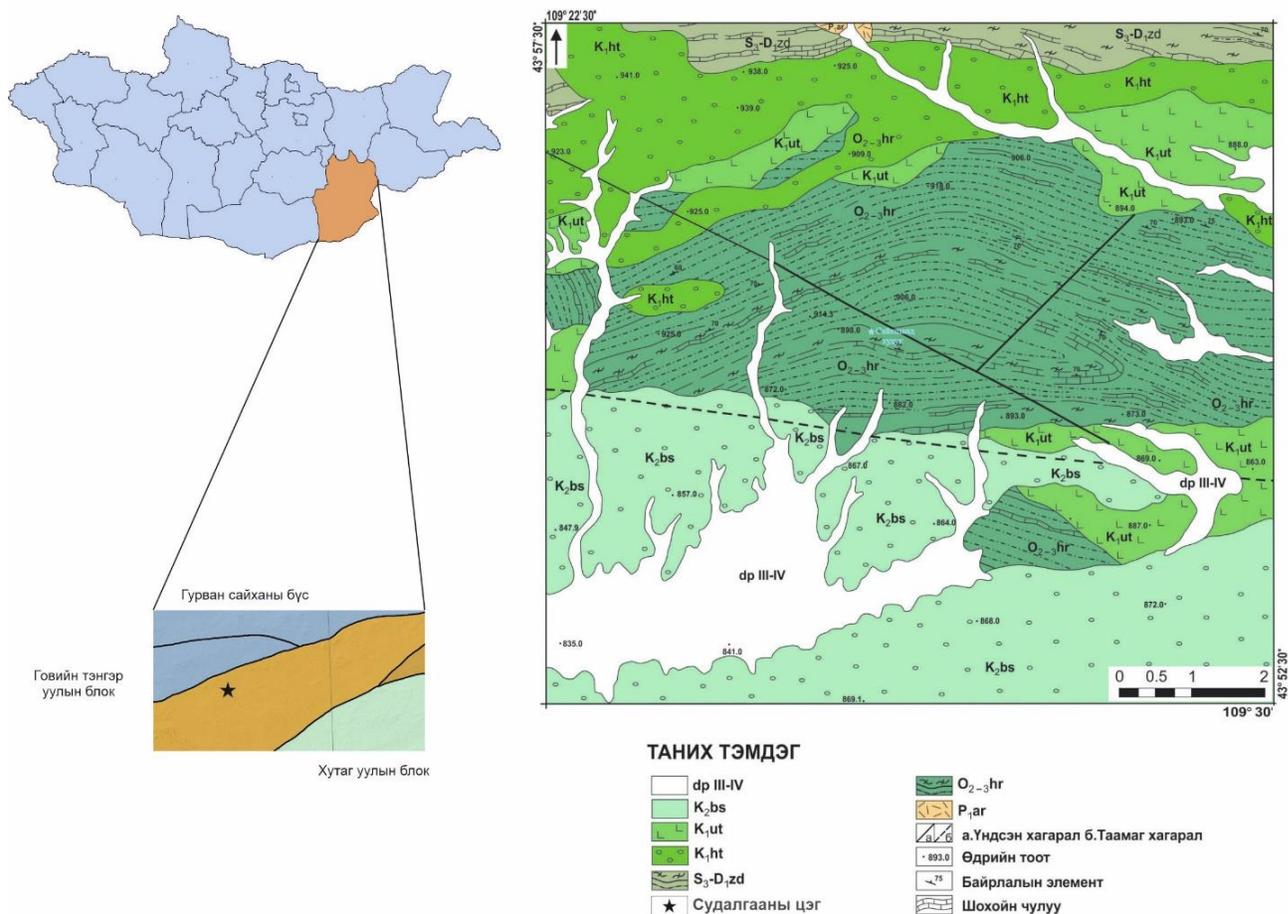
Дээр дурдсан бүхнийг нэгтгэн дүгнэж үзвэл Норовзээг формацын бүрэлдэхүүнд илэрсэн ортогнейс ба амфиболитийг эх газрын зах-эх газрын нумын орчинд үүссэн гэж үзэж болохоор байна (Зураг 167).



Зураг 167. Норовзээг формацын ортогнейс, амфиболитийн үүслийн геодинамик орчныг тодруулах а) Th/Yb - Ta/Yb, б) Th/Yb - Nb/Yb, в) Ta – Yb, г) Nb – Y (Pearce et al., 1984) диаграммууд. Тайлбар: OIB – далайн арлан нум, E-MORB – Баяжсан далайн голч нурууны базальт, N-MORB – ердийн далай голч нурууны базальт, VAG – эх газрын нумын гранит, syn-COLG – коллизийн гранит, WPG – плит доторх гранит, ORG – далайн голч нурууны гранит,

**Хөөвөр формац.** Тус формацын хурдас Хар-Толгой уулын Сайншанд-Худаг орчим (К-49-3-Б) тархалттай бөгөөд флишлэг терриген хурдсаар илэрхийлэгдэнэ. Уг формацын хурдас хуримтлал нь Өмнөд-Монголын хэмжээнд багахан талбайд илрэх ба бага зэргийн хувиралд орсон байдаг. Уг талбайд үндсэндээ 2 хэсэг газар гол төлөв баруун тийш сунаж тогтсон байдаг бөгөөд Сайншанд-Худаг, Сайншанд толгод, Үнэгэд толгой буюу 877.0 м тоот өндөрлөгийн баруун урд хэсэгт тархсан (Зураг 168).

Бид тус формацын хурдсын ажиглалтыг Сайншанд-Худаг орчимд хийсэн болно. Тус зузаалаг нь алевролит, алевро-элсэн чулууны салаавчлал, аргиллит зэргээс тогтох ба бага зэргийн метаморфизмд орсон байдаг. Хамгийн том илэрц нь болох Сайншанд-Худаг орчим тархсан Хөөвөр формацын хурдас нь 15 км урт, 3-4 км өргөн 40 км<sup>2</sup> талбай үүсгэн гол төлөв өргөрөгийн дагуу зурваслаг сунасан антиклиналь атирааг үүсгэн тогтсон бөгөөд бүх талаараа түрүү-хожуу цэрдийн залуу хурдсуудаар үл нийцлэгээр хучигддаг. Сайншанд-Худаг орчимд тус формацын хурдсанд нийтдээ 3 хэсэгчилсэн зүсэлт хийж чулуулгуудын дарааллыг дараах байдлаар тогтоолоо (Зураг 169). Зүсэлтүүдийн бичвэрийг доороос дээш бичиглэв.



Зураг 168. а) Талбайн байршил, б) Сайн-шандхудаг, Үнэгэд толгой орчмын геологийн зураг (С.Эрдэнэцогт нарын 1:50000-ны масштабтай зургийг авч ашиглав).

**Зүсэлт 1.** Газарзүйн байршил: 43°55'01,3"; 109°25'15,4"

1. Шохойн чулууны 0.5-0.35м диаметртэй конкрецудтай ногоон саарал.....0-205м
2. Алевролитын багц үе.....0-205м
3. Цайвар саарал өнгөтэй мөр хөлтний баялаг үлдэгдэл агуулсан шохойн чулууны болон ногоовтор алевролитын үе, мэшил агуулсан, шаргал саарал өнгөтэй бөгөөд суналын дагуу гравелит болон хайргархаг элсэн чулуунд шилждэг аркозэлсэн чулуу.....205-490м
4. Хөвд биетэн ба мөр хөлтөн агуулсан филлишлэг шохойн чулууны нарийн мөхлөгт хар саарал алевролитын зузаалаг.....490-605м
5. Хөвд биетэн, мөр хөлтөн, дун ба криноид (*Ristnacrinus* sp.) агуулсан дээд ордовикийн насыг заадаг шохойн чулууны үетэй элсэн чулуу .....605-765 м
6. Саарал шохойн чулуутай ногоон саарал алевролит .....765-985м
7. Саарал шохойн чулууны нимгэн үетэй цайвар саарал занаржсан алевролит.....985-1110 м
8. Хөвд биетэн ба мөр хөлтөн агуулсан филлишлэг шохойн чулууны нимгэн үетэй, хааяа хүрэн өнгийн шохойн чулууны конкрецээс тогтсон амьтны үлдэгдэлтэй мэшил биет бүхий нарийн мөхлөгт хар саарал алевролит.....1110-1365м
9. Саарал өнгийн шохойн чулууны мэшилтэй ногоон саарал элсэн чулуу.....1365-1405м

**Зүсэлт 2.** Газарзүйн байршил: 43°56'21,9"; 109°25'43,7"

1. Алевролитын нарийн үетэй кварцит.....0-120м
2. Цайвар саарал шохойн чулууны үе ногоон саарал алевролит .....120-172м
3. Саарал шохойн чулууны мэшилүүдтэй цайвар ногоон өнгийн алевролитлэг элсэн чулуу.....172-250м
4. Шохойлог алевролит .....205-305м
5. Хөвд биетэн ба криноидын үлдэгдэл бүхий нарийн карбонатлаг линзтэй цайвар ногоон өнгийн алевролитлэг элсэн чулуу, алевролит.....305-540м

**Зүсэлт 3.** Газарзүйн байршил: 43°56'21,9"; 109°25'43,7"

1. Хөвд биетэн ба криноидын үлдэгдэлтэй нарийн карботнатлаг линзтэй цайвар ногоон өнгийн алевролитлаг элсэн чулуу.....0-550м



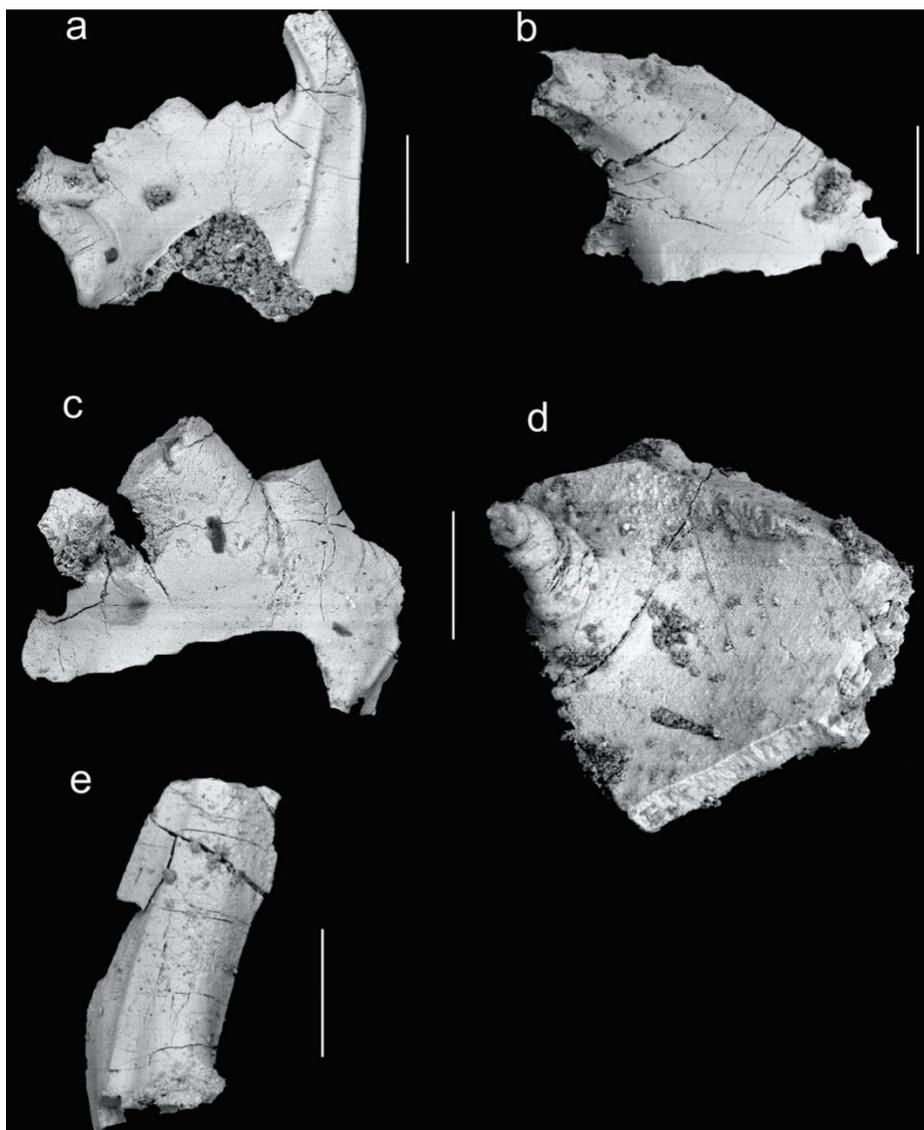
Зураг 169. Сайншанд-Худаг орчимд тархалттай хөөвөр формацын хэсэгчилсэн зүсэлтүүдийг нэгтгэж харуулав.

Хөөвөр формац нь шохойн чулууны линз, цахиурлаг занар, шохойлог алевролит, нарийн шохойлог гравелит, ховроор кварцитын үе агуулдаг. Элсэнчулуу болон шохойн чулууны үеүд нь ихээхэн хэмжээний амьтны үлдэгдэл агуулна (Зураг 170).



Зураг 170. Хөөвөр формацын хурдсын сээр нуруугүйтний үлдвэрүүд. 1-2-криноидын иш; 3-4- *Ristnacrinus* sp.; 5-6- *Strophomena lebediense*; 7-гастропод; 8-шүр; 9-12-хөвд биетэн

Бид дээр дурдсан хээрийн судалгаа болон дээж сорьцын суурийн боловсруулалтын үр дүнд ордовикийн конодонтын шинэ олдворт газар илрүүлээ. Хөөвөр формацын зүсэлтийн МС-15/09 үеээс тодорхойлох боломжгүй конодонтын биет илрүүлсэн ба МС-15/12 үеийн дээжнээс урьдчилсан байдлаар *Pseudooneotodus mitratus?* (Moskalenko, 1973), *Pharagmodus sp.*, *Panderodus sp.?* зэрэг 3 төрлийн конодонт тодорхойлсон (Зураг 171a, e, d).



Зураг 171. Хожуу ордовикийн конодонтын электрон микроскопын зураг. (МС-15/12). а- *Pharagmodus sp.*, Хажуу талаас, S элемент., b, c-тодорхойлох боломжгүй (эвдэрхий) зүйлүүд., e- *Panderodus sp.?* d- *Pseudooneotodus mitratus?* (Moskalenko, 1973) шүдний дээд талаас. Хэмжээ: 300µm.

*Pharagmodus sp.* төрөл нь зөвхөн хожуу ордовикт тохиолддог болох нь конодонтын структур болон эволюцийн судалгаагаар батлагдсан байдаг (Barnes et al., 1975). Мөн *Pseudooneotodus mitratus?* (Moskalenko, 1973) нь хойд Хятадын Тарим бассейны хожуу ордовикийн Давонгуо зүсэлтэд тодорхойлогдсон байдаг (Zhen Y.Y et al., 2011). Харин *Panderodus sp.* төрлийн конодонт нь хожуу ордовикийн Оноо-Толгой болон Цагаандэл

формациудад илэрсэн байдаг (Wang et al., 2008; Albanesi et al., 2003). Эдгээр нь гүехэн усны шельфийн бүсийн буюу далай тэнгисийн эргийн орчинд өргөн тархалттай төрөл зүйлүүд юм. Иймээс тунадас хуримтлалыг харьцангуй гүехэн устай захын тэнгисийн тайван нөхцөлд үүсч бүрэлдсэн гэж үзэж байна.

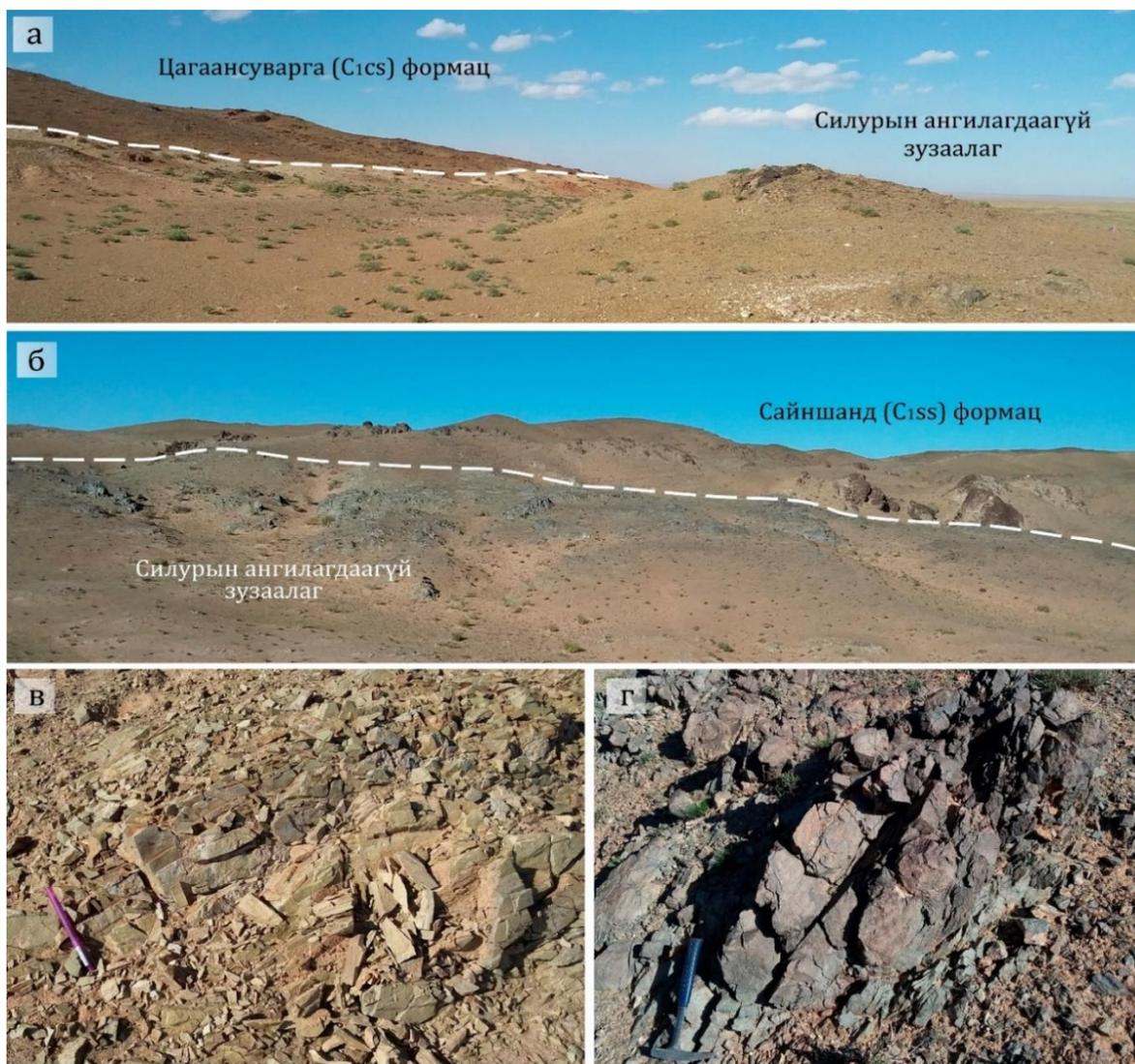
Хөөвөр формацын насыг О.Д.Суетенко (1970), С.Эрдэнэцогт (2003), С.В.Рожнов (2009) нар сээр нуруугүй амьтдаар дунд-хожуу ордовик гэж тогтоосныг микрофауны үлдвэрээр буюу конодонтоор баталгаажууллаа. Хөөвөр формацаас илэрсэн сээрнуруугүй амьтдыг конодонтын МС-15/09 болон МС-15/12 үеүдэд тархалттай гэж тооцож хээрийн судалгааны явцад хурдсын насыг урьдчилсан байдлаар тодорхойлох боломж бүрдлээ.

Цаашид нэмэлт дээжийг 9 болон 12 үеэс 20 кг доошгүйг цуглуулан боловсруулж конодонт амьтны систематикийн бүрэлдэхүүнийг тогтоох зорилготой үргэлжлүүлвэл зохистой. Тунамал чулуулгийг зарим тохиолдолд, ялангуяа системуудын эсвэл стейжүүдийн хил заагийг илрүүлэх явцад сантиметр хүртэл нарийвчлалтай дээжлэлт хийх хэрэгтэй болдог.

Эртний амьтан ургамлын судалгааг төрөл зүйлээр нь дагнан гүйцэтгэж амьтан тус бүрээр цогцолборууд ялгаж харьцуулах, улмаар агуулагч хурдас чулуулгийн дэс дарааллыг цэгцлэх, системын хил болон стейжүүдийн хил заагийг нарийвчлан тогтоох зэрэг давхрагазүйн олон асуудлыг шийдвэрлэхэд конодонтын цаашдын судалгааг хандуулах шаардлагатай.

**Силурийн ангилагдаагүй зузаалаг.** Талбайн баруун хойд хэсэгт тархалттай силур (S)-ийн насанд хамааруулан зураглагдсан ангилагдаагүй вулканоген-тунамал зузаалаг нь Баруун Хөх овоо уулнаас Хоньчийн толгод хүртэл 0,8-1,2 км өргөн, 13 км урт тектоник хавтан үүсгэж Цагаансуварга (C<sub>1cs</sub>), Сайншанд (C<sub>1ss</sub>) формацуудтай хагарлаар хиллэнэ (Зураг 172а, б). Тус зузаалаг нь Хоньчийн толгодын урд талд ногоовтор, ногоовтор саарал өнгийн алевролит, алевроэлсэн чулуу болон жижиг, дунд ширхэгт элсэн чулуу, туф элсэн чулууны салаавчлалаас голлон тогтох бөгөөд зарим хэсэгтээ чулуулаг нь нилээд цахиурлаг болон занарлаг төрхтэй болно (Зураг 172в). Харин баруун талдаа буюу Үнэгэт уулаас өмнөд зүгт нэгэн жигдийн ногоовтор өнгөтэй, сулавтар занаржсан дундлаг, суурилаг вулканоген чулуулгаас голчлон тогтох бөгөөд бага хэмжээгээр алевролит ба алевроэлсэн чулууны нимгэн үеүд агуулна (Зураг 172г). Уг зузаалаг нь мөн цайвар саарал өнгийн риолит ба хар бараавтар габброгийн дайкар зүсэгдэнэ. Тус дүүрэгт тархсан силурын ангилагдаагүй зузаалгийн нийт зузааныг 1800 м орчим гэж үздэг (2724Ф).

Бид хээрийн судалгааны ажлын явцад тус зузаалгийн эрдсийн бүрэлдэхүүн, бодисын найрлага, нас болон геодинамик орчныг тодруулах зорилгоор 20 гаруй дээж сорьц авсан болно. Тэдгээрээс тус зузаалгийг төлөөлж чадахуйц 7 дээжийг сонгон авч петрографи болон геохимийн судалгааг явуулсан үр дүнгээс тусган харууллаа.

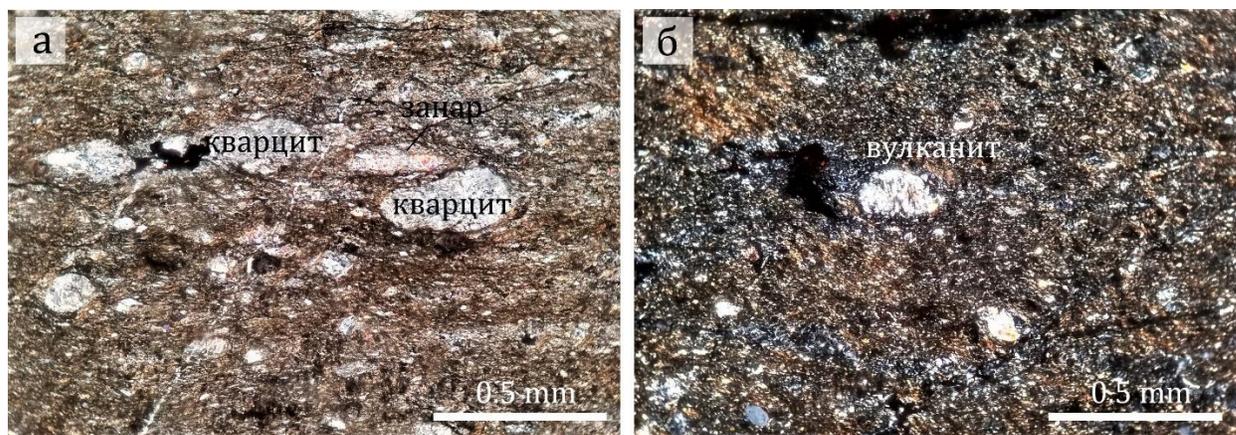


Зураг 172. Силурийн ангилагдаагүй зузаалгийн гаршийн зураг. а, б) Зузаалгийн харагдах ерөнхий байдал в) Шаварлаг алевролит ба элсэн чулууны салаавчлал; в) элсэн чулууны үе; г) вулканоген чулуулгийн гаршийн зураг

**ПЕТРОГРАФИ.** Силурийн ангилагдаагүй зузаалагт петрографийн судалгаагаар Хоньчийн толгод цайвар ногоон өнгийн үеллэг алеролит, бор шаргал элсэн чулуу харин Үнэгт уулын өмнө тал болон Сайрын худаг орчимд чулуулгууд нь ногоон, цайвар ногоон өнгийн цул болон занарлаг текстуртэй metabазальтуудаас голлон тогтоно. Эдгээр чулуулгуудын эрдсийн бүрэлдэхүүний онцлогийг авч үзье.

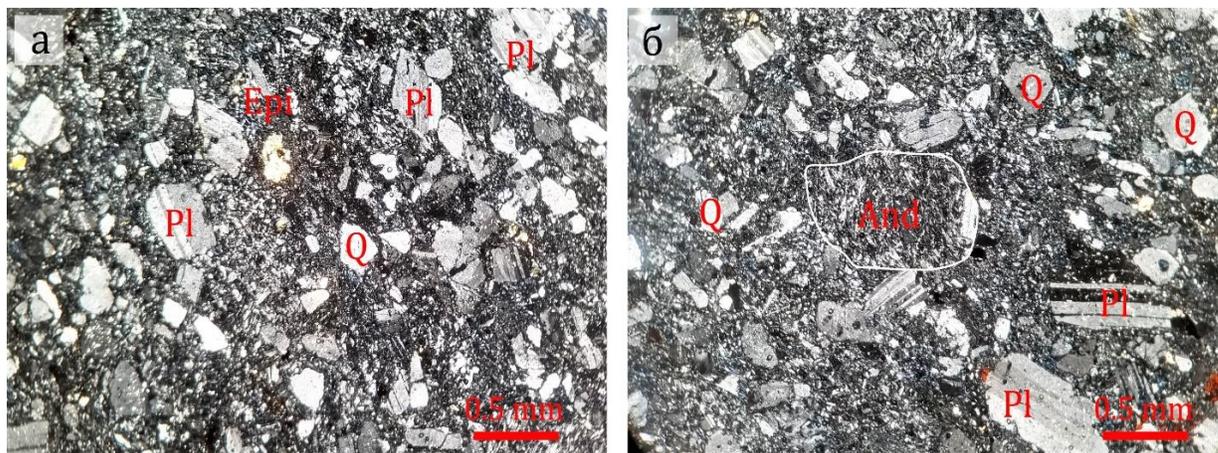
**Алевролит** (дээж SM26-1). Чулуулаг нь хэмхдэс (35-40%) болон цементлэгч хэсэг (60-65%)-ээс тогтоно. Хэмхдэсүүд нь жигд бус, хэмхдэсийн хэмжээ 0.04-0.4 мм-ийн хооронд хэлбэлзэх ба алевролитлаг структуртай, занарлаг текстуртай. Чулуулаг болон эрдсийн хэмхдэсүүд нь муу сортлогдсон, элэгдэлд эрчимтэй орсноор зуйван, хагас дугуй, бөөрөнхий хэлбэртэй болсон байна. Чулуулагт кварц, кварцит, занар, туф, вулканитын хэмхдэсүүд тааралдана (Зураг 173). Эрдэс болон чулуулгийн хэмхдэсүүд нь занаржилтын дагуу нэг чигт сунаж тогтсон байх ба эдгээр нь серицит-хлорит болон

төмрийн усан исэлийн найрлагатай цементлэгчээр холбогджээ. Цементлэгч нь суурийн шинжийг үзүүлнэ. Төмрийн усан исэл нь хэмхдэсүүдийн хоорондох хоосон орон зайг дүүргэн тогтсон байна. Чулуулаг нь хожуу үеийн маш нарийн олон тооны кварцын судлуудаар зүсэгдсэн байна.



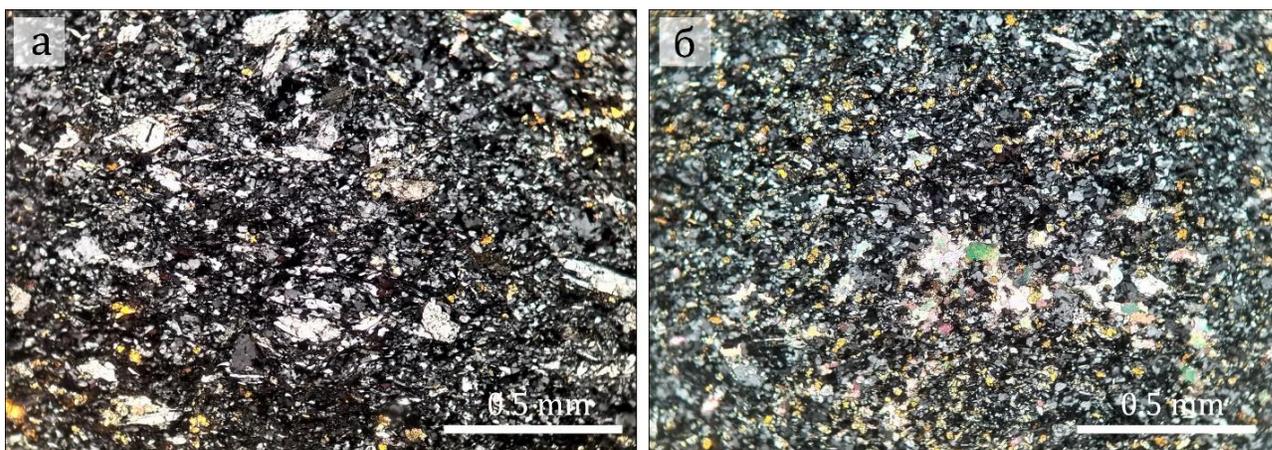
Зураг 173. Алевролитын микрофото зураг. Дээж: а,б) SM26-1. Өсгөлт 10<sup>х</sup>

**Элсэн чулуу** (дээж SM26-2). Чулуулаг нь эрдсийн болон чулуулгийн хэмхдэс (70-75%), матрикс (10-15%), ба цементлэгч хэсэг (5-10%)-ээс тогтоно. Хэмхдэсүүдийн хэмжээ 0.1-1.25 мм-ийн хооронд хэлбэлзэх ба чулуулаг нь псаммит структуртай, цул нягт текстуртай. Хэмхдэсүүд нь муу мөлгөржилттэй өнцөглөг байхаас гадна муу сортлогдсон, элэгдэлд бага орсон байна. Чулуулагт эрдсийн хэмхдэсээс плагиоклазийн хэмхдэс давамгайлж, кварц серицит бага хэмжээгээр тохиолдох бол чулуулгийн хэмхдэсүүдээс андезитын хэмхдэс тааралдана (Зураг 174). Плагиоклаз бага зэрэг серицитжсэн, хэмхдэсүүд нь сулавтар полисинтет ихэрлэлттэй. Кварцын хэмхдэсүүд нь харьцангуй жижиг 0.1-0.2 мм хүртэл хэмжээтэй, муу мөлгөржилттэй, хагас дугуй өнцөглөсөн хэлбэртэй. Харин чулуулгийн хэмхдэс болох андезит нь муу мөлгөржилттэй, 0.5-1.25 мм хэмжээтэй, афирлаг структуртай. Дайвар эрдсээс серицит, эпидот тохиолдоно. Хэмхдэсүүдийн завсар хооронд болон хил заагаараа жижиг ширхэгт алевролитын найрлагатай цемент хэсгүүдийг холбожээ. Харин матрикс нь кварц, плагиоклазаас тогтжээ.



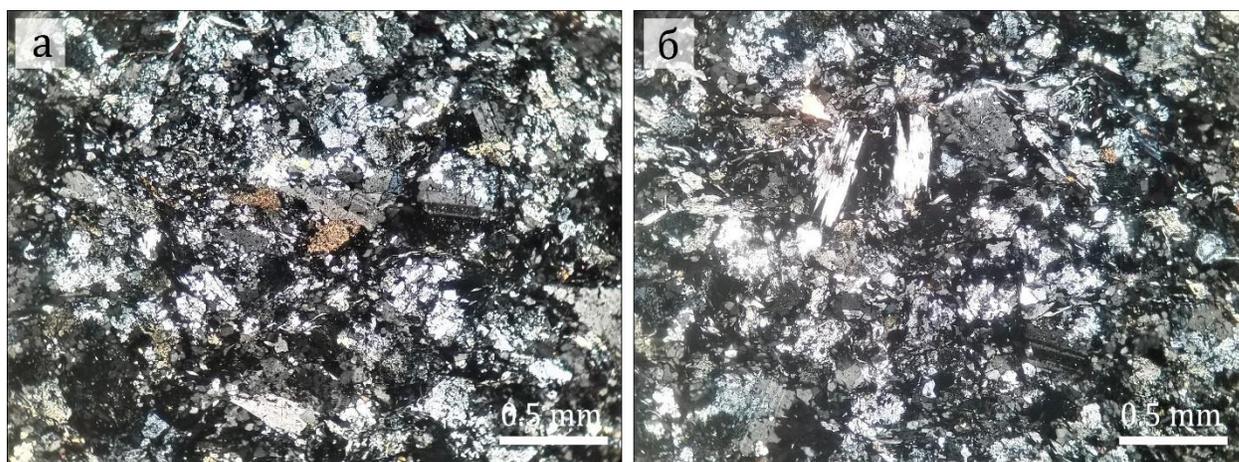
Зураг 174. Элсэн чулууны микрофото зураг. Дээж: а,б) SM26-2. Өсгөлт 4<sup>х</sup>

**Афирлаг базальт** (дээж SM26-3). Чулуулаг нь плагиоклаз 50-55%, хувирсан галт уулын шил 35-40%, хоёрдогчоор эпидот, хлорит, серицит, карбонат, төмрийн усан исэл, кварц тохиолдоно. Микропорфирлог, үндсэн хэсэг- гиалопилитлэг структурай, цул текстуртай. Чулуулаг нь плагиоклазын цөөн порфирууд болон их хэмжээний үндсэн хэсгээс тогтжээ (Зураг 175). Плагиоклаз нь сулавтар полисинтет ихэрлэлттэй 0.05-0.2 мм хүртэл хэмжээтэй мөхлөгүүд нь серицитээр хэсэгчлэн хувирсан бол хоёрдогч кварцын хэмхдэсүүд нь харьцангуй жижиг 0.05-0.1 мм хүртэл хэмжээтэй тохиолдоно. Чулуулагт үндсэн хэсэг зонхилох ба 0.03-0.09 мм хэмжээтэй эмх цэгцгүй байрласан карбонатлаг-серицитээр бүрэн түрэгдэж плагиоклазын микролитууд, нарийн призмүүд болон хлорт лейкоксен-гистероген магнетитын агрегатад бүрэн хувирсан галт уулын шилнээс тогтжээ.



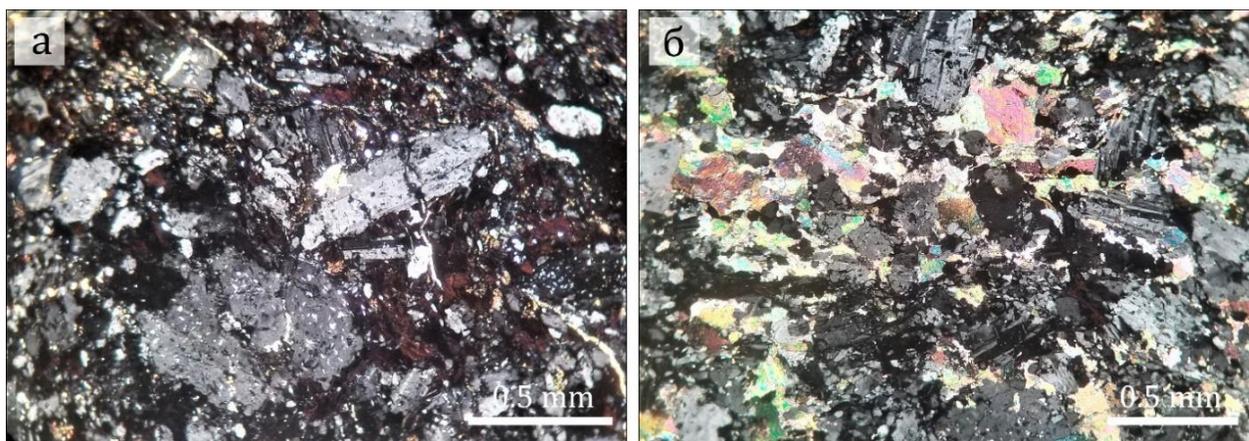
Зураг 175. Афирлаг базальтын микрофото зураг. Дээж: а) SM26-3, б) SM26-4, Өсгөлт 10<sup>x</sup>

**Метабазальт** (дээж SM26-5). Чулуулаг нь плагиоклаз (20-25%), эпидот-циозит (25-30%), хлорит (25-30%), хоёрдогч кварц (12-15%), амфибол (5-8%)-оос бүрдэх бөгөөд хүчтэй хувиралын нөлөөгөөр дээрх эрдсүүд үүсчээ. Плагиоклаз нь 0.1-0.4 мм хэмжээтэй, чулуулагт хагас призмлэг фенокрисст байдлаар болон зөв бус олон тооны жижиг реликт талст байдлаар орших бөгөөд хоёрдогч кварцын мөхлөгүүдээр түрэгдэж сулхан серицитжсэн байна (Зураг 176). Эпидот-циозитын агрегатууд нь 0.05-0.2 мм хүртэл хэмжээтэй, зөв бус хэлбэртэй, маш олон тооны агрегат чулуулагт жигд тархана. Чулуулаг нь бүхэлдээ хлоритын агрегатаар нэвчигдсэн бөгөөд хлорит нь хос николд бор-халтар, нэг николд цайвар ногоон интерфренцийн өнгө үзүүлэх бөгөөд циозит, амфибол, плагиоклазын мөхлөгүүд хоорондын зайг дүүргэж тогтжээ. Амфибол нь 0,05-0,4 мм хэмжээтэй, чулуулагт жижиг зүүлэг, ялтас хэлбэрээр тохиолддог бөгөөд хоёрдогч кварц, хлоритоор хэсэгчлэн түрэгдсэн байна. Чулуулгийн бүхийл хэсэгт хоёрдогчоор үүссэн кварцын агрегат ихээр тохиолдох бөгөөд бусад эрдсийн агрегатуудыг түрсэн зүй тогтол ажиглагдана. Чулуулаг нь нематобласт (порфиробласт)? структуртай, цул текстуртай. Чулуулаг дахь циозит, амфибол, кварц нь хоёрдогчоор үүссэн байгаа бол плагиоклазын олон тооны реликт фенокрасст ажиглагдах бөгөөд эдгээр нь порфиробласт структуртай.



Зураг 176. Метабазальтын микрофото зураг. Дээж: а,б) SM26-5, Өсгөлт 10<sup>х</sup>

**Мета андезибазальт** (дээж SM26-5). Харин тус зузаалагт илрэх литологийн хувьд өөр нэгэн мета-андези-базальт нь плагиоклаз (50-55%), хлорит (15-20%), серицит (13-15%), кварц (8-10%), карбонат (3-5%)-аас бүрдэх бөгөөд цөөн тооны мусковитын агрегатууд тохиолдоно. Чулуулаг нь хувиралд орж анхдагч төрхөө алдан гипидиоморф структуртай, цул нягт текстуртай (Зураг 177). Плагиоклаз нь 0.05-0.5 мм хүртэлх хэмжээтэй, хавтгай призмлэг, зөв бус хэлбэртэй талстууд нь хоёрдогч кварцын мөхлөгүүдээр түрэгдэж сулхан серицитжсэн байна. Хлоритын агрегатууд нь чулуулагт бүхэлд нь нэвчсэн бөгөөд хос николд бор-хүрэн, нэг николд цайвар ногоон интерфренцийн өнгө үзүүлнэ. Серицит нь 0.05-0.15 мм хүртэлх хэмжээтэй, зөв бус хэлбэртэй маш олон тооны агрегат чулуулагт жигд тархана. Хоёрдогч кварц нь чулуулгийн бүхий л хэсэгт жигд тархсан бөгөөд бусад эрдэс, агрегатуудыг түрсэн зүй тогтол ажиглагдана. Карбонат нь чулуулгийн тодорхой нэг хэсэгт тааралдах бөгөөд плагиоклаз, хлорит, кварцын мөхлөгүүд хоорондын орон зайг дүүргэн оршино. Харин мусковитын урт нарийн хуудаслаг агрегатууд ганц нэгээр тааралдана.

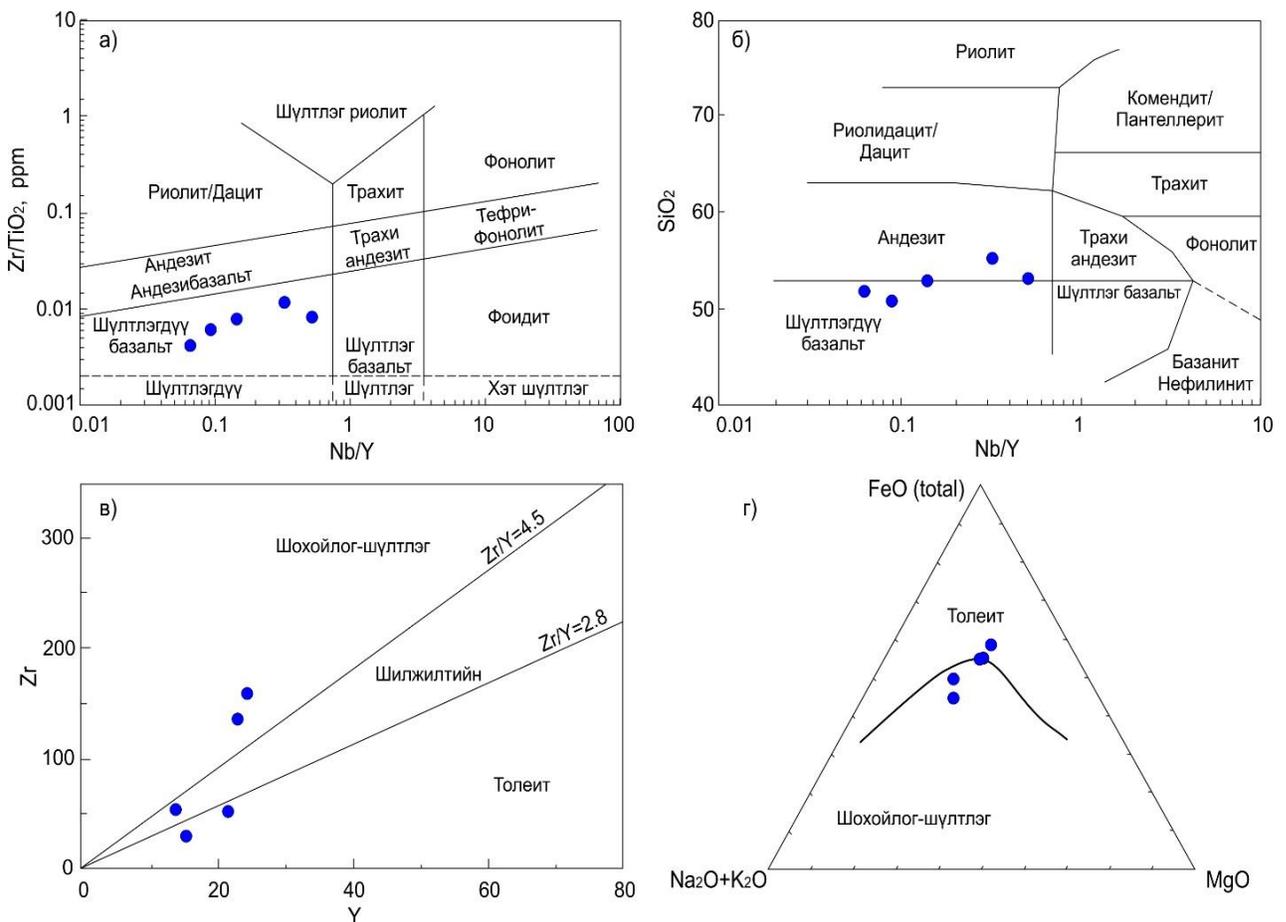


Зураг 177. Мета андезибазальтын микрофото зураг. Дээж: а,б) SM26-6, Өсгөлт 10<sup>х</sup>

Хээрийн ажлын явцад хийсэн макро ажиглалт болон петрографийн судалгааны дүнгээс авч үзэхэд силур (S)-ын ангилагдаагүй зузаалгийн бүрэлдэхүүнд гол төлөв

метабазальт, мета андези-базальт болон элсэн чулуу, алевролитаос тогтсон вулканоген болон тунамал гэсэн хоёр зузаалагт ангилж болохоор байна. Мөн тус зузаалгийг бүрдүүлж буй ихэнхи чулуулгууд нь серицит, карбонат зэрэг эрдэс үүссэн байгаа нь хагарлын бүсэд ойрхон байгаатай холбоотой байж болох юм.

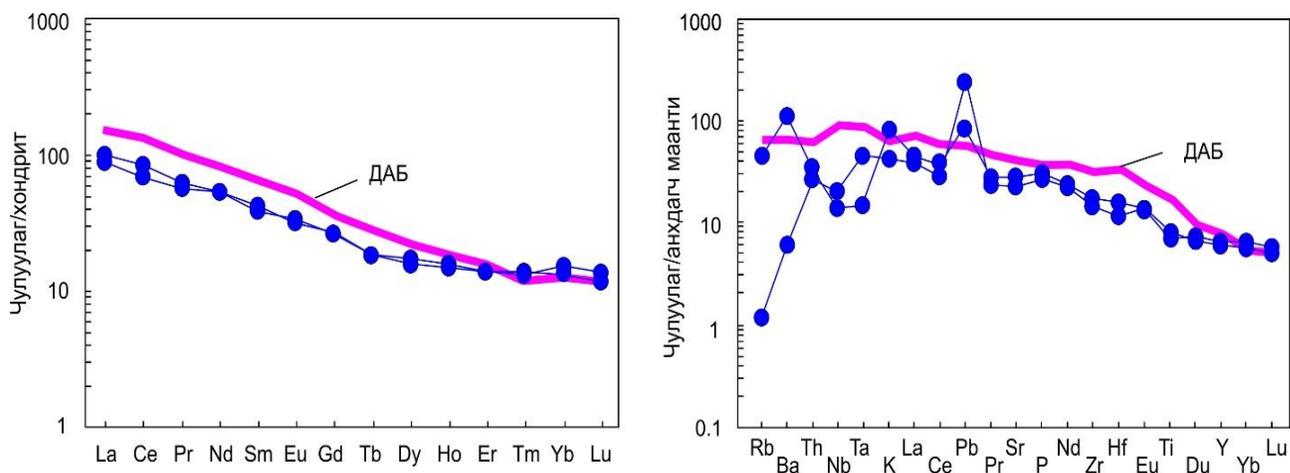
**ВУЛКАНОГЕН ЧУЛУУЛГИЙН ГЕОХИМИ.** Вулканоген чулуулгийн хоёрдогч хувиралд тогтвортой элементүүд болох Nb/Y-Zr/TiO<sub>2</sub> ба Nb/Y-SiO<sub>2</sub> харьцуулсан диаграмм дээр силурийн ангилагдаагүй зузаалгийн чулуулгууд нь шүлтлэгдүү найрлагатай базальтын талбайд буусан байна (Зураг 178а, б). Харин Zr-Y харьцааны ба AFM гурвалжин диаграммууд дээр базальтууд нь толиетын болон шохойлог-шүлтлэг эгнээнд хамаарна (Зураг 178в, г).



Зураг 178. Вулканоген чулуулгийн ангиллын а) Nb/Y-Zr/TiO<sub>2</sub> б) Nb/Y-SiO<sub>2</sub> болон в) Y-Zr диаграммууд (Winchester and Floyd, 1977); г) AFM диаграмм (Irvine and Baragar, 1971)

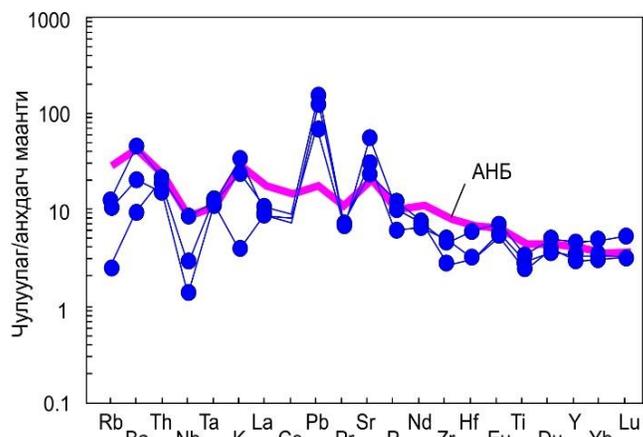
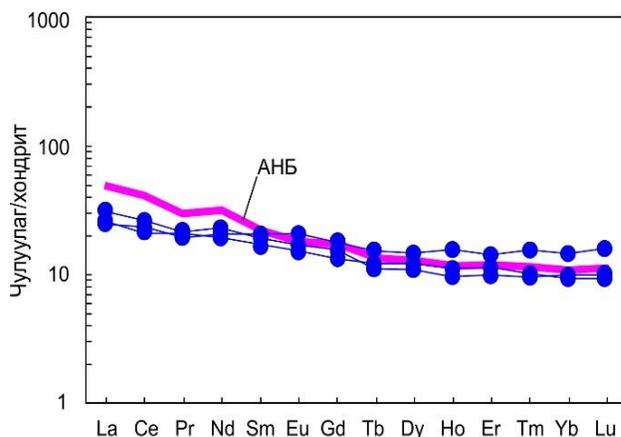
Вулканоген чулуулгуудын C1 хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн тархалтын муруйд 2 төрлийн тархалтын хэлбэр илрэх бөгөөд үүнд: ХөгХЭ-ээр баяжсан (La<sub>n</sub>/Yb<sub>n</sub>=6.6), ХөгХЭ-ээр бага зэрэг ядуурсан (La<sub>n</sub>/Yb<sub>n</sub>=1.7-3.1) хэлбэрүүд болно. Мөн түүнчлэн зарим сарнимал элементүүдийн харьцааг тооцоолбол (La/Sm<sub>n</sub>=2.3-2.4; Gd/Yb<sub>n</sub>=1.7-2) – далайн арлын базальт (ДАБ); (La/Sm<sub>n</sub>=1.2-1.6; Gd/Yb<sub>n</sub>=1.2-1.6) – арлан нумын базальт (АНБ) гэсэн 2 төрөл ялгагдаж болохоор байна.

**Далайн арлын базальт:** ДАБ нь (дээж SM26-4, SM26-6)  $Mg\# = 36.7-39.7$ ,  $Fe_2O_3 = 8.4-10\%$ ,  $TiO_2 = 1.4-1.6\%$ ,  $P_2O_5 = 0.5\%$ ,  $Al_2O_3 = 17.2\%$  байхад  $SiO_2$  агуулга  $53-55.3\%$ . Энэ төрлийн базальтууд нь өндөр титаны ислийн агуулгатай ( $TiO_2$  дундаж  $= 1.5\%$ ), ГХЭ-ийн хувьд ХөгХЭ-ээр баяжсан (Зураг 179а) шинж чанартай бөгөөд  $La/Sm_n = 2.3-2.4$ ,  $Gd/Yb_n = 1.7-2$ , бага  $Zr/Nb = 0.7-1.3$ ,  $Al_2O_3/TiO_2 = 10.2-11.8$ . Базальтууд нь олон элементийн спайдер диаграмм дээр Nb-ын эерэг гажил үзүүлдэг бөгөөд энэ нь маантийн плюмийн эх үүсвэртэй болохыг харуулдаг (Safonova et al., 2011a). Анхдагч маантид нормчилсон сарнимал элементүүдийн спайдер диаграмм том ионт литофил элементүүдийн (Rb, Ba, Nb, Ta) бага агуулгатайн зэрэгцээ сүбдүкц/эх газрын компонентийн бохирдолтой холбож үздэг бөгөөд Nb-ийн сөрөг, Pb-ийн эерэг гажлуудыг тод агуулж байгаа нь бохирдолтыг улам баталгаажуулж байна (Зураг 179б).



Зураг 179. а) C1 хондритийн найрлагаар нормчилсон ГХЭ-ийн тархалтын муруй;  
 б) анхдагч маантид нормчилсон сарнимал элементүүдийн спайдер диаграмм.  
 Нормчлолын өгөгдлийг Sun & McDonough (1989)-ын ажлаас авав.

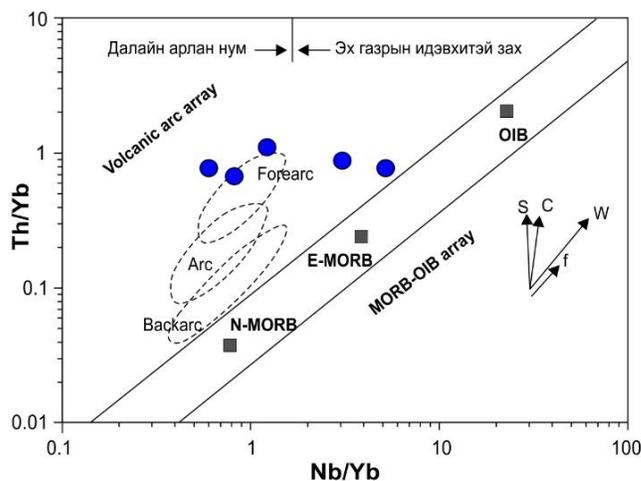
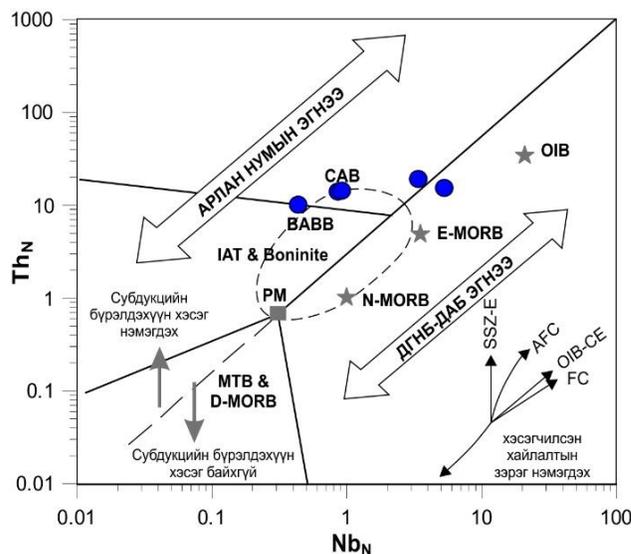
**Арлан нумын базальт:** АНБ нь (дээж SM26-3, SM26-5, 2550)  $Mg\# = 34.4-36$ ,  $Fe_2O_3 = 8.2-12$  жин.%,  $TiO_2 = 0.7-0.9$  жин.%,  $P_2O_5 = 0.1-0.2$  жин.%,  $Al_2O_3 = 17-17.6$  жин.% байхад  $SiO_2$  агуулга  $50.8-53.1$  жин.%. Тус чулуулгийн C1 хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн хэлбэр нь далайн арлын базальтаас ХөгХЭ-ийн хувьд үнэмлэхүй агуулгаараа харьцангуй бага болох нь харагдана (Зураг 180а). Анхдагч маантийн найрлагаар нормчилсон сарнимал элементүүдийн спайдер диаграммд маантийн гарал үүсэлтэй далайн базальтуудаас ихээхэн ялгаатай байна. Олон элементийн спайдер диаграммд ихэнхи дээжнүүдийн хувьд том ионтой литофил элементийн (Rb, Ba, Th, K) өндөр, жижиг ионтой өндөр цэнэгтэй элемент болох Ti-ын бага агуулгатайн зэрэгцээ сүбдүкц/эх газрын компонентийн бохирдлоор тайлагддаг Nb-ийн сөрөг Pb, P-ийн эерэг гажлуудыг тод агуулж байна (Зураг 180б).



Зураг 180. а) С1 хондритийн найрлагаар нормчилсон ГХЭ-ийн тархалтын муруй; б) анхдагч маантид нормчилсон сарнимал элементүүдийн спайдер диаграмм. Нормчлолын өгөгдлийг Sun & McDonough (1989)-ын ажлаас авав.

### Вулканоген чулуулгуудын үүслийн геодинамикийн нөхцөл.

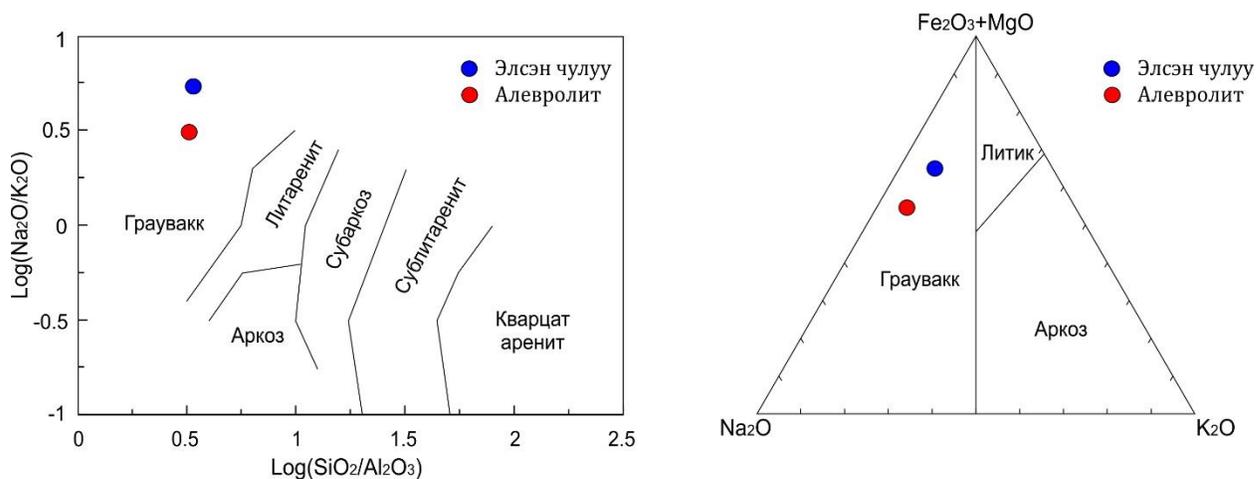
Вулканоген чулуулгууд нь ХөгХЭ-ээр баяжихын зэрэгцээ Nb-гийн бага, харин Rb-ын өндөр агуулгатай байгаа зэрэг нь тэдгээрийг эх газрын царцдасын материалын бохирдлыг илтгэх бол Ti-ны сөрөг гажил нь субдукцын бүсийн ойролцоо арлан нумын эсвэл эх газрын идэвхтэй захын геодинамик нөхцөлд үүссэн байж болохыг харуулж байна. Гэвч иймэрхүү төрлийн геохимийн шинж чанартай суурилаг найрлагатай вулканоген чулуулаг мөн тэлэлтийн буюу аккрецийн явцад үүсэх боломжтой талаар зарим судалгааны ажлуудад дурдагдсан байдаг. Иймээс бид геодинамик орчныг тодруулах зорилгоор ашиглагддаг NbN-YhN диаграммыг ашиглан боловсруулалт хийж үзвэл силурын ангилагдаагүй зузаалгийн андезибазальт нь далайн арлын базальтын шинж чанарыг, харин афирлаг болон метабазальтууд нь эх газрын нумын болон шүлтлэг нумуудын хэсэгт буусан бол Nb/Yb-Th/Yb хамаарлын диаграмм дээр ч мөн адил ижил шинжийг харуулж байгаа нь давхар батлагдана (Зураг 181).



Зураг 181. а) Nb болон Th N-MORB агуулагчаар нормчилсон дискриминацийн диаграмм (Sun and McDonough, 1989), б) – Th/Yb-Nb/Yb вулканоген чулуулгийн үүслийн геодинамик орчинг тодорхойлох дискриминацийн диаграмм (Pearce, 2008)

## ТУНАМАЛ ЧУЛУУЛГИЙН ГЕОХИМИ.

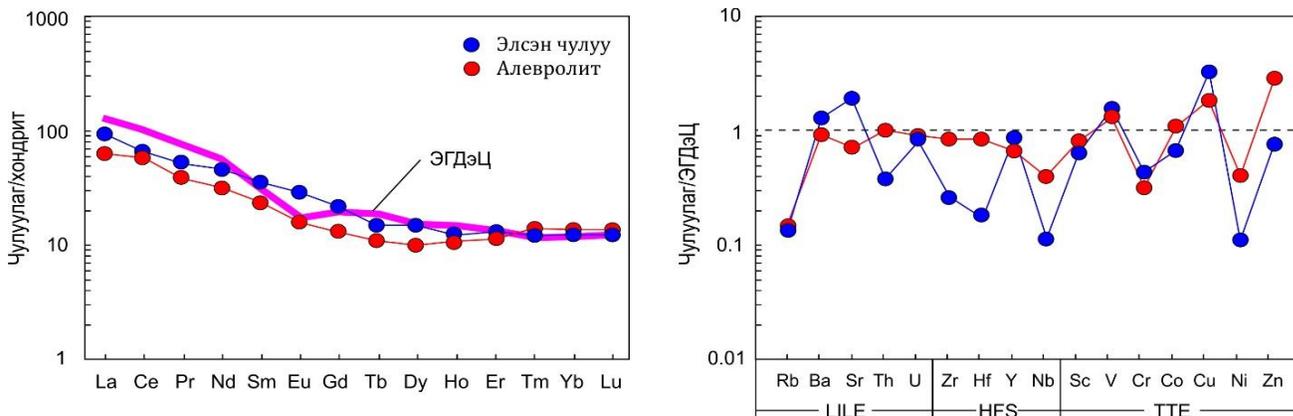
Силурын ангилагдаагүй зузаалгийн элсэн чулуунд  $\text{SiO}_2$  агуулга бага 58.3%, алевролит нь  $\text{SiO}_2$  агуулга 60.9% байдаг. Тунамал чулуулгуудын петрохимийн шинжилгээний дүнд үндэслэн хийсэн тунамал чулуулгийн ангиллын төрлийг тодорхойлох дискриминацийн диаграммууд дээр (дээж SM26-1, SM26-2) алевролит болон элсэн чулуу нь граувакк найрлагатай болох нь харагдана (Зураг 182).



Зураг 182. Тунамал чулуулгийн ангиллын а) *Pettijohn et al., 1972*, б) *Blatt et al., 1980* диаграммууд

ГХЭ-ийн нийлбэр агуулга алевролитын (дээж SM26-1) 84,2 г/т байх бол элсэн чулуунд (дээж SM26-2) 109 г/т байна. С1 хондритоор нормчилсон ГХЭ-ийн диаграммаас харахад элсэн чулуу нь алевролитыг бодвол ГХЭ-ээр бага зэрэг баяжсан байхаас гадна Eu ямар нэгэн гажил илрээгүй байгаа нь суурилаг найрлагатай чулуулгийн геохимийн шинжийг харуулна (Зураг 183а). Олон элементийг ЭГДэЦ (эх газрын дээд царцдас)-ын дундаж утад нормчлон байгуулсан диаграммаас харахад алевролит нь ЭГДэЦ-ын дундаж агуулгатай ерөнхийдөө ойролцоо боловч Rb, Nb зэрэг элементүүдээр бага зэрэг ядуурсан байгаа нь хээрийн жоншны оролцоо байсныг илтгэж байна. Харин элсэн чулуунд өндөр цэнэгтэй элементүүд (ӨЦЭ) болох Rb, Th, Zr, Hf, Nb элементүүдээр ядуурсан, шилжилтийн элементүүдээр ЭГДэЦ-ын дундаж агуулгатай харилцан адилгүй хэлбэлзэж байгаа зэрэг нь дундлаг суурилаг чулуулгийн өгөршлийн үр дүнд үүссэн байх боломжтойг давхар илтгэж байна (Зураг 183б).

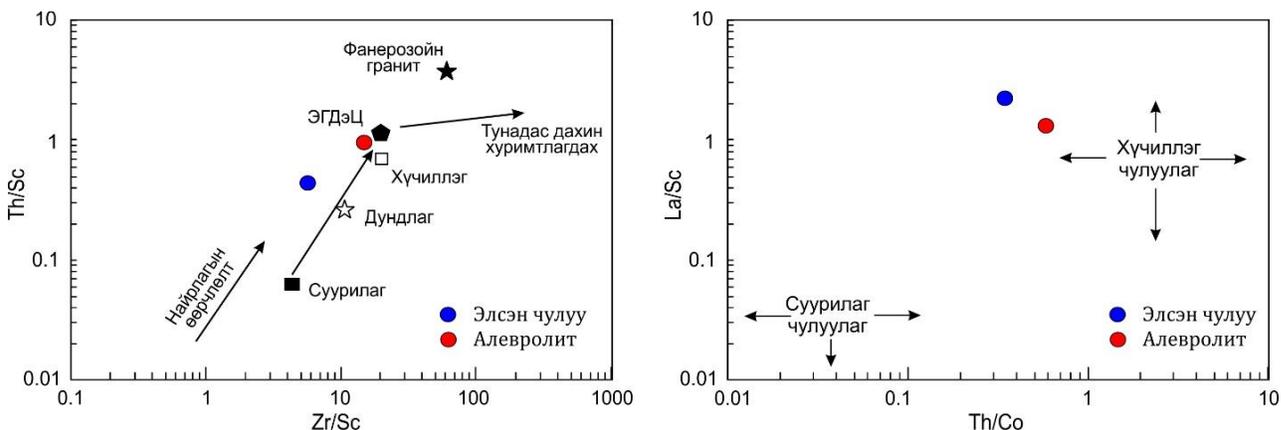
Тус зузаалгийн бүрэлдэхүүнд багтаж байгаа тунамал чулуулгууд гол ислийн агуулгаараа ойролцоо боловч ГХЭ болон бусад элементүүдийн шинжээрээ өөр өөр эх үүсвэртэй байж болохоор харагдаж байна.



Зураг 183. Тунамал чулуулгийг . а) C1 хондритод нормчилсон ГХЭ-ийн диаграмм (Sun and McDonough, 1989), б) ЭГДэЦ-ын дундаж утгад нормчилсон олон элементийн спайдер диаграмм (Taylor and McLennan, 1985)

### Тунамал чулуулгуудын эх үүсвэр, хурдас хуримтлалын орчин, геодинамик нөхцөл.

Судалгааны талбайд тархалттай тунамал чулуулгуудын эх үүсвэрийн төрлийг тодорхойлох Zr/Sc ба Th/Sc харьцааны диаграмм (McLennan et al., 1993) болон мөн хүчиллэг (Th, La) ба суурьлаг (Sc, Co) чулуулагт агуулагдах онцлогт нь тулгуурлан боловсруулсан (McLennan et al., 1990; Cullers, 2002) Th/Co ба La/Sc харьцааны дискриминацийн диаграммууд дээр силурын ангилагдаагүй зузаалгийн алевролит нь (дээж SM26-1) хүчиллэг маагмын чулуулгаас, харин элсэн чулуу (дээж SM26-1) нь дундлаг найрлагатай маагмын чулуулгийн эх үүсвэртэй болох нь харагдаж байна (Зураг 184).

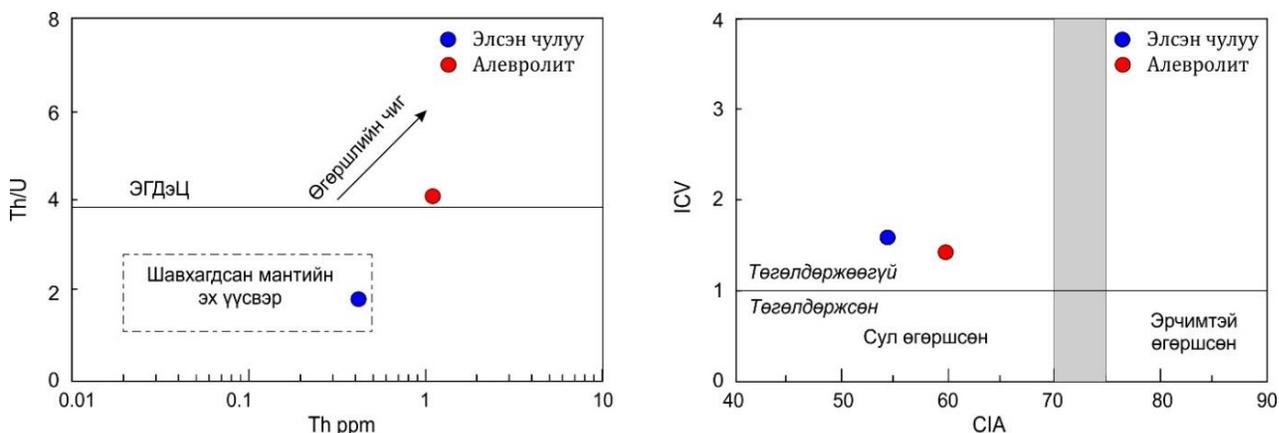


Зураг 184. Тунамал чулуулгийг эх үүсвэрийг тодорхойлох даграмм. а) Th/Sc болон Zr/Sc харьцааны диаграмм (McLennan et al., 1993). б) Th/Co ба La/Sc дискриминацийн диаграмм (Cullers, 2002)

Th/U харьцаа нь өгөршлийн нөхцлийг тодруулахад ба өгөршил нэмэгдэхэд энэ харьцаа нь тунамал чулуулагт нэмэгддэг бөгөөд энэхүү харьцаа нь тунамал чулуулгийн эх үүсвэрийг тодорхойлоход үр дүнтэй үзүүлэлт болдог (Roddaz et al., 2006). Th/U харьцаа бага байх нь маантийн эх үүсвэртэй вулканоген чулуулагт түгээмэл байдаг. Th/U харьцаа нь 4-өөс дээш байвал өгөршилд их орсонтой холбоотой гэж үздэг (McLennan et al., 1995) ба ЭГДэЦ-ын дундаж утга 3.80 байдаг. Бидний судалгаа хийсэн

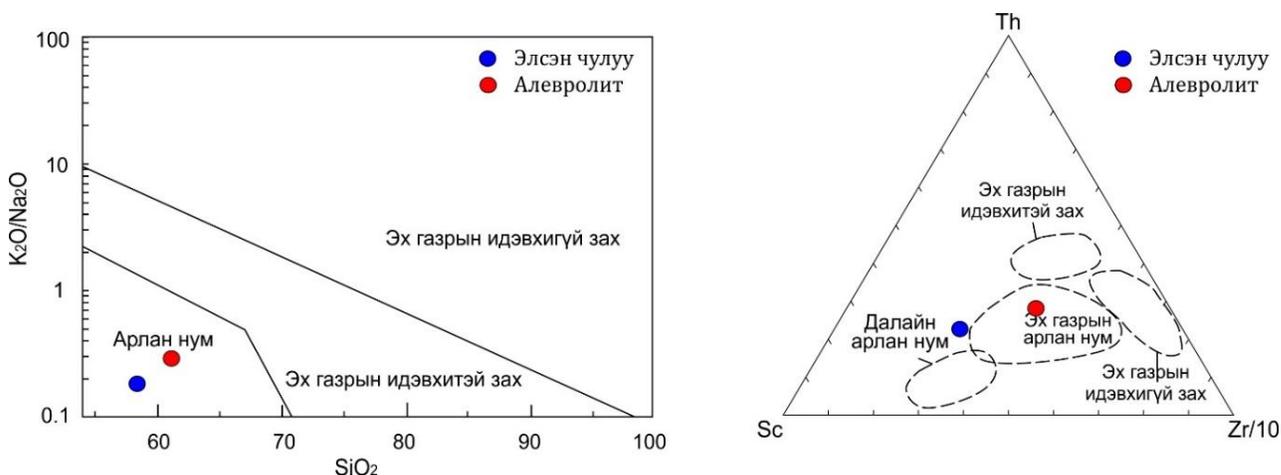
талбайн элсэн чулууны (дээж SM26-2) Th/U харьцааны утга 1.8 байгаа нь өгөршилд бага орсонтой холбоотой, харин цайвар ногоон өнгийн алевролитын (дээж SM26-1) Th/U харьцааны утга 4 байгаа нь өгөршилд орсонтой холбоотой бөгөөд ЭГДэЦ-ын дундаж утгатай ойролцоо байна (Зураг 185а).

Химийн хувирлын индекс (CIA) ба найрлагын өөрчлөлтийн индекс (ICV)-ийн хамаарлын диаграммыг харахад элсэн чулуу болон алевролитын CIA утга 54.4-59.8, ICV утга 1.4-1.6 байгаа нь шаварлаг эрдсийн оролцоо бага, өгөршилд автаагүйн зэрэгцээ тектоникийн идэвхижилт ихтэй муж буюу эх газрын идэвхтэй захын нөхцөлд үүссэн чулуулгийн хуримтлалаар тайлбарлагдана (Cox et al., 1995) (Зураг 185б).



Зураг 185. а) Th болон Th/U-ын харьцааны дайграмм (McLennan et al., 1993), б) Химийн хувирлын индекс (CIA) ба найрлагын өөрчлөлтийн индексийн (ICV) диаграмм (Cox et al., 1995)

**ГЕОДИНАМИК ОРЧИН.** Тунамал чулуулгийн судалгаанд өргөн хэрэглэгддэг Roser болон Korsch нарын боловсруулсан SiO<sub>2</sub> агуулга болон K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O харьцаагаар тектоник орчныг тодорхойлох диаграммд силурын ангилагдаагүй зузаалгийн элсэн чулуун, алевролит нь арлан нумын нөхцлийг зааж байна (Зураг 186а). Бхатия нарын боловсруулсан ГХЭ-ийн диаграммуудыг түлхүү ашиглан үр дүнгүүдээр диаграммыг байгуулж үзэхэд элсэн чулуу, алевролит нь мөн эх газрын арлан нумын нөхцөлд хуримтлагдсан болох нь харагдаж байна (Зураг 186б).



Зураг 186. Геотектоник орчныг тодорхойлох тунамал чулуулгийн гол ислүүд болон сарнимал элементүүдийн харьцуулсан диаграмм (Roser and Korsch., 1986; Bhatia., 1983; Bhatia and Crook, 1986)

## ДҮГНЭЛТ.

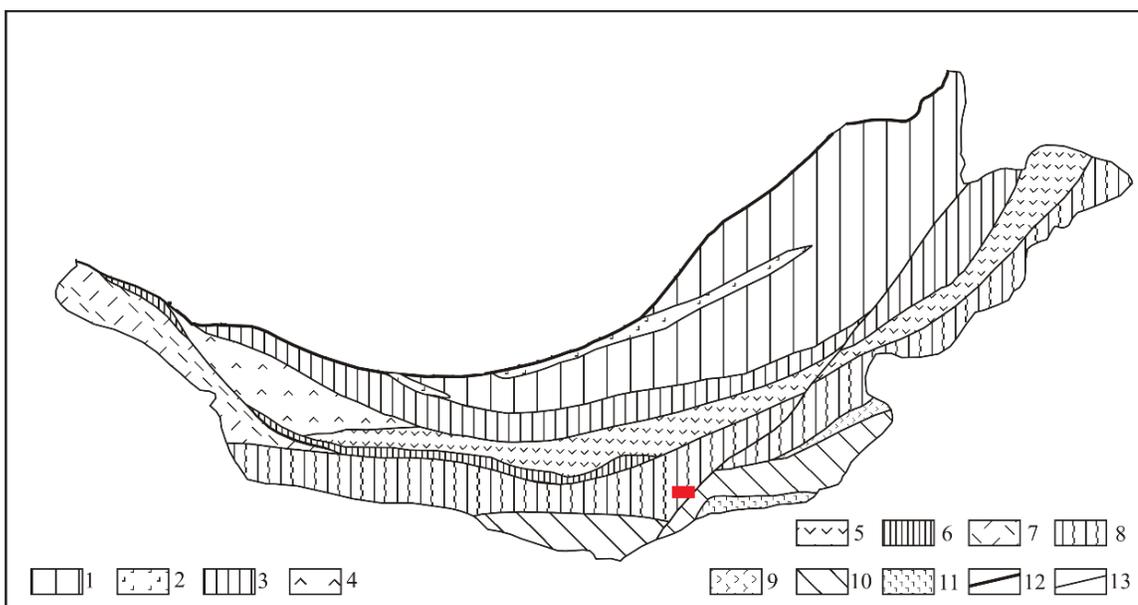
Өмнөд Говийн эртний массивын Нүхтдавааны Блокийн суурь ба хучаас бүрдэлд хамаарагддаг Сүмтнуур метакомплекс, Шогшоохонгор формац болон тэдгээрийг түрсэн Сүмт ба Нүхэтдаваа бүрдлийн хээрийн судалгааг Сүмт нуурын дүүрэгт, Хутагуул метакомплекс, Норовзээг, Хөөвөр формац ба силурийн ангилагдаагүй зузаалагт ялгагдсан хурдас чулуулгийн хээрийн судалгааг Алаг баян уулын дүүрэгт тус тус явуулж хээрийн судалгааны материалыг хурдас чулуулгийн петрографи, геохими болон геохронологийн судалгаатай нэгтгэн боловсруулсны үр дүнд дараах гол дүгнэлтүүдийг хийлээ. Үүнд:

- Сүмт нуурын дүүрэгт Сүмтнуур метакомплексийн бүрэлдэхүүнд багтдаг метаэлсэн чулуу болон түүний дээд талд байрлах Шогшоохонгор формацын элсэн чулууны хурдас хуримтлалын насны доод хязгаар тус тус  $\sim 478$  с.ж ба  $\sim 460$  с.ж байгаад үндэслэн тус занаржсан метаэлсэн чулуутай нэгэн зузаалаг үүсгэн байрлаж буй занар, гнейс болон амфиболит зэргээс тогтох тус метакомплексийг палеопротерозой, эсвэл мезопротерозойд бус, харин доод ордовикийн үед эх газрын нумын нөхцөлд үүссэн гэж үзлээ.
- Шогшоохонгор уулын орчимд Сүмтнуур метакомплексод ялгагдаж байсан кварцитийн зузаалгийн хурдас хуримтлалын насны доод хязгаар  $421 \pm 8$  с.ж байгаад үндэслэн тус зузаалгийг доод-дунд девоны Шогшоохонгор формацад ангилах нь зүйтэйг баталгаажуулсанаас гадна Холбоо Толгойн өмнөд талын тектоникийн блокт Шогшоохонгор формацад ангилагдсан элсэн чулууны хурдас хуримтлалын насны доод хязгаар  $460 \pm 5$  с.ж байгаад тулгуурлан тус зузаалгийг Нүхэтдавааны блокийн баруун ба зүүн талд тус тус ялгагддаг Хөөвөр ба Хартолгой формацуудын түвшинд буюу дунд-дээд ордовикт ангилах зүйтэй гэж үзлээ.
- Сүмтнуур метакомплексийн чулуулаг нь ойролцоогоор түрүү силурийн үед амфиболитийн фаацын метаморфизмд автсан байх магадлалтай бөгөөд энэ үед альмандины бүлгийн иттрийн гранат үүссэн бол хожуу девон болон пермь-триасын үед идэвхжсэн гидротермал уусмалын нэвчилтийн нөлөөгөөр ГХЭ-ийн өндөр агуулга бүхий ксенотим ба монацит үүссэн байна.
- Хэдийгээр чулуулагт нь ГХЭ-ийн өндөр агуулга тогтоогдоогүй боловч түүнд агуулагдах ксенотим нь Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu зэрэг ХүГЭ-ээс гадна Y ба U-ны өндөр агуулгатай (ксенотим-Y), харин монацит нь La, Ce, Pr, Nd, Sm зэрэг ХөГХЭ-ээс гадна Th-ийн өндөр агуулгатай (монацит-Ce) бөгөөд гранат нь иттрийн исэл ( $Y_2O_3$ ) нэлээд хэмжээгээр агуулсан болохыг илрүүллээ. Алаг баян уулын дүүрэгт палеопротерозойн Хутаг-Уул метакомплекс ба мезопротерозойн Норовзээг формацад тус тус ангилагдаж ирсэн зузаалгуудыг голлон бүрдүүлж буй чулуулгуудын литологийн найрлага ерөнхийдөө ойролцоо байгаа нь тэдгээрийг нэг формацад ангилах нь зүйтэй байхаар байна. Гэхдээ энэхүү таамаглалыг чулуулгийн петрографи болон геохимийн онцлогоор нь давхар харьцуулан шалгах нь зүйтэй гэж үзлээ.

- Алаг баян уулын дүүрэгт тархалттай метаморф зузаалгийн парагнейс болон зузаалагт агуулагдах гранулитийн (амфибол-пироксент ортогнейс) будины цирконуудын геохронологийн шинжилгээний дүнгээр тус метаморф зузаалгийг 547 с.жээс хожуу буюу түрүү кембрийн эхэн үед хуримтлагдсан болохыг илрүүлснээс гадна  $451.6 \pm 5.1$  с.ж орчимд буюу хожуу ордовикийн цаг үед гранулитийн фаацын метаморфизмд автсан болохыг тогтоолоо. Мөн гранулитийн будинд тогтоогдсон метаморф цирконуудын насны өгөгдлөөр тус бүс нутгийн хэмжээнд мөн пермийн цаг үед ч метаморфизм эсвэл гидротермал уусмалын идэвхжилт явагдсан байх магадлалтай байна.
- Хээрийн судалгааны явцад хийгдсэн ажиглалт судалгаа болон петрографийн судалгааны дүнгээр Алаг баян уулын дүүрэгт Хутаг-Уул метакомплекс ба Норовзээг формацаар зураглагдсан метаморф зузаалгийн бүрэлдэхүүнд тус тус тохиолддог гнейс, занар, амфиболит нь хоорондоо эрдсийн бүрэлдэхүүн ба бодисын найрлагын хувьд ижил байгаа нь тогтоогдсон тул бид эдгээр зузаалгуудыг нэгтгэн Норовзээг формацад ангилж насыг нь судалгааны өнөөгийн түвшинд дээд неопротерозойд ангиллаа.
- Хөөвөр формацын насыг өмнө судлаачид сээр нуруугүй амьтдын үлдвэрээр дунд-хожуу ордовик гэж тогтоосныг микрофауны үлдвэр болох конодонтоор баталгаажууллаа. Цаашид нэмэлт дээжийг литологийн тодорхой үеүдээс цуглуулан боловсруулж конодонт амьтны систематикийн бүрэлдэхүүнийг тогтоох судалгааг үргэлжлүүлэх нь зүйтэй.
- Силурийн ангилагдаагүй зузаалгийн бүрэлдэхүүнд шүлтлэг найрлагатай афирлаг базальт, метабазальт, метаандези-базальт болон грауваккийн найрлагатай элсэн чулуу, алевролитаос тогтсон вулканоген болон тунамал зузаалгуудыг ялгалаа. Базальтууд нь геохимийн шинжээрээ далайн арлын базальт болон арлан нумын базальт гэсэн эх үүсвэр бүхий 2 өөр төрөлд ялгагдаж байгаагаас гадна эдгээр базальтууд нь сүбдүкцийн бүс рүү аккрецилагдаж эх газрын компонентоор бохирдон метаморфжих процесст ихээхэн автсан байна.
- Алевролит ба элсэн чулуу нь грауваккийн найрлагатай бөгөөд голлох болон ховор элементүүдийн найрлагаар эх газрын арлан нумын нөхцөлд үүссэн дундлаг болон хүчиллэг найрлагатай эх үүсвэртэй чулуулгуудын элэгдлээр хол биш зайд зөөгдөн хуримтлагдсан болохыг тогтоолоо. Цаашид тус вулканоген-тунамал зузаалгийн насны асуудлыг эцэслэн тогтоох геохронологи болон изотопын нарийвчилсан судалгаа шинжилгээний ажил хийхээр төлөвлөж байгаа болно.

## 4.2. ГОВИЙН ТЭНГЭР УУЛЫН БЛОКИЙН СУУРЬ БА ХУЧААС БҮРДЛҮҮДИЙН ГЕОЛОГИ, ГЕОХРОНОЛОГИ, ГЕОХИМИ

Судалгааны талбай нь тектоник мужлалын хувьд Өмнөд Говийн эртний массивын Говийн Тэнгэр уулын блокийн зүүн хэсэгт байрлана (Зураг 187). Тус блокийн атриат суурийн илрэл одоогоор тогтоогдоогүй боловч тус блокийн баруун хэсэг, Атас богдын дүүрэгт палеозойгоос өмнөх насны талст суурийн метаморф чулуулгийн үлдэгдэл ангилагдах магадлалтай талаар мэдээлсэн нь бий (Лхүндэв нар., 2013). Харин зүүн талдаа ихэнхдээ палеонтологийн үлдвэрүүдээр нас нь баталгаажсан дээд силур-девоны тунамал-вулканоген болон доод карбоны терриген хурдсаас бүрдэх боловч тэдгээрийн тектоник-стратиграфийн дарааллаар өөр хоорондоо ялгаатай байдаг (Төмөртоого, 2012).



Зураг 187. Өмнөд Монголын ороген мужуудын тектоник мужлалтын схем (О. Төмөртоого, 2012).  
Улаан дөрвөлжин – судалгааны талбай

Иймээс бид төслийн ажлын явцад Өмнөд Говийн массивын Говийн Тэнгэр уулын блокийн баруун захад Атас Богд уулнаас эхлэн зүүн тийш Хан Богд уул хүртэл талбайнуудад тасалдалтайгаар үргэжилдэг Төмөрт формацын судалгааг явуулсан юм. Төмөрт формацыг анх В.М.Синицин (1956) Баянхонгор аймгийн Шинэжинст сумын нутаг Говийн Тэнгэр уулын баруун төгсгөлд анх ялгаж ордовикт хамааруулсан бөгөөд хожим нь Н.Г.Маркова (1975) уг хурдсын бүрэлдэхүүн, тогтцын талаар судалгаа хийжээ. Төмөрт формацын хурдас нь нийтдээ метаморф хувиралд нэлээд автаж ногоон занараас хааяа амфиболитын фацын хувиралд орсон байдаг. Лхүндэв нар (7260Ф) “УГЗ-200” төслийн ажлаар тухайн хурдсаас К-47-Х хавтгайн Бажууны Аараг орчимд Төмөрт формацад зураглагдсан элсэн чулуунаас мөрхөлтөн: *Tuvaella gigantea Tchernychev (1937)*; *Sprigina sf marginalis (Dalman, 1828)*, *Atrypa sp.*; хясаа: *Mytilarca sp.*; криноид: *Ctenocrinus cf. pisillus Stukalina, 1986*, *Medinecrinus cf. vulgaris Stukalina, 1986* (Г.Сэрсмаагийн тодорхойлолт) илрүүлэн лудлов-доод девоны цаг үед хамаарахыг

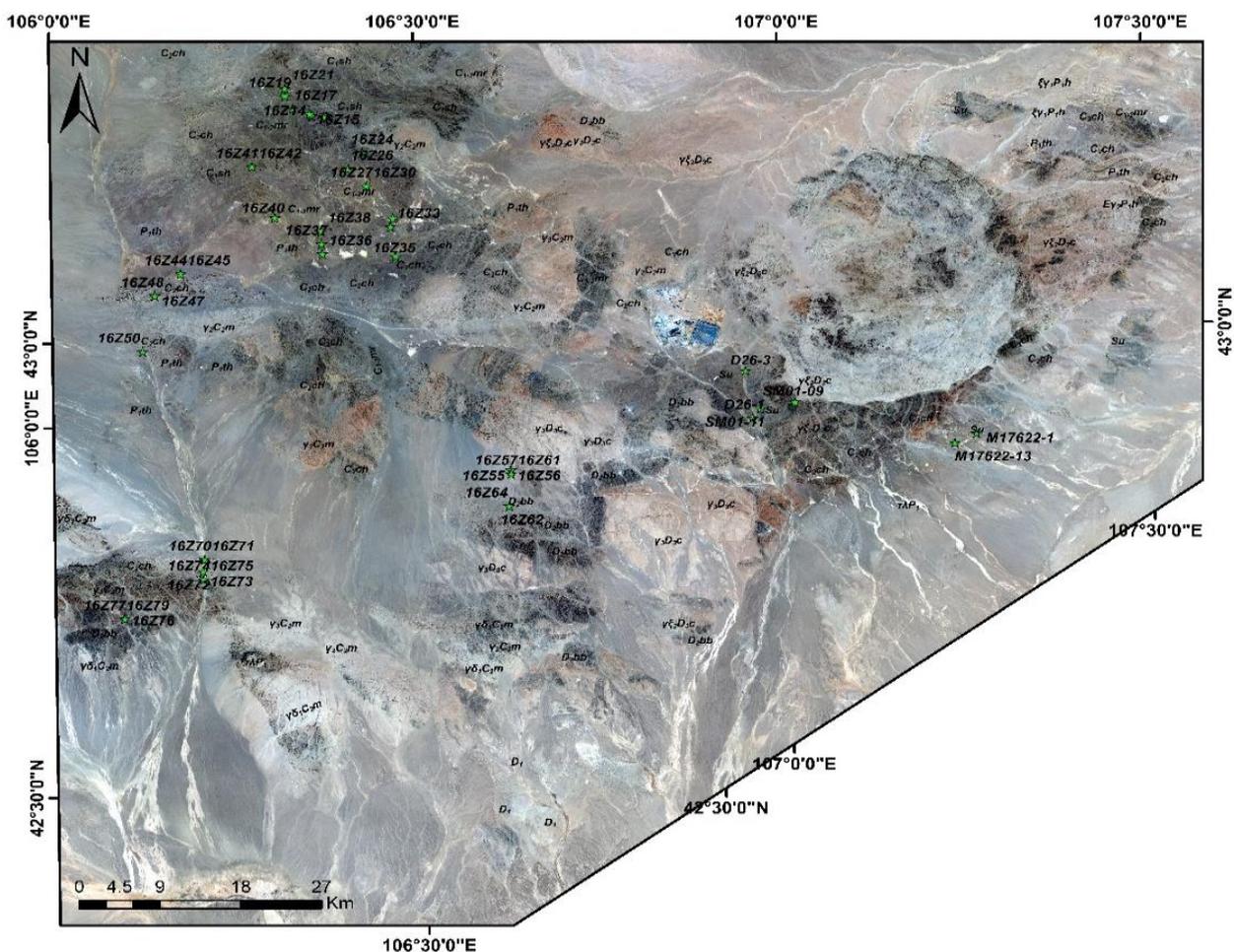
тэмдэглэсэн байдаг. Мөрхөлтөний зүйл *Tuvaella gigantea Tchernychev (1937)* зөв тодорхойлогдсон тохиолдолд зөвхөн силурын хурдаснаас илэрдэг ба *T.gigantea* зүйл нь лудловын цаг хугацааг заадаг онцлогтой. Харин янз бүрийн цаг хугацаанд хийгдсэн геологийн зургуудаас авч үзвэл Төмөрт формацаар зурагласан бусад талбайнуудын хэмжээнд амьтны үлдвэр бараг тодорхойлогдоогүй бөгөөд зөвхөн геологийн харьцуулалтанд үндэслэн ялгасан байдаг. Харин 2004 онд ШУТИС-ийн Стратиграфи, палеонтологийн судалгааны төвөөс Оюу толгой ордын дүүрэгт нарийвчилсан стратиграфийн судалгаа явуулсаны үр дүнд урьд өмнө Төмөрт формацад ангилагдаж байсан зузаалгийг Ундаан нэртэйгээр шинэ формацад ялгаж тулгуур зүсэлтийг Хан Богдын массивын баруун талд бичиглэсэн байдаг. Уллаж байгаа хурдас нь тодорхойгүй бөгөөд угаагдлын гадаргуутай Сайншандхудаг формацын хурдсаар хучигддаг харьцаатай. Ундаан формацын насны асуудал нилээд асуудалтай гэсэн бөгөөд түрүү палеозойд хамааруулсан байдаг. УГЗ-200 зураглалын ажлын явцад уг формацын тархалтыг өргөсгөж массивын өмнө болон хойд хэсэгт урьд өмнө Төмөрт формацад ангилагдаж байсан зузаалгуудыг Ундаан формацад ялгасанаас гадна, Номгон сумын дүүрэгт Хөрхийн нуруунд зураглаж насыг силурын төвшинд авч үзсэн байна.

Ийнхүү Говийн Тэнгэр уулын Блокийн хэмжээнд Төмөрт формацад ангилагдаж байсан зузаалгуудын зарим нь насны тодорхой үндэслэлгүйгээр Ундаан формацад ангилагдах болсон байдаг. Иймээс бид төсөл хэрэгжих явцад Говийн Тэнгэр уулын Блокийн зүүн талд буюу Хан Богдын массивын баруун ба өмнөд талд орших Ундааны хуурай сайр болон Харганатын амны орчимд тархалттай Ундаан формац ба түүний дээд талд угаагдалтайгаар байрладаг карбоны формацуудын судалгааг явуулсан бөгөөд үр дүнг “Цохиотын дүүрэг” дэд бүлэгт харуулав. Мөн Төмөрт формацаар зураглагдсан зузаалгуудын судалгааг Говийн Тэнгэр уулын Блокийн баруун талд явуулсан үр дүнгүүдийг “Атас Богд-Төмөртийн нурууны дүүрэг” дэд бүлэгт тусган харуулсан болно.

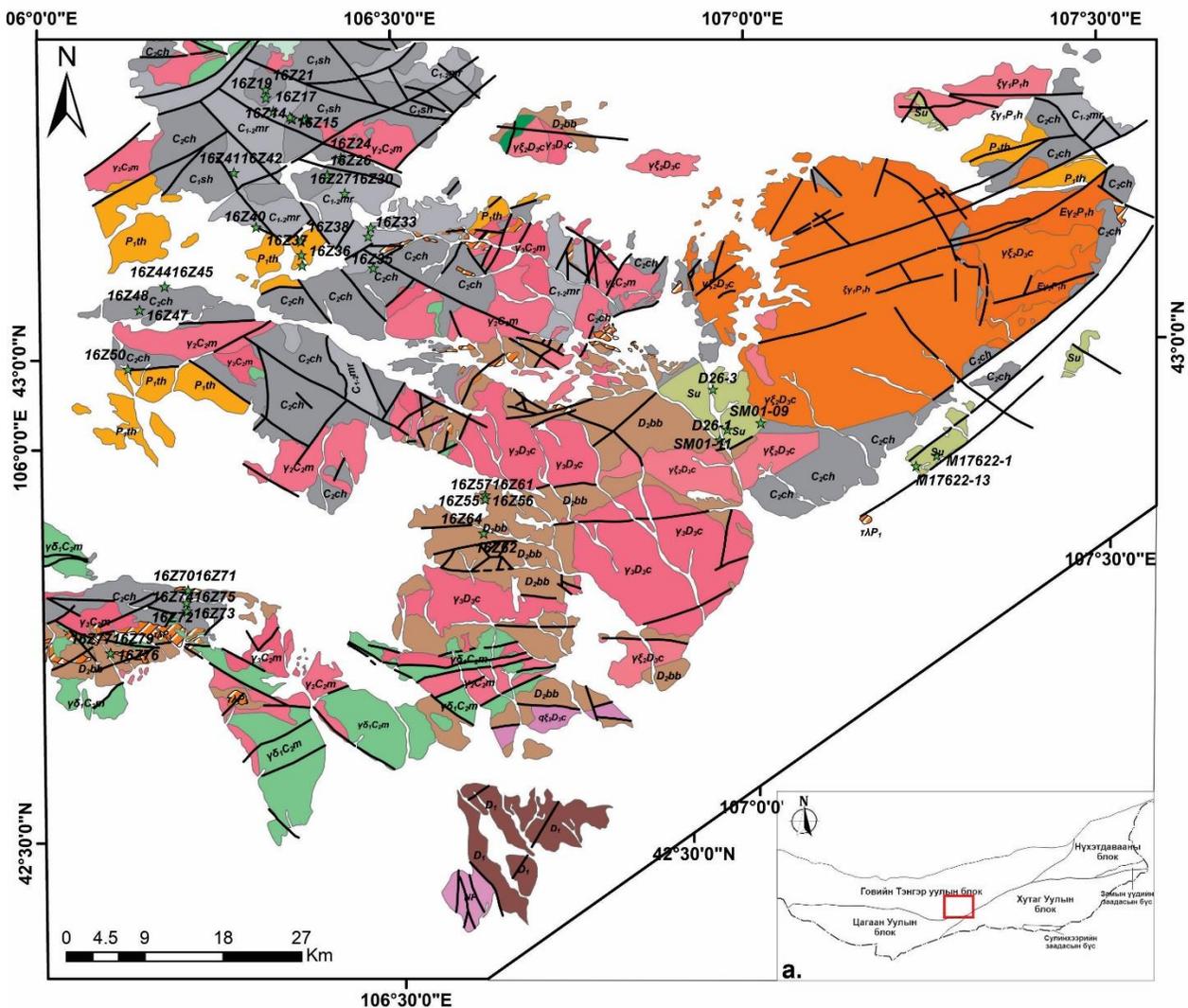
#### 4.2.1. ЦОХИОТЫН ДҮҮРЭГ

**ГЕОЛОГИЙН ТОГТОЦ.** Цохиотын дүүргийн хэмжээнд өмнөх судалгаагаар хийгдсэн геологийн зураглалын ажлаар неопротерозойн (NP) ангилагдаагүй хурдас, доод силурын Ундаан (Su), дунд девоны Булагбаян (D<sub>2bb</sub>), доод карбоны Сайншанд (C<sub>1sh</sub>), доод-дээд карбоны Мөргөцөг (C<sub>1-2mr</sub>), дээд карбоны Цохиот (C<sub>2ch</sub>) болон доод пермийн Таван хар (P<sub>1th</sub>) формацууд илрэх ба тэдгээр нь доод пермийн Ханбогд (ξγ<sub>1P1h</sub>), дээд карбоны Мандах (γC<sub>2m</sub>), дээд девоны Цагаансуврага (γD<sub>3c</sub>) бүрдлүүдээр түрэгдсэн байдаг (Зураг 188, 189).

Уг талбайд тархсан вулканоген зузаалгуудийн хэмжээнд 1:200 000 масштабтай геологийн зураглалын ажил болон судалгааны зарим нэг бүтээлүүдэд бичиглэгдсэн байдаг боловч нарийвчилсан насны судалгаа хийгдээгүйгээс гадна петрохими, геохимийн судалгаа хангалттай сайн хийгдээгүй, насны асуудал нь тодорхойгүй байдаг байна.



Зураг 188. Дүүргийн агаар сансарын зураг



- |                          |   |                                    |                                     |   |   |
|--------------------------|---|------------------------------------|-------------------------------------|---|---|
| <b>P<sub>1</sub>th</b>   | Таван хар формац. Трахириолит, дацит, андезит, базальт, андезибазальт, туфлаав, риолит, риолит порфир, туф элсэн чулуу, туфбречки, гантигсан шохойн чулуу | <b>ΛP<sub>1</sub></b>              | <b>Εγ<sub>1</sub>P<sub>1</sub>h</b> | Лейкокраат, биотитог гранит, биотитог эвэрхуурмагт гранит, гранит, граносиенит, гранодиорит |   |
| <b>C<sub>2</sub>ch</b>   | Цохиот формац. Андезит, андезибазальт, базальт, дундлаг галт уулын бречки ба туф, хүчиллэг туф, элсэн чулуу, алевролит, гравелит, туф конгломерат         | <b>γ<sub>3</sub>C<sub>2</sub>m</b> | <b>γ<sub>2</sub>C<sub>2</sub>m</b>  | <b>δ<sub>1</sub>C<sub>2</sub>m</b>  | Биотит-эвэр хуурмагт гранит, гранодиорит, ховроор монцогранит, гранит сиенит, диорит, кварцат диорит  |
| <b>C<sub>1-2</sub>mr</b> | Мөргөцөг формац. Конгломерат, элсэн чулуу, гравелит, алевролит, дундлаг ба хүчиллэг туф, туф элсэн чулуу, туф алевролит, андезит, андезибазальт, дацит    | <b>Цагаан суварга бүрдэл</b>       |                                     |   |   |
| <b>C<sub>1</sub>sh</b>   | Сайншанд худаг формац. Базальт, андезибазальт, андезит, олон найрлагат туф, туф бречки, элсэн чулуу, алевролит, гравелит,                                 | <b>γ<sub>3</sub>D<sub>3</sub>c</b> | <b>γ<sub>2</sub>D<sub>3</sub>c</b>  | <b>μ<sub>1</sub>D<sub>3</sub>c</b>  | Лейкогранит, гранит, биотитог гранодиорит, плагиогранит, порфирлог биотитог гранит, граносиенит, пироксен-амфиболт габбродиорит, эвэр хуурмагт-кварцат диорит |
| <b>D<sub>2</sub>bb</b>   | Булагбаян формац. Андезит, андезитын туф, андезибазальт, тэдгээрийн туф, ховроор шохойн чулууны мэшил агуулсан элсэн чулуу, алевролит                     | Хагарал                            |                                     |   |   |
| <b>D<sub>1</sub></b>     | Ангилалдаагүй хурдас. Андезит, андезибазальт, базальт, риолит, маш ховроор риодацит, андезитын үе   | Дээжнүүдийн байршил                |                                     |   |   |
| <b>Su</b>                | Ундаан формац. Конгломерат, гравелит, элсэн чулуу, шаварлаг занар, алевролит, кварцит, базальт, андезит, дацит, риолит                                    |                                    |                                     |   |   |
| <b>NP</b>                | Цагаан уул формац. Шохойн чулуу, гантигсан доломитжсон шохойн чулуу, талст занар, кварцит, мигматит, амфиболит  |                                    |                                     |   |   |

Зураг 189. а) Судалгааны талбайн байршлын зураг (Төмөртогоо, 2017); б) Цохиотын дүүргийн геологийн зураг (УГЗ 1:200000)

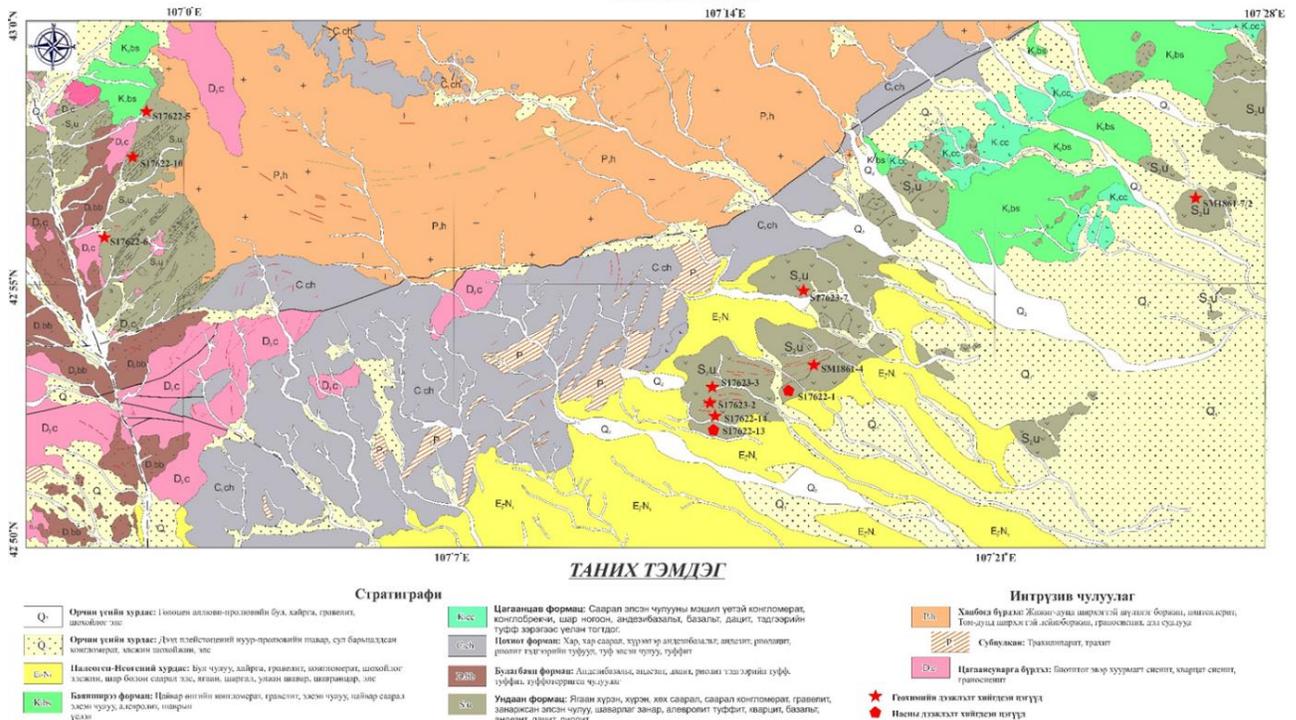
Хээрийн судалгааны ажлын явцад Ханбогд массивын өмнө талд зураглагдсан силурын настай Ундаан формацын вулканоген зузаалагт геологийн маршрут хийж 30

орчим вулканоген чулуулгийг дээжилсэн. Тус формацын вулканоген чулуулгийн бодисын найрлага, тэдгээрийн талсжилтын нас цаашлаад гарал үүсэл, геодинамик орчныг тодруулах зорилготойгоор нийт 15 дээжийг петрографийн судалгаа, 10 дээжинд геохимийн нарийвчилсан судалгаа, 2 дээжийг насны нарийвчилсан шинжилгээнд тус тус хамруулж үр дүнг нэгтгэн боловсруулав.

**УНДААН ФОРМАЦ.** Уг формацын хурдас нь К-48-47-А, К-48-47-Б хавтгайн зүүн урд болон баруун хойд хэсгээр Харганат уул, Дөрвөлжин овооны энгэр бэлээр тархсан бөгөөд ерөнхийдөө зүүн хойш сунасан байдалтай илэрдэг. Ундайн сайрын орчимд тус формацын хурдас нь жижиг хагарлуудаар хэрчигдэж атираажилт, занаршилтанд автсан тогтоцтой байх бөгөөд К-48-47-А, К-48-47-Б хавтгайн зүүн урд болон баруун хойд хэсгээр пенсильваны Цохиот формацтай тектоникийн хагарлаар, К-48-46-Б хавтгайд баруун урд болон баруун хойд дунд девоны Булагбаян формацын хурдсаар нийцлэг, дээд цэрдийн Баянширээ, олигоцен-миоцены ангилагдаагүй хурдас болон орчин үеийн дөрөвдөгчийн сэвсгэр хурдсаар хучигдана (Зураг 190).

## ГЕОЛОГИЙН ЗУРАГ

Масштаб 1:50 000



Зураг 190. Ханбогд массивын өмнөд хэсгийн геологийн зураг

Ундаан формацын хурдас нь ягаан хүрэн, хүрэн, хөх саарал, саарал өнгийн конгломерат, гравелит, занаржсан элсжин, алевролит, алевропелит, шаварлаг занар, туффит, хааяа кварцит, шохойн чулуугийн мэшлээс тогтоно. Зарим зүсэлтэнд ногоон чулууны хувиралтай суурилаг эффузив, тэдгээрийн туффуудээс тогтоно.

**ПЕТРОГРАФИ.** Уг формацын петрографийн судалгаанд хамруулсан дээжүүд нь эрдэслэг бүрэлдэхүүн болон онцлог шинжээрээ суурилаг (порфирлог базальт, метаандезибазальт), дундлаг (андезит, андезибазальт), дундлаг-хүчиллэг (риодацит), хүчиллэг (риолит, риолит порфир) гэсэн 4 төрөлд ялгагдана.

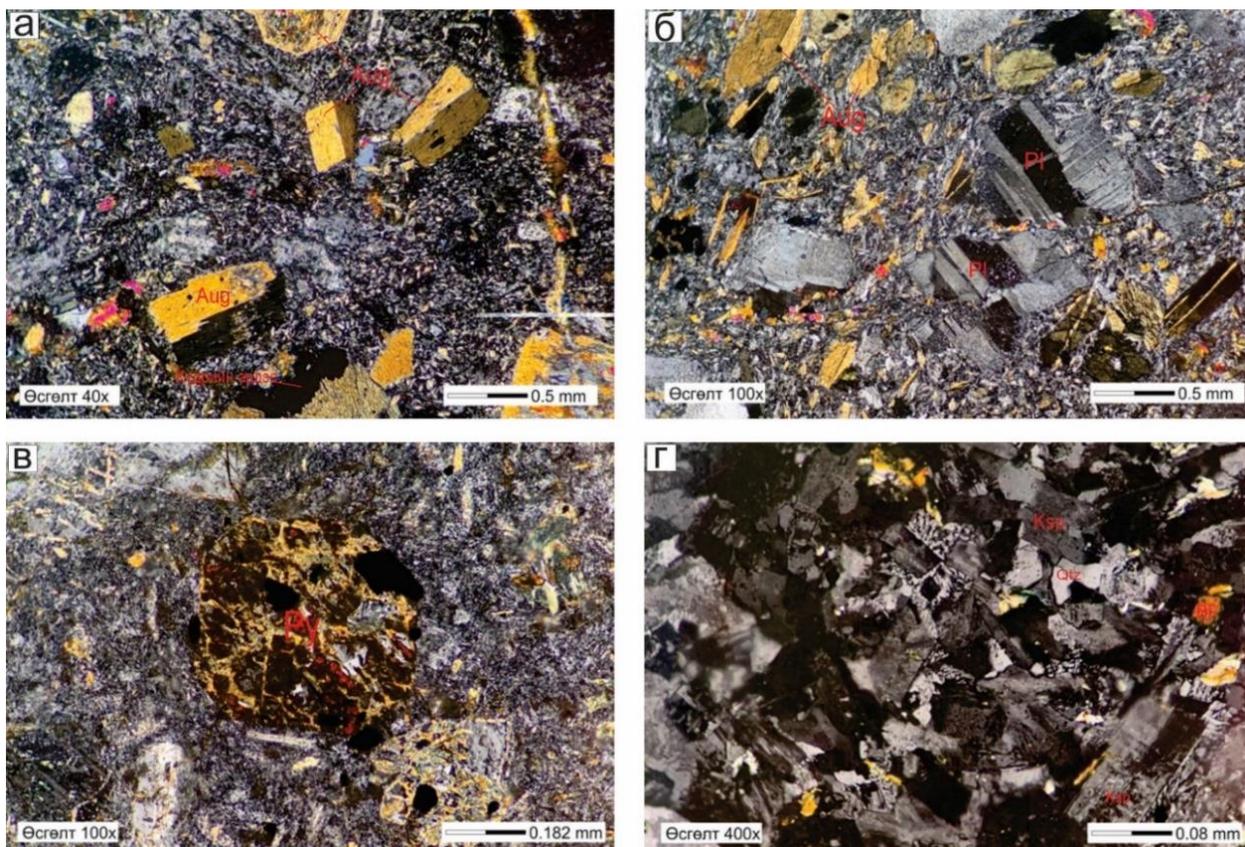
**Порфирлог базальт** (дээж-S17622-7, S17623-2) нь хар саарал, хар ногоовтор өнгөтэй. Ихэвчлэн порфир ховроор гломеропорфир структуртай, цул нягт текстуртай пироксен (авгит), амфибол (эвэр хуурмаг), ховроор плагиоклазын 45-50%-ийн порфирууд болон плагиоклаз, амфибол, эпидот бүхий 50-55%-ийн үндсэн хэсгээс тогтоно. Амфибол нь порфирт 0.1-10 мм хэмжээтэй, хэлбэрээ сайн олсон зургаан талт, унтралын өнцөг  $C:Ng=11^{\circ}-14^{\circ}$  байгаагаас үзэхэд эвэр хуурмагийн эгнээнд хамаарна. Зарим тохиолдолд эвэр хуурмагийн талстууд нь хлоритоор хэсэгчлэн болон бүрэн түрэгдэж анхдагч шинжээ алдсан байна. Пироксенууд нь хэлбэрээ сайн олсон зургаан талт, урт сунасан хэлбэртэй бөгөөд ихэрлэлтийн зураас, бүслүүрлэг унтралт ажиглагдана. Плагиоклазын порфир нь 0.8 мм хүртэлх хэмжээтэй хэлбэрээ муухан олсон байна. Үндсэн хэсэг нь плагиоклаз, амфиболоос тогтох бөгөөд мөн түүнчлэн 0.3 мм хүртэлх өргөнтэй карбонатын судланцаруудаар хэрчигдсэн байна ([Зураг 191a](#)).

**Андезит** (дээж-S17622-6, S17623-5) нь цайвар ногоон, боровтор ногоон өнгөтэй. Плагиоклаз, кварц, амфиболын порфируудтай (50-55%) порфирлог структуртай, микролитлог структуртай үндсэн хэсэг (45-50%), бичил миндалин текстураас тогтдог. Плагиоклазын порфир нь 0.5-2.8 мм хэмжээтэй богино призмлэг заримдаа урт сунасан хэлбэртэй, бөгөөд зарим дээжинд деформацад орсноор анхдагч хэлбэрээ алдаж тасарч зай завсар нь хоёрдогч кварцаар дүүрч эпидот, хлоритоор түрэгдсэн байна. Кварц нь 0.03-0.8 мм хэмжээтэй изометрлэг зөв бус хэлбэртэй, тохиолдоно. Амфибол нь 0.3-0.8 мм хэмжээтэй зүүлэг урт сунасан заримдаа зургаан талт призмлэг хэлбэртэй, порфир үүсгэх бөгөөд чулуулгийн 5-8% орчим байна. Үндсэн хэсэг нь плагиоклаз, галт уулын шилээс тогтоно ([Зураг 191b](#)).

**Андезидацит** (дээж-S17622-13, S17622-14) нь плагиоклаз, өнгөт эрдэс, кварцын порфирууд (20-25%) болон фелзитлэг структуртэй үндсэн хэсгээс (75-80%) тогтдог. Плагиоклаз нь порфирт 0.5-2.5 мм хэмжээтэй призмлэг тэгш өнцөгт маягийн хэлбэртэй, мөн хоёрдогч хувиралд хүчтэй өртөж хлорит болон серицитэд хэсэгчлэн, бүрэн түрэгдсэн ч полисинтет ихэрлэлтээ хадгална. Кварц нь 0.1-2.0 мм хэмжээтэй изометрлэг зөв бус хэлбэртэй байна. Өнгөт эрдсээс порфирт бор хүрэн өнгөтэй сунасан найман талт зүсэлт байдлаар ажиглагдах нь пироксений бүлгийн эрдэс тохиолдох боловч хувиралд өртөж анхдагч шинжээ бүрэн алдсан байна. Зарим өнгөт эрдсүүд нь серицитэд бүрэн түрэгдэж, опацитчлагдсан буюу захаараа хүдрийн эрдсээр эмжээрлэгдсэн байдалтай илэрдэг. Үндсэн хэсэг нь плагиоклаз, хоёрдогч эрдсүүдээс тогтоно ([Зураг 191в](#)).

**Риолит порфир, риолит** (дээж-S17623-3, S17623-1) нь плагиоклаз, калийн хээрийн жонш, кварц, биотитын порфируудтай (15-20%) Порфирлог структуртай, микрогранофир структуртэй үндсэн хэсэг (80-85%), бичил мөхлөгт шигтгээлэг текстуртай байна. Плагиоклаз нь порфирт 1-2.8 мм хэмжээтэй призмлэг тэгш өнцөгт хэлбэртэй байх бөгөөд зарим тохиолдолд калийн хээрийн жоншоор түрэгдсэн байдаг.

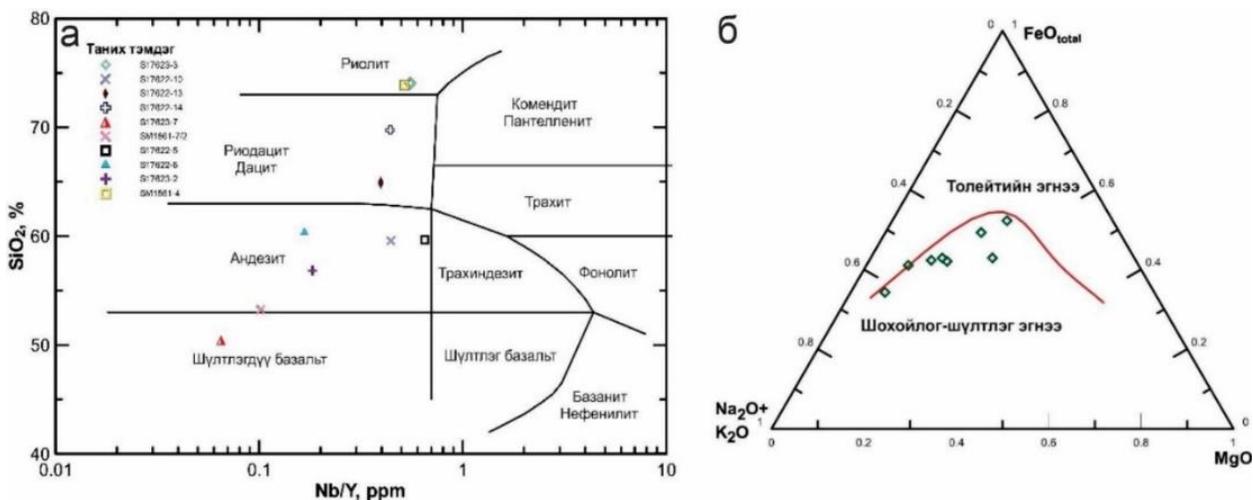
Биотит нь 0.3-0.5 мм хүртэл хэмжээтэй порфирит бор шаргал өнгөтэй, хайрслалт хуудаслаг байна. Калийн хээрийн жонш нь порфирит 0.2-1 мм хэмжээтэй талстай муу олсон байна. Кварц нь 0.1-0.3 мм, изометрлэг зөв бус хэлбэртэй байна. Үндсэн хэсэг нь плагиоклаз, галт уулын шил (сферолит), кварц, калийн хээрийн жоншны хэсгүүдээс тогтоно. Зарим дээжний үндсэн хэсэгт кварц, калийн хээрийн жоншны мирмекит ургалтууд ажиглагдана. Галт уулын шил нь төмрийн усан ислээр нэвчигдсэнээс нэг никольд улаан хүрэн өнгөтэй болж харагдана (Зураг 191г).



Зураг 191. Ундаан формацын вулканоген чулуулгуудын шлифийн зураг.

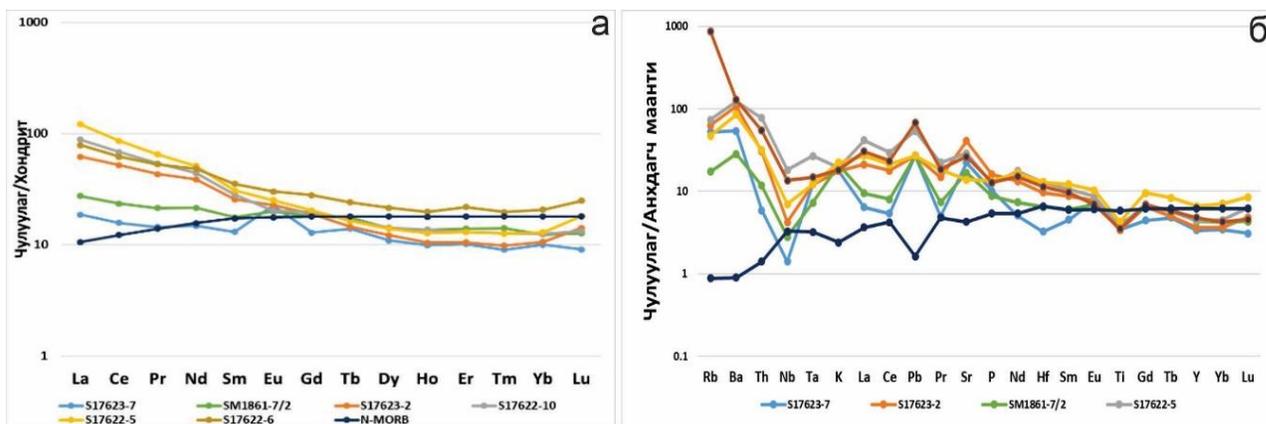
а) Порфирлог базальт (дээж-S17622-7), б) Андезит (дээж-S17622-6), в) Андезидацит (дээж-S17622-13), г) Риолит (дээж-S17623-3). Pl-Плагиоклаз, Ksp-Калын хээрийн жонш, Qtz- кварц, Amp- Амфибол, Pl- Плагиоклаз, Py-Пироксен, Aug-Авгит

**ГЕОХИМИ.** Вулканоген чулуулгийн тогтвортой элементүүд болох Nb/Y-SiO<sub>2</sub> харьцуулсан диаграмм дээр Ундаан формацын дээжүүд шүлтлэгдүү базальт, андезит, риодацит (дацит), риолит зэрэг найрлагатай байна (Зураг 192а). Харин AFM гурвалжин диаграммд нийт чулуулаг нь шохойлог-шүлтлэг эгнээнд хамаарч байна (Зураг 192б).



Зураг 192. Ундаан формацын вулканоген чулуулгийн найрлага тодорхойлох а) Nb/Y-SiO<sub>2</sub> диаграмм (Winchester and Floyd, 1977); б) AFM диаграмм (Irvine and Baragar, 1971)

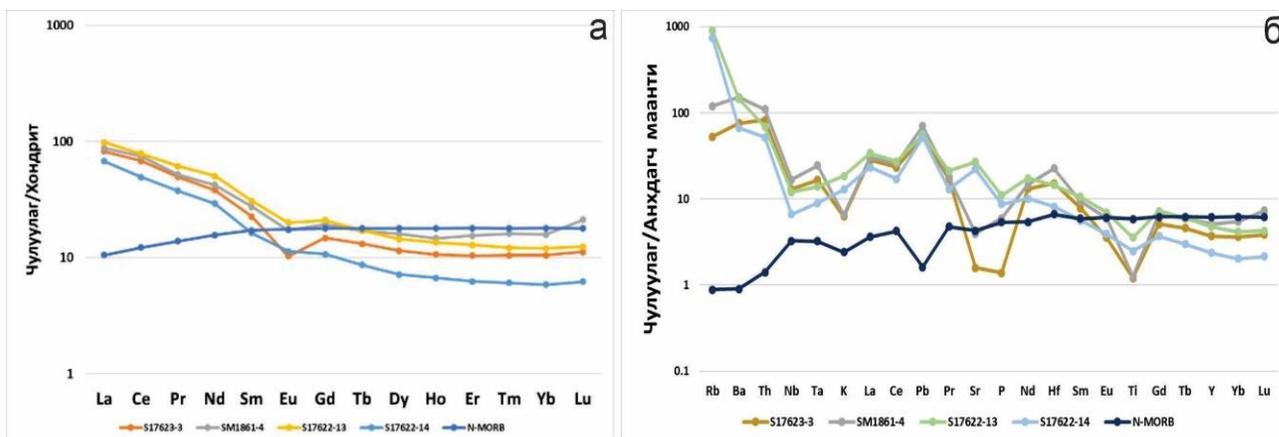
**Суурилаг, дундлаг найрлагатай вулканоген чулуулаг.** Ундаан формацаар зураглагдсан суурилаг, дундлаг найрлагатай вулканоген чулуулгийн Mg# = 41.3-57.7, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 6.7-11.4 жин.%, TiO<sub>2</sub> = 0.7-0.9%, P<sub>2</sub>O = 0.20-0.35%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 15.5-17.7% байхад SiO<sub>2</sub> агуулга 50-60% байна. Мөн титаны ислийн агуулга багатай (TiO<sub>2</sub>дундаж=0.8), ГХЭ-хувьд ХөгХЭ-ээр баяжсан (Зураг 193а) шинж чанартай бөгөөд (La/Sm)<sub>n</sub> = 1.42-3.13, (Gd/Yb)<sub>n</sub> = 1.28-1.78, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> = 18.15-23.41. Мөн S17623-7 дээжний хувьд Eu-ийн тод илэрсэн эерэг гажил ажиглагдаж байгаа (Eu/Eu\* = 1.72) нь шифт чулуулаг эпидотын судлаар хэрчигдсэнээр тайлбарлагдана. Олон элементийн спайдер диаграмм дээр (Зураг 193б) далайн голч нурууны ердийн базальттай (Е-ДГНБ) харьцуулахад Nb болон Ti зэрэг элементүүдийн сөрөг гажлыг үзүүлдэг бол Rb, Ba, Th, Pb, Sr зэрэг элементүүдээр илүү баяжсан байгаа нь ажиглагдана.



Зураг 193. Ундаан формацын суурилаг-дундлаг вулканоген чулуулгийн а – С1 хондритын найрлагаар нормчилсон ГХЭ-ийн тархалтын муруй (Sun & McDonough, 1989); б – Анхдагч маантын найрлагаар нормчилсон ховор элементүүдийн спайдер диаграмм (Sun & McDonough, 1989)

**Хүчиллэг найрлагатай вулканоген чулуулаг.** Ундаан формацаар зураглагдсан хүчиллэг найрлагатай вулканоген чулуулгийн Mg#=12.2-32.8, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=1.4-

4.8%,  $TiO_2 = 0.2-0.7\%$ ,  $P_2O_5 = 0.03-0.24\%$ ,  $Al_2O_3 = 14.05-16.8\%$  байхад  $SiO_2$  агуулга 64-73 жин.%. Мөн титаны ислийн агуулга багатай ( $TiO_2$  дундаж=0.46), ГХЭ-хувьд ХөгХЭ-ээр баяжсан (Зурга 194а) шинж чанартай бөгөөд  $(La/Sm)_n = 3.18-4.14$ ,  $(Gd/Yb)_n = 1.22-1.83$ ,  $Al_2O_3/TiO_2 = 21.75-53.57$ . Мөн хүчиллэг чулуулагт Eu-ийн сул илэрсэн сөрөг гажил илэрч байгаа нь ( $Eu/Eu^*=0.56-0.74$ ) хээрийн жоншоор хянагддаг тухай тайлбарладаг (Rollinson, 1989). Олон элементийн спайдер диаграммд (Зурга 194б) суурилаг болон дундлаг найрлагатай чулуулгуудтайгаа ижлээр E-ДГНБ харьцуулахад Nb, P болон Ti зэрэг элементүүдийн сөрөг гажил, Rb, Ba, Th, Pb, Sr зэрэг элементүүдээр илүү баяжсан байдаг нь тод ажиглагдана.



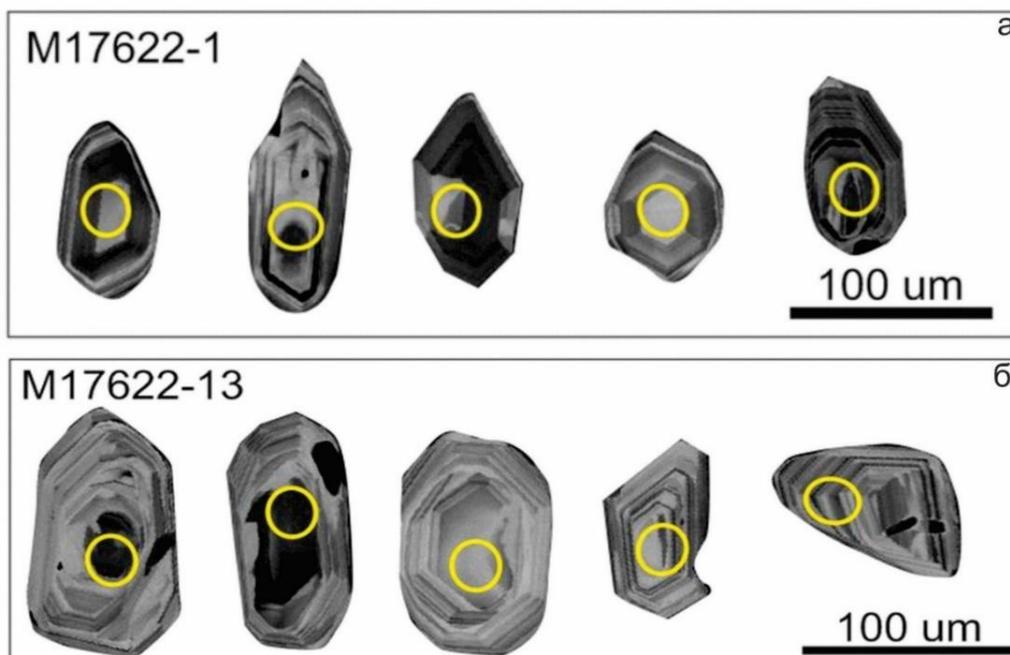
Зураг 194. Ундаан формацын хүчиллэг вулканоген чулуулгийн а) С1 хондритын найрлагаар нормчилсон ГХЭ-ийн тархалтын муруй (Sun & McDonough, 1989); б) Анхдагч маантын найрлагаар нормчилсон ховор элементүүдийн спайдер диаграмм (Sun & McDonough, 1989)

Нийт вулканоген чулуулгууд нь Nb-ын хувьд ( $Nb/La_{pm} = 0.35$ ) ядуурсан нь тэдгээрийн эх үүсвэрт нь эх газрын царцдасын материал оролцсоныг илтгэх бол Ti-ны сөрөг гажил нь субдукцын орчныг заах хамгийн түгээмэл шинж тэмдгүүдийн нэг юм. Мөн чулуулаг нь ДГНБ болон Далайн арлын базальтыг (ДАБ) бодвол эх газрын царцдаст агуулагддаг том ионт литофиль элементүүдээр (Rb, Ba, Th, Pb) илүү баяжсан байна.

Вулканоген чулуулгууд нь петрохимийн шинжээрээ шохойлог-шүлтлэг эгнээнд ялгагдсан бөгөөд субдукцын нөхцөлд ийм төрлийн чулуулгууд нь дараах геохимийн онцлог шинж чанартай байдаг:  $TiO_2 < 1\%$ ,  $Al_2O_3 = 16-20\%$ ,  $La/Nb_{PM} > 1$ ,  $Fe_2O_3$ -ын агуулга нь ДГНБ-той адил төмрөөр баяжсан шинж байдаггүй. Мөн нумын вулканитад Th/La харьцаа нэгээс их байдгаараа ДГНБ-аас ялгагдана (О.М.Туркина, 2018). Мөн ихэнх маагмын нумын чулуулгууд нь бусад тектоник орчинд талсжсан маагмын чулуулгаас ХөгХЭ/ӨЦЭ болон ТИЛЭ/ӨЦЭ-ын илүү өндөр харьцаатай байдаг (Хавкесворт нар, 1993).

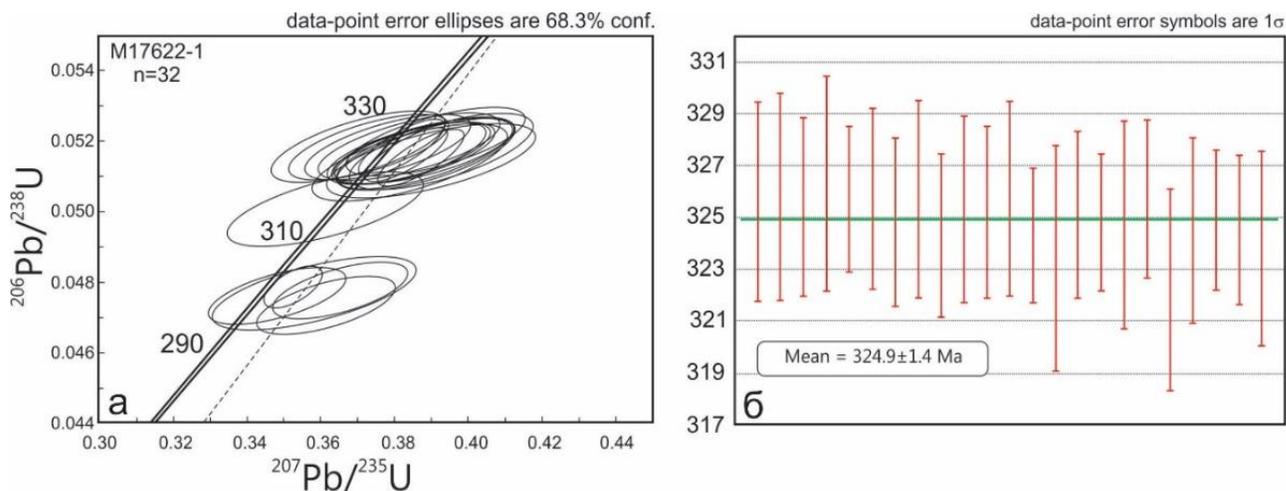
**ГЕОХРОНОЛОГИ.** Ундаан формацын вулканоген чулуулагт орчин үеийн арга аргачлалаар үнэмлэхүй насны нарийвчилсан шинжилгээ судалгаа хийгдээгүй өнөөг хүрсэн. Бид Ундаан формацын риодацит, риолит гэсэн 2 дээжийг боловсруулан нас тогтоосон нь тус вулканоген зузаалагт хийгдсэн анхны үнэмлэхүй насны үр дүн юм. Геохронологийн шинжилгээнд хамрагдсан S17622-13 ба S17622-1 дээжнүүдээс

ялгасан цирконуудын катодлюминесценцийн (CL) зургаас харахад тэдгээр нь 120  $\mu\text{m}$  хүртэлх хэмжээтэй, ихэнхдээ тод илэрсэн бүслүүрлэг тогтоцтой байгаа нь тэдгээрийг маагмын гаралтай болохыг харуулдаг бөгөөд цирконы бүслүүржилт нарийн байгаагаас үзэхэд эдгээр цирконы эх үүсвэр нь хүчиллэг байх магадлалтай юм (Зураг 195а,б).



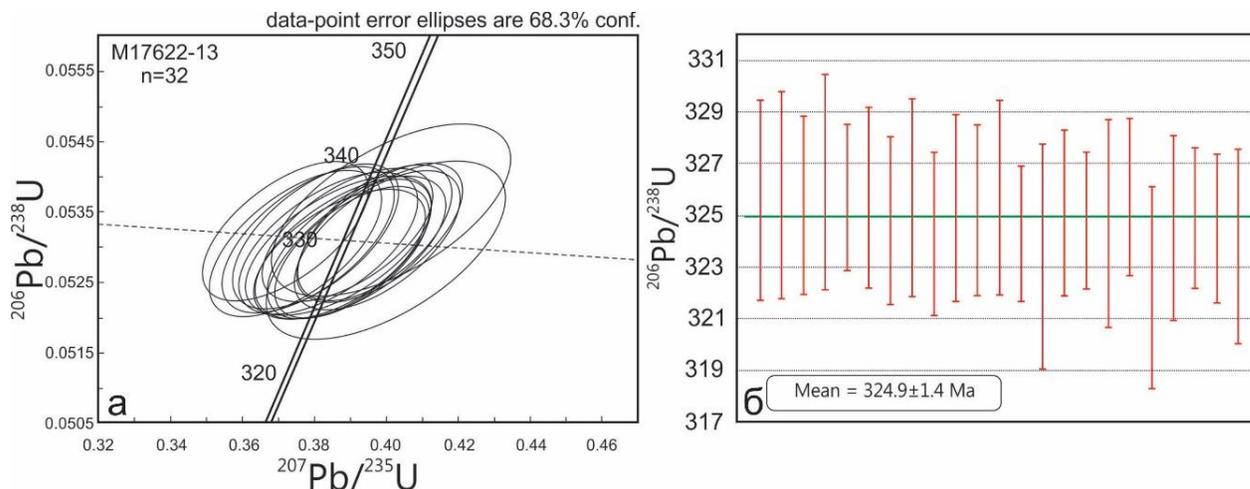
Зураг 195. S17622-13 ба S17622-1 дээжүүдийн Цирконы мөхлөгийн катодлюминесценцийн (CL) зураг

**Дээж-M17622-1:** Тус дээжийг Ханбогд массивын баруун өмнө талд орших зузаалагаас ( $42^{\circ}53'4.9''$ ;  $107^{\circ}15'34''$ ) авсан. Нийт 32 цирконы мөхлөгт хэмжилт хийснээс  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$  ба  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  харьцааны 95%-оос дээш илтгэлцүүр бүхий 23 конкорд насны дундаж утга нь  $325 \pm 1$  с.ж насыг (MSWD = 0.061, Probability = 1.000) зааж байсан (Зураг 196а,б).



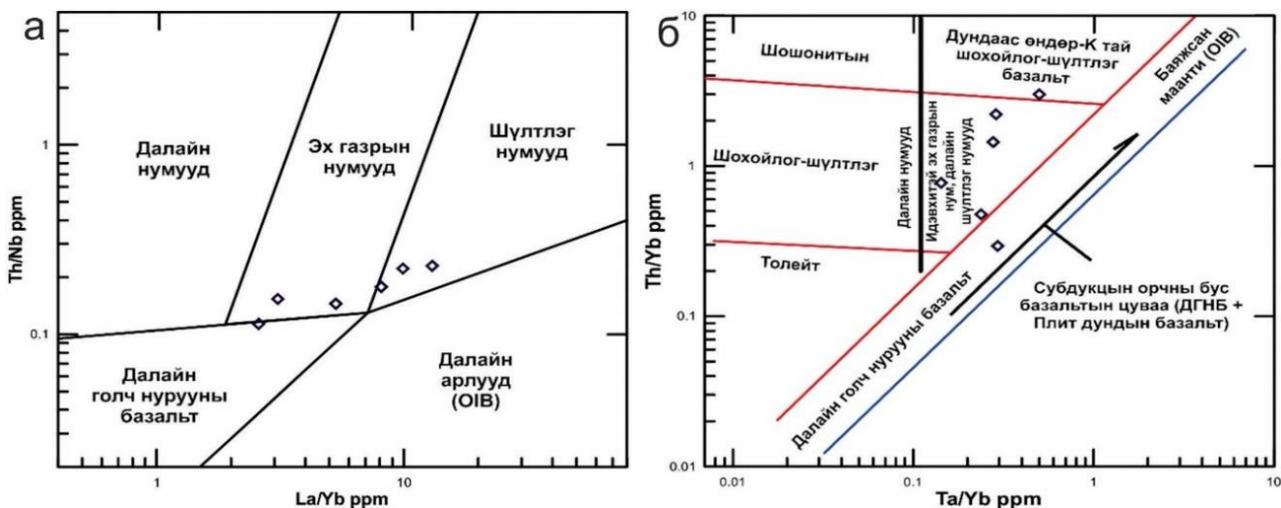
Зураг 196. Ундаан формацын вулканоген чулуулгийн цирконд хийсэн U-Pb-ийн насны а.конкордийн диаграмм б. Тархалтын гистограмм. дээж - M17622-1

**Дээж-М17622-13** : Тус дээжийг Ханбогд массивын өмнө талд орших зузаалагаас (42°52'28"; 107°13'48") авсан ба нийт 32 цирконы мөхлөгт хэмжилт хийсэн. Эдгээрийн дотор  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$  ба  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  харьцааны 95%-оос дээш илтгэлцүүр бүхий 17 конкорд насны дундаж утга нь  $333 \pm 2$  с.ж насыг (MSWD = 0.061, Probability = 1.000) зааж байна (Зураг 197а,б).



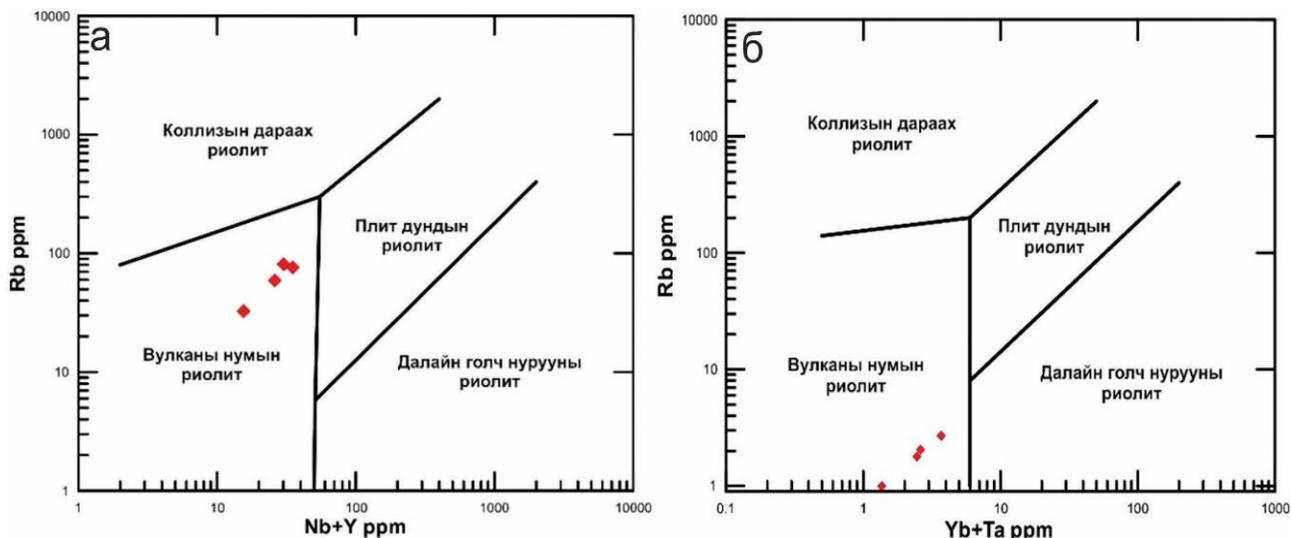
Зураг 197. Ундаан формацын вулканоген чулуулгийн цирконд хийсэн U-Pb-ийн насны а.конкордийн диаграмм. б.Тархалтын гистограмм. дээж - М17622-13

**ГЕОДИНАМИК ОРЧИН.** Тус формацын геодинамик орчныг тодорхойлох зорилгоор байгуулсан La/Yb-Th/Nb диаграмм дээр (Зураг 198а) нийт суурилаг, дундлаг найрлагатай вулканитууд нь эх газрын нумууд болон шүлтлэг нумуудын хэсэгт буусан бол Ta/Yb-Th/Yb хамаарлын диаграмм дээр ч мөн адил ижил шинжийг харуулдаг (Зураг 198б).



Зураг 198. Ундаан формацын суурилаг, дундлаг найрлагатай вулканоген чулуулгийн тектоник орчныг тодорхойлох а. La/Yb-Th/Nb диаграмм (Hollocher et al., 2012); б. Ta/Yb-Th/Yb диаграмм (Pearce, 1983)

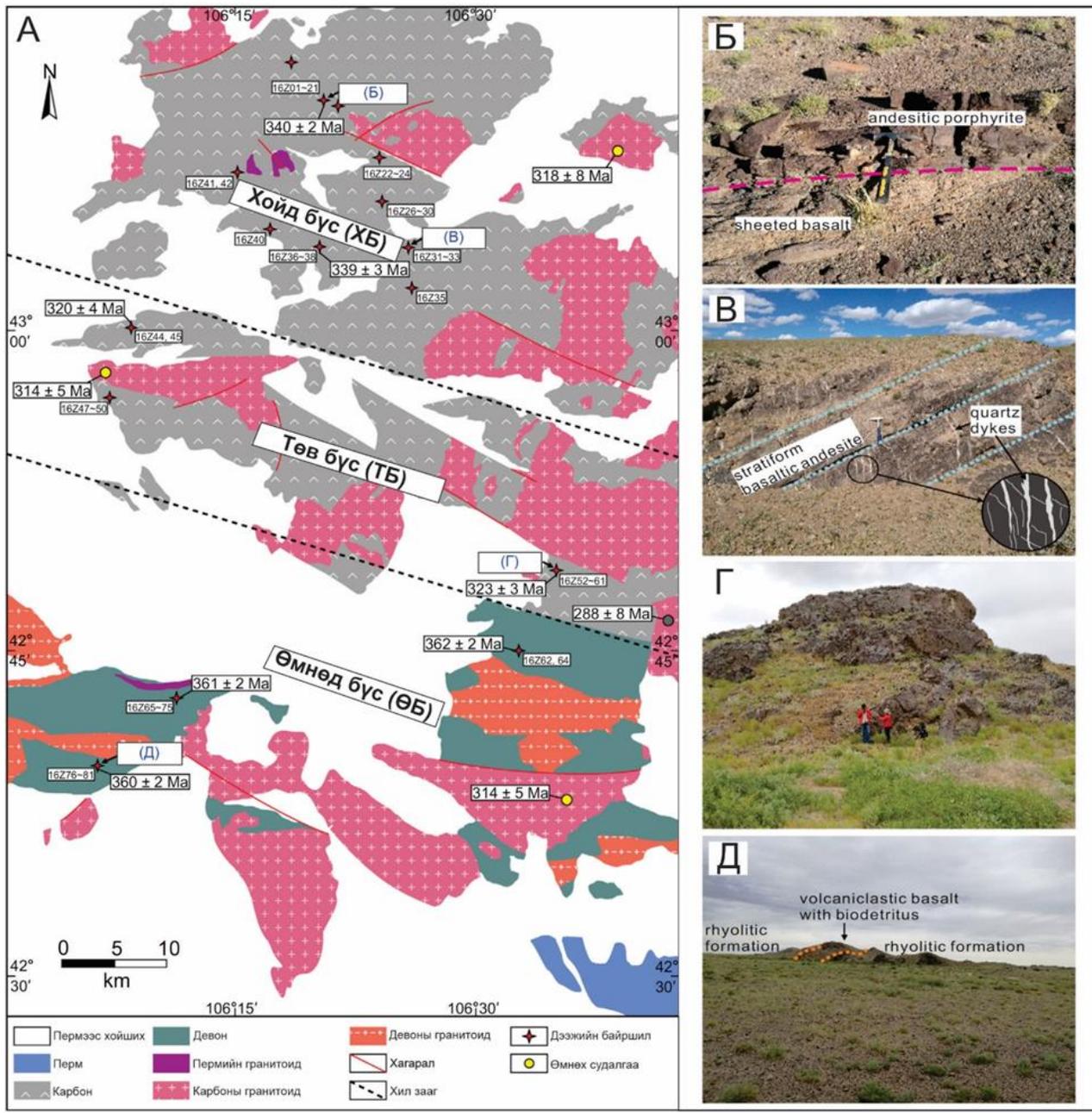
Харин хүчиллэг найрлагатай вулканитууд нь Nb+Y – Rb болон Yb+Ta – Rb зэрэг диаграммууд дээр (Зураг 199а, б) вулканы нумын чулуулгийн хэсэгт буусан.



Зураг 199. Ундаан формацын хүчиллэг найрлагатай вулканоген чулуулгийн тектоник орчныг тодорхойлох а. Nb+Y - Rb диаграмм (Pearce et al., 1984); б. Yb+Ta - Rb диаграмм (Pearce et al., 1984)

Судалгааны талбайн хэмжээнд тархсан Ундаан формацын риодацит (S17622-13) ба риолитийн (S17622-1) цирконуудын талсжилтын нас нь  $333 \pm 2$  с.ж ба  $325 \pm 1$  с.ж байгаа нь Ханбогд массивын өмнөд талд Ундаан формацад ангилагдсан вулканоген зузаалгийг Ундаан формацаар бус харин Өмнөд говийн сүпертеррейний хэмжээнд өргөн тархалттай доод карбоны Сайншандхудаг формацын түвшинд ангилах нь зүйтэй болохыг харуулж байна.

**ДЕВОНЫ БАЯНБУЛАГ БОЛОН КАРБОНЫ ФОРМАЦУУД.** Тус формацын хурдас нь Оюу толгой болон Номгонын баруун хойд хэсэгт орших ба девон-карбоны суурилаг болон хүчиллэг вулканоген чулуулгаас голчлон бүрдэнэ. Хамгийн эртний настай чулуулгууд нь өмнөд хэсгийн девоны андезит, туф, цахиурлаг хэмхдэс, базальт, андезит базальт, дацит, туф, бимодаль галт уулын хэсгээс бүрдэх вулканоген чулуулаг ба энэ зузаалаг нь Монгол Улсын Геологийн 1:200000 масштабын (УГЗ-200) зурагт дээд девоны Булагбаян (D<sub>2</sub>bb) формацид ялгасан байдаг (Зураг 200; Badarch et al., 2002; Ji et al., 2020; Guy et al., 2014). Энэ нь талбайн зүүн хэсгээр доод карбоны вулканоген зузаалгаар үл нийцлэг хучигдсан байдаг ба энэ зузаалаг нь төв болон хойд хэсгээр ихээхэн тархалттай байна. Эдгээр зузаалагын ихэнх хэсэг нь базальт, андезит базальт, трахит, андезит, риодацит, риолит, риолит туф, конгломерат, туф элсэн чулуу болон шохойн чулууны линзүүдийг бага хэмжээгээр агуулсан вулканоген хэсгээс бүрдэнэ (Зураг 200б-д; Burenkhuu et al., 1995; Durante, 1976).

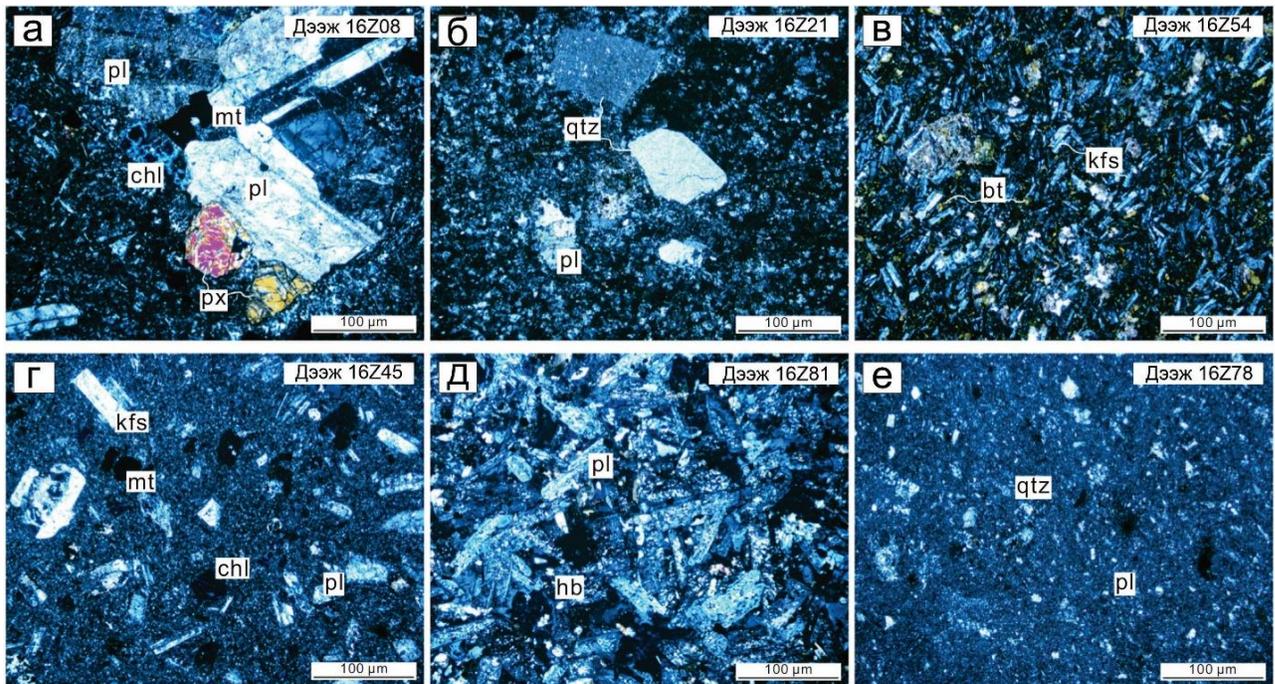


Зураг 200. Оюу Толгойн баруун хэсгийн геологийн зураг болон гаршуудын зураг [Burenkhuu et al., 1995](#) геологийн зургийг суурь болгон ашиглав).

Шохойн чулууны линзүүд нь карбоны криноидууд болон брахиопод агуулдаг ([Burenkhuu et al., 1995](#)). Монгол Улсын Геологийн 1:200000 масштабын (УГЗ-200) зурагт дээд карбоны Цохиот (C<sub>2</sub>sh) болон доод карбоны Сайншанд худаг (C<sub>1</sub>sh), Мөргөцөг (C<sub>1-2</sub>mr) формацуудад ялгасан байдаг. Бид Оюу толгой болон Номгоны баруун хойд хэсэгт орших ба девон-карбоны вулканоген зузаалгийн хэмжээнд БНХАУ-ын Бээжингийн Их сургуулийн судлаачидтай хамтарсан геологийн судалгааны ажлыг талбайн хэмжээнд явуулсан. Формацуудын вулканоген чулуулгийн бодисын найрлага, тэдгээрийн талжилтын нас цаашлаад гарал үүсэл, геодинамик орчныг тодруулах

зорилготойгоор петрографи, геохими, үнэмлэхүй нас болон Sr-Nd изотопын нарийвчилсан шинжилгээг хийсэн үр дүнгээс тус бүлэгт тусган харуулав.

**ПЕТРОГРАФИ.** Судалгаанд хамрагдсан дээжнүүдэд базальт порфир, андезит порфирууд, базальтууд (зарим нь хар линз хэлбэрийн ксенолитууд агуулсан), вулканоген кластик чулуулгууд, брекч, агломерат, цахиурлаг вулканоген чулуулгууд хамаарна. Базальтын порфируудын зонхилох фенокрисст нь пироксен (2%), плагиоклаз (8%), эвэрхуурмаг (3%) найрлагатай бол (Зураг 201а) хүчиллэг чулуулгийн фенокрисстууд нь кварц (10%), плагиоклаз (3%) зэргээс тогтоно (Зураг 201б).

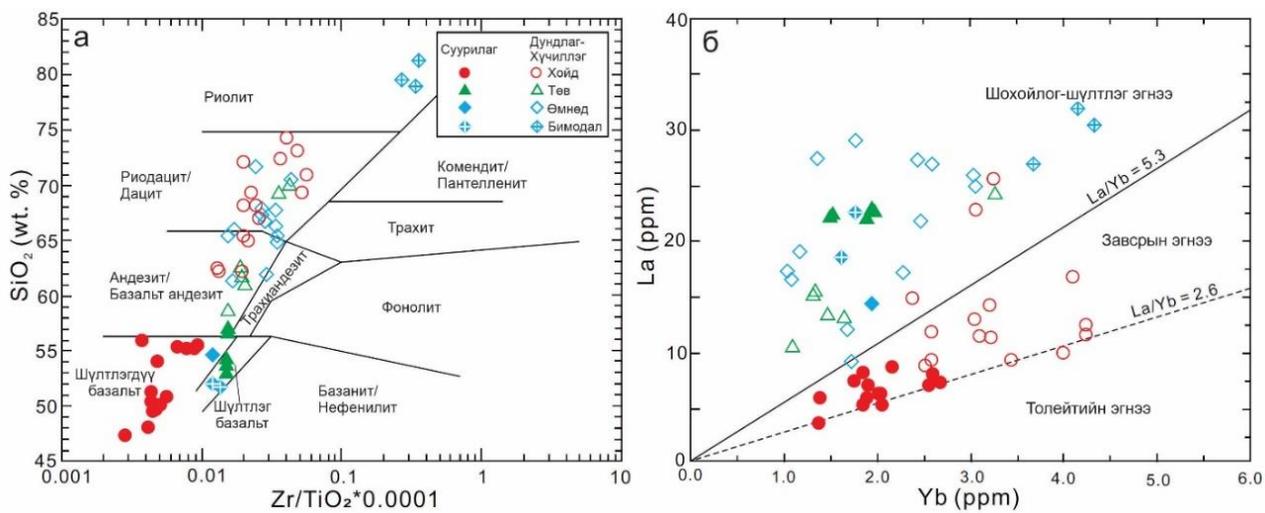


Зураг 201. Судалгааны талбайд тархсан дээжүүдийн шлифийн зураг. а) плагиоклаз ба клинопироксены том мөхлөгт фенокрисстууд агуулсан базальт андезит (дээж 16Z08); б. Дацит (дээж 16Z21); в) Базальт андезитын офиник структур (дээж 16Z54); г) Маагмын дараах хувиралд орсон андезит порфир (дээж 16Z45); д) Базальт (дээж 16Z81); е) Риолит  
bt: Биотит, chl: Хлорит, px: Пироксен, mt: Магнетит, pl: Плагиоклаз, qtz: Кварц, hb: эвэрхуурмаг, kfs: калийн хээрийн жонш

Андезибазальтууд нь офит структуртай, фенокрисстууд нь плагиоклазын талстууд, бага хэмжээний пироксен, биотит, калийн хээрийн жонш агуулдаг (Зураг 201в). Андезит-порфирийн пироксен ба эвэрхуурмаг нь гол төлөв хлоритоор (4%) түрэгдсэн байна (Зураг 201г). Өмнөд хэсгийн хожуу девоны бимодал вулканоген чулуулгийн базальт нь ховроор хэмхдэс (1%) агуулсан офит структуртай (Зураг 201д) бол хүчиллэг хэсэг нь кварц, плагиоклазаас тогтоно (Зураг 201е).

**ГЕОХИМИ.** Судалгаанд хамрагдсан дээр дурдсан гурван бүсийн дээжүүдийг суурилаг ( $\text{SiO}_2 = 47.43\text{--}57\%$ ) найрлагатай, дундлагаас хүчиллэг ( $\text{SiO}_2 = 58.50\text{--}81.1\%$ ) найрлагатай гэж 2 ангилсан. Гидротермаль хувирал, өгөршил зэргийг харгалзан

тогтвортой элементүүдийн агуулгаар вулканоген чулуулгийн ангиллын диаграммууд голчлон хэрэглэсэн ба  $\text{SiO}_2$  ба  $\text{Zr}/\text{TiO}_2 \cdot 0.0001$  харьцааны диаграммд хойд бүсийн суурилаг дээжүүд бүгд шүлтлэгдүү базальтын талбайд, харин төв болон өмнөд бүсийн ихэнх суурилаг дээжүүд шүлтлэг базальтын талбайд тус тус бууж байна. Дундлагаас хүчиллэг төрлийн дээжүүдийн хувьд риолитын талбайд, харин өмнөд хэсгийн бимодал 3 дээжээс бусад дээжүүд нь андезит, дацитын төрөлд хамаарагдаж байна (Зураг 202a).  $\text{La}/\text{Yb}$  харьцааны диаграммд төв болон өмнөд бүсийн ихэнх дээжүүд шохойлог-шүлтлэг эгнээнд, харин хойд бүсийн ихэнх дээжүүд завсрын эгнээнээс толейтийн талбай хооронд бууж байна (Зураг 202б).



Зураг 202. а).  $\text{SiO}_2$  ба  $\text{Zr}/\text{TiO}_2 \cdot 0.0001$  харьцааны диаграмм (Winchester and Floyd, 1977); б)  $\text{La}/\text{Yb}$  харьцааны диаграмм (Ross and Bédard, 2009)

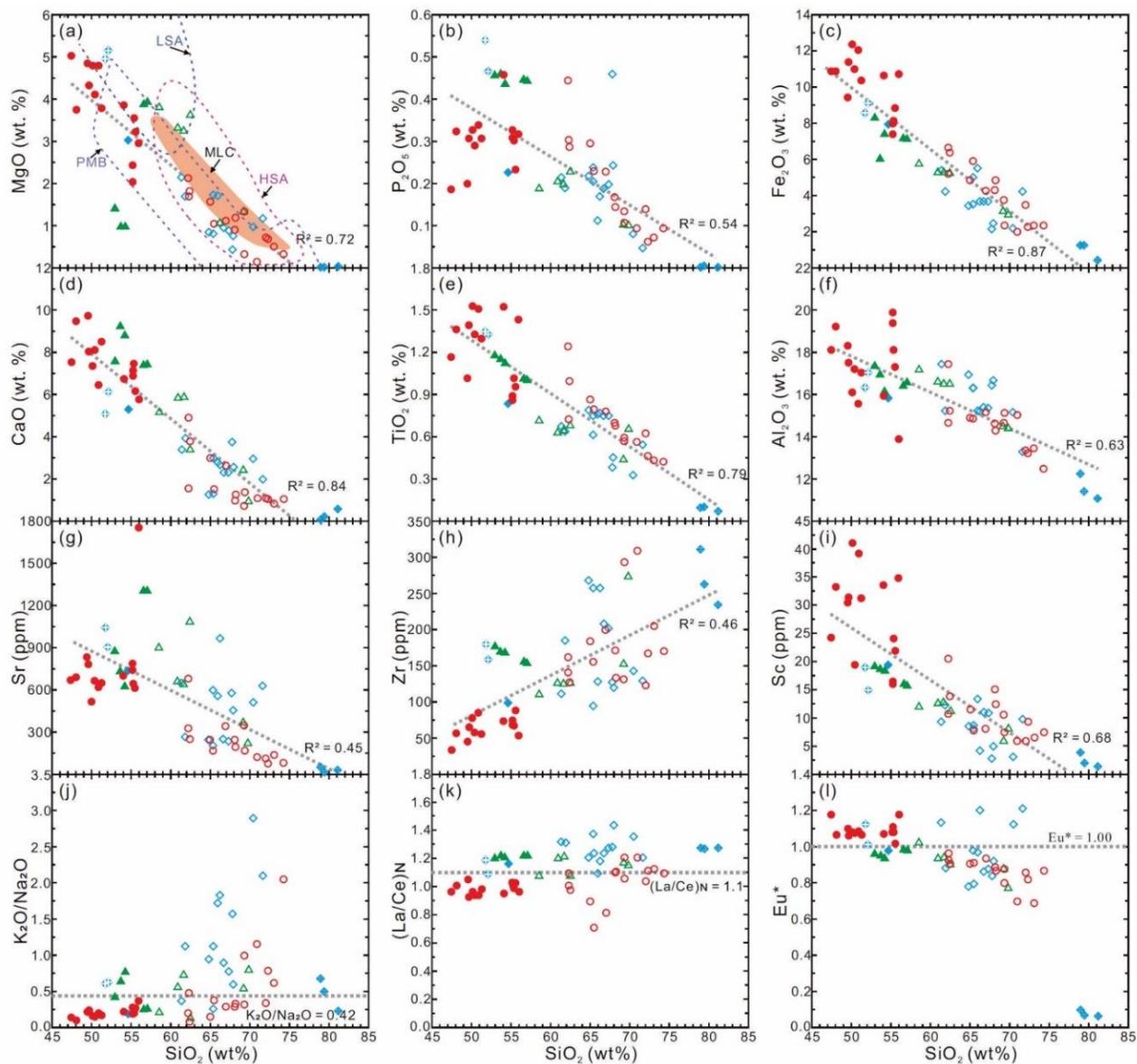
Чулуулаг бүрдүүлэгч элементүүдийн ислийг цахиурын исэлтэй харьцуулсан диаграмм дээр  $\text{MgO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Sr}$ ,  $\text{Sc}$ -ийн агуулга цахиурын исэлтэй ( $\text{SiO}_2$ ) урвуу хамааралтай байхад  $\text{Zr}$  эерэг хамааралтай байна (Зураг 203a-i).

Түүнчлэн  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  болон  $\text{Sr}$ ,  $\text{Sc}$  харьцуулсан диаграммуудад хойд бүсийн дээжнүүдийн шугамууд бусад хоёр бүстэй харьцуулахад хазайсан төлөвийг үзүүлж байна (Зураг 203a, c, g, i). Ихэнх дээжүүд  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ -ийн утга багатай (хойд бүсэд дээжүүд 0.42-оос бага, төв болон өмнөд бүсийн дээжүүд 0.42-аас дээш) байх бага хувьсах  $(\text{La}/\text{Ce})_N$  утгатай байна (Зураг 203j, k).

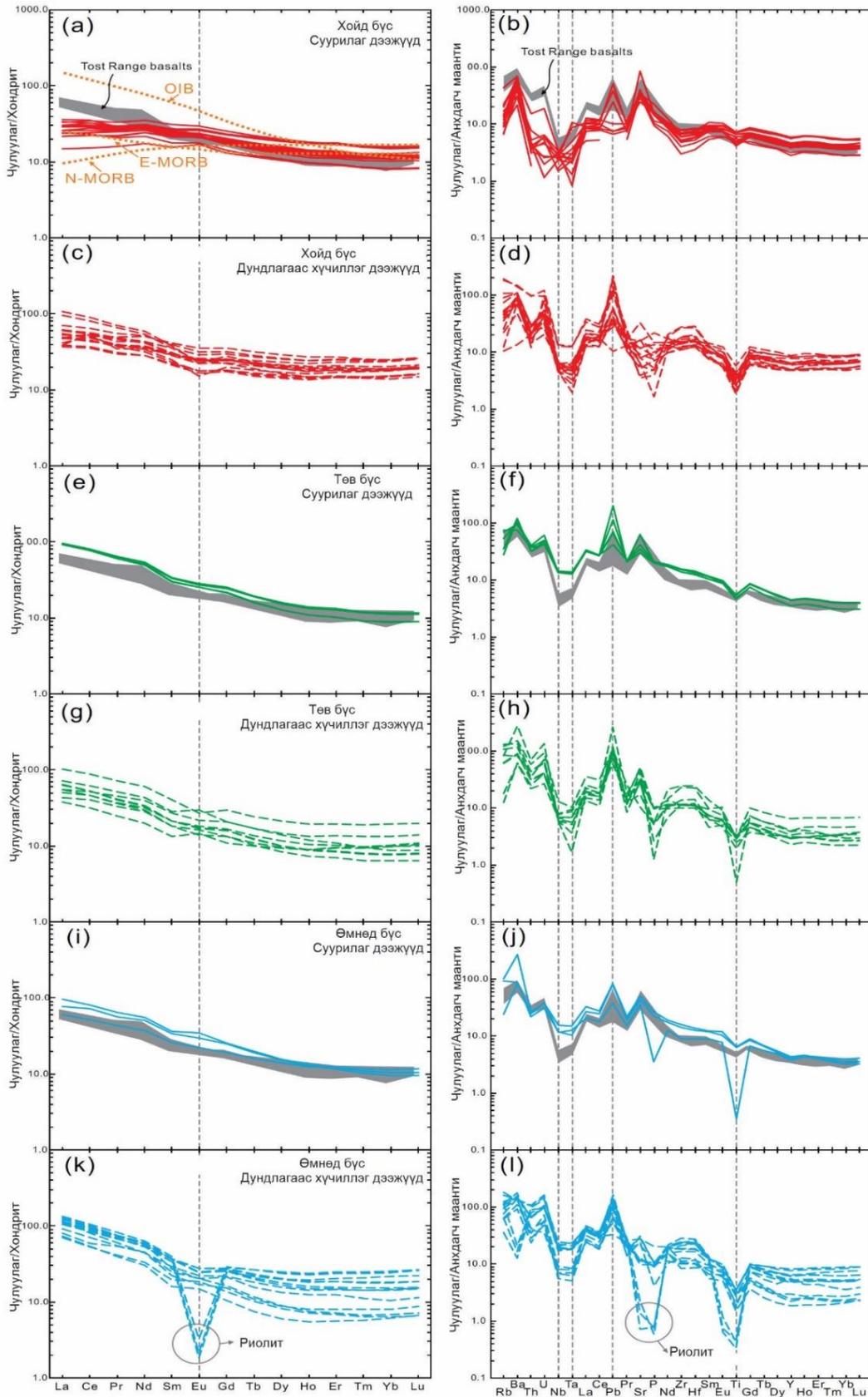
Газрын ховор элементийн хондритод нормчилсон диаграммд, хойд бүсийн суурилаг дээжүүд нь ГХЭ-ийн нийт агуулга багатай (174-347 г/т) ба ХөгХЭ шавхагдсан  $[(\text{La}/\text{Yb})_N = 1.78\text{--}2.98]$ , бага зэрэг  $\text{Eu}$  эерэг гажилтай ( $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 1.02\text{--}1.18$ ) байна. Эдгээр шинжүүд нь далайн голч нурууны ердийн базальтын (E-MORB) шинжтэй таарч байна (Зураг 204a).

Харин төвийн болон өмнөд бүсийн суурилаг дээжүүд нь ХөгХЭ-ээр баяжсан  $[(\text{La}/\text{Yb})_N = 5.26\text{--}10.6]$ , ГХЭ-ийн нийт агуулга өндөртэй (347–482 г/т), бага зэрэг сөрөг  $\text{Eu}$  гажил (0.94–1.13) илэрсэн (Зураг 204e, i). Гурван бүсийн дундлагаас хүчиллэг дээжүүд нь харьцуулж болохуйц шинж чанаруудыг үзүүлсэн ба тодруулбал нийт ГХЭ-ийн агуулга өндөр (220–625 г/т), хөнгөн ГХЭ-ээр баяжигдсан  $[(\text{La}/\text{Yb})_N = 1.75\text{--}14.52]$ ,

өндөр Eu сөрөг аномали үзүүлж буй 3 риолитын дээжээс бусад дээж (0.06–0.10) бага зэрэг Eu сөргөөс эерэг гажил үзүүлнэ (0.70–1.21) (Зураг 204с, g, k). Анхдагч мантийн нормчлогдсон диаграммд төвийн болон өмнөд бүсийн ихэнх, хойд бүсийн зарим дээжүүд Nb, Ta, Ti хомсдсон, Rb, U, La, Pb баяжигдсан нь тод ажиглагдана (Зураг 204b, d, f, h, j, l).



Зураг 203. Чулуулаг бүрдүүлэгч гол элементүүдийн ислийг цахиурын исэлтэй харьцуулсан Харкерийн диаграмм. Таних тэмдэг зураг 202-т үзүүлэв.



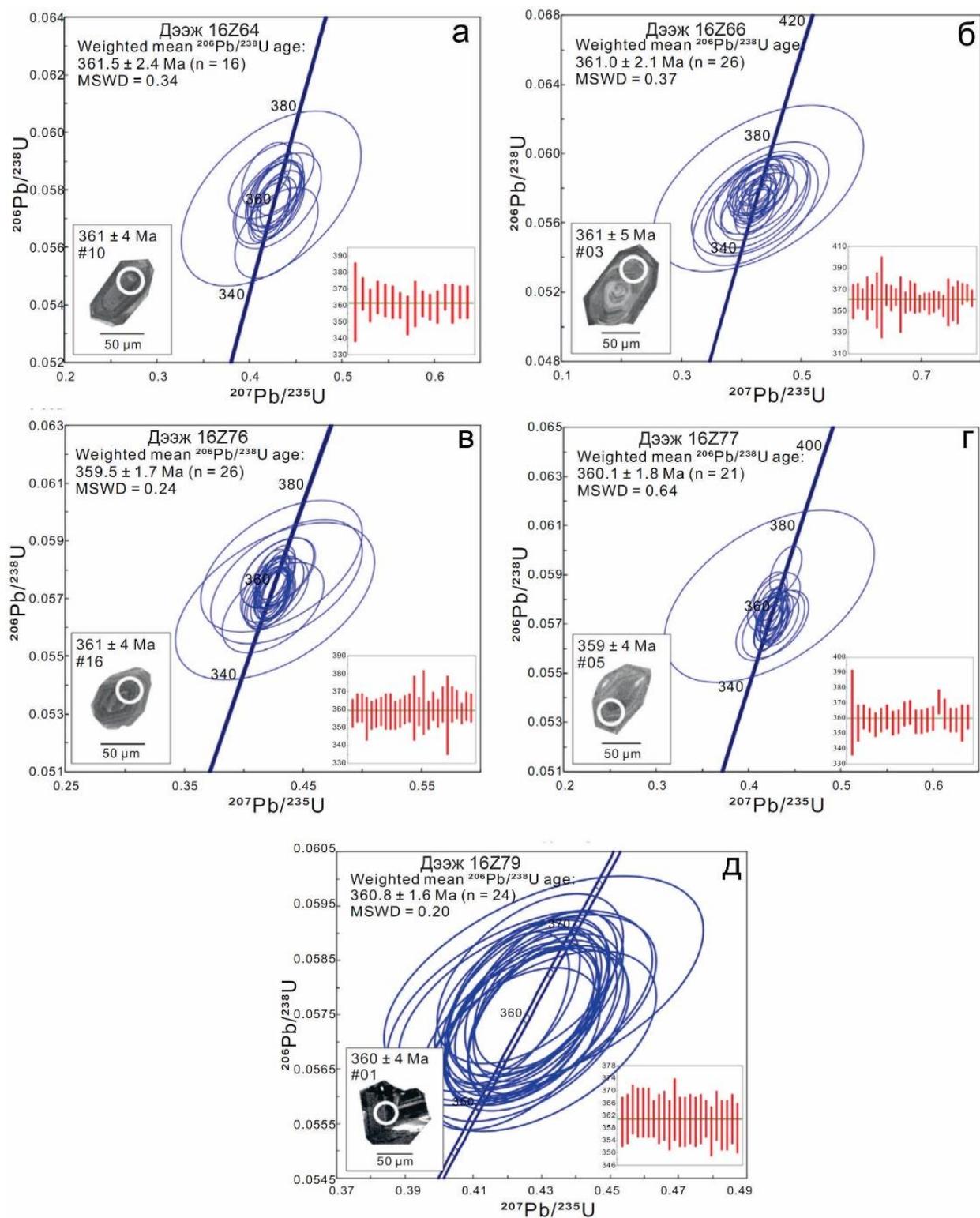
Зураг 204. а, с, е, г, i, k- Хондритын найрлагаар нормчилсон ГХЭ-ийн тархалтын муруй (Sun & McDonough, 1989); b, d, f, h, j, l- Анхдагч маантын найрлагаар нормчилсон ховор элементүүдийн спайдер диаграмм (Sun & McDonough, 1989). Сүүдэрлэсэн хэсгүүд нь Yang et al. (2016) авав.

**ГЕОХРОНОЛОГИ.** Цирконы катодлюминесценцийн зургаас (CL) харахад ихэнх цирконууд нь 0-5-1.0 уртаас өргөний харьцаатай, призмээс хагас дугуй хэлбэртэй, Th/U өндөр утгатай (ихэнх нь 0.4 дээш) байгаа нь тэдгээрийг маагмын гаралтай болохыг харуулж байна (Зураг 205; Corfu et al., 2003; Hoskin and Schaltegger, 2003). Харин цөөн хэдэн мөхлөгүүд нь метаморфизмын дараах ахин талсжилтыг харуулж болох талтай (Зураг 205а; Зураг 207а; Connelly, 2001). Хожуу пермээс карбоны настай 14 дээжийн геохронологийн шинжилгээний үр дүнг авч үзвэл 1) хожуу девоны буюу ~360 с.ж настай өмнөд, 2) түрүү карбоны буюу ~340 с.ж настай хойд, хожуу карбоны буюу ~320 с.ж настай төвийн гэсэн гурван бүсэд хуваан үзэж болохоор байна. Ингээд геохронологийн шинжилгээний дүнгүүдийн талаар бүс тус бүрийн хэмжээнд авч үзье.

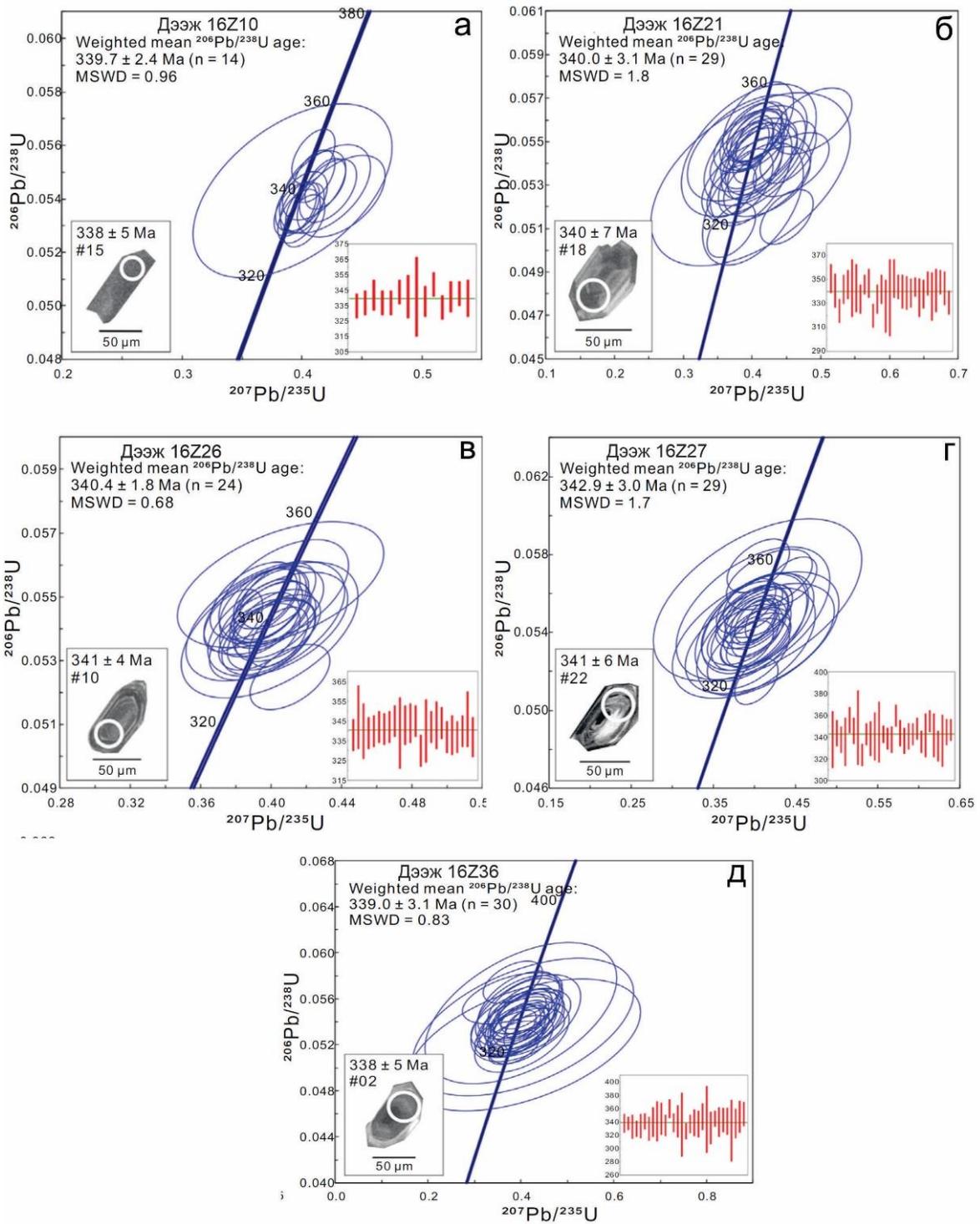
**Өмнөд бүс.** Бид өмнөд бүсээс таван дээжийг сонгон авч (хоёр дацит: дээж 16Z64 болон дээж 16Z66, хоёр риолит: дээж 16Z76 болон дээж 16Z77, нэг туф: дээж 16Z79) U-Pb насны судалгаанд хамруулсан. Эдгээр конкордант цирконуудын Th/U харьцаа ихэнх нь 0.25-1.58 хооронд хэлбэлздэг бөгөөд цөөн хэдэн цирконы утга 0.4 -ээс доогуур байсан.  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  дундаж утгууд нь: 16Z64 дээжинд  $361.5 \pm 2.4$  с.ж, 16Z66 дээжинд  $361.0 \pm 2.1$  с.ж, 16Z76 дээжинд  $359.5 \pm 1.7$  с.ж, 16Z77 дээжинд  $360.1 \pm 1.8$  с.ж, 16Z79 дээжинд  $360.8 \pm 1.6$  с.ж-ийн үнэмлэхүй настай байв (Зураг 205). Тиймээс бид хойд хэсэг дэхь хожуу девоны вулканизмын идэвхжлийн үе шатыг ойролцоогоор 360 с.ж гэж үзлээ.

**Хойд бүс.** Энэ бүсээс насны судалгаанд мөн таван дээж (хоёр андезит порфирит: дээж 16Z10 болон дээж 16Z26; хоёр дацит: дээж 16Z21 болон дээж 16Z27; нэг сиенит-порфир: дээж 16Z36) авсан ба ихэнх конкорд цирконууд нь Th/U харьцаа 0.35-2.10 хооронд харьцангуй өндөр утгатай байсан. Дээрх дээжүүд нь  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ -ын  $339.7 \pm 2.4$  с.ж,  $340.0 \pm 3.1$  с.ж,  $340.4 \pm 1.8$  с.ж,  $342.9 \pm 3.0$  с.ж, болон  $339.0 \pm 3.1$  с.ж дундаж насны утгатай байв (Зураг 206). Тиймээс бид хойд бүсийн насыг дунджаар 340 с.ж гэж үзлээ.

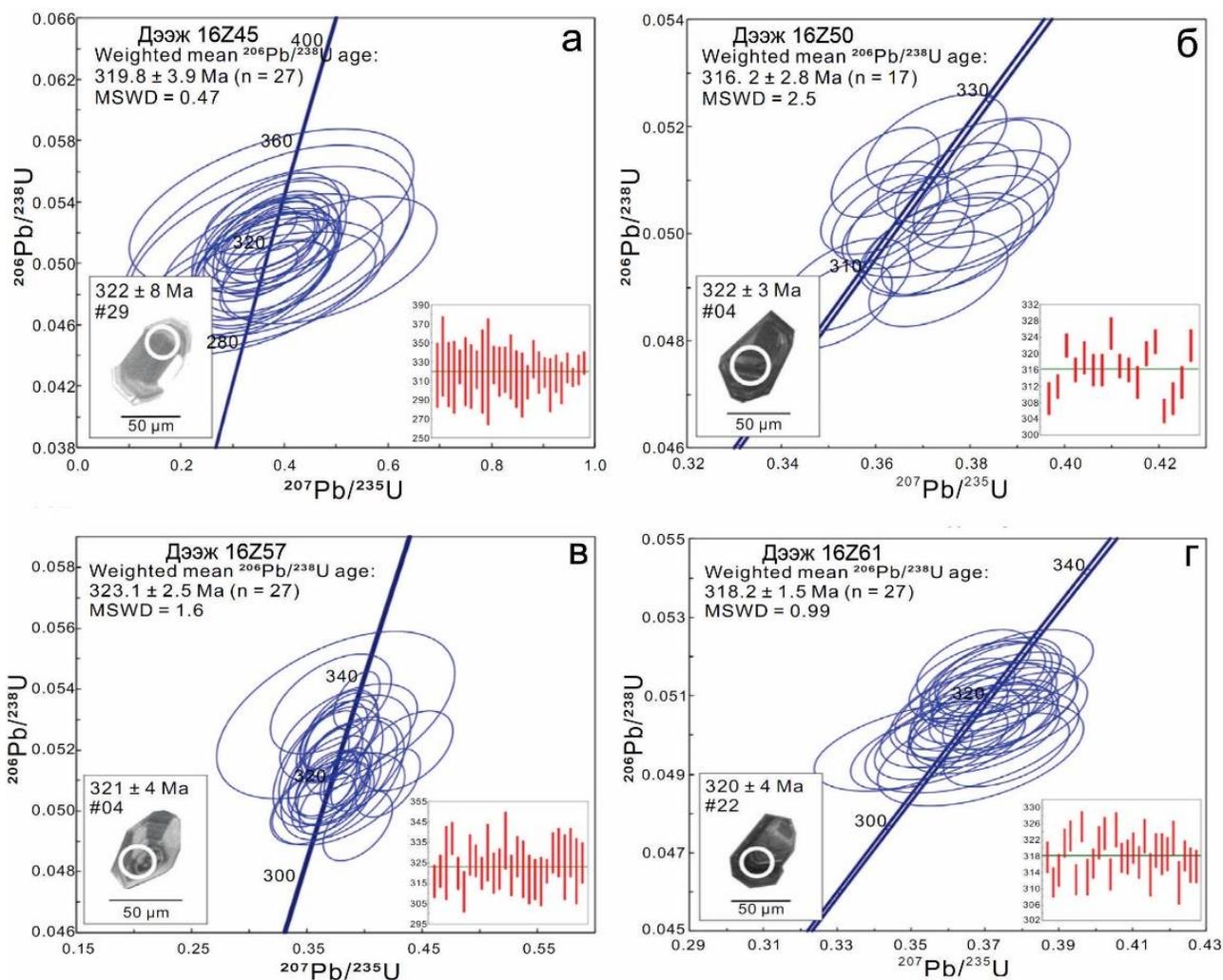
**Төвийн бүс.** Тус бүсээс андезит-порфирын 16Z45, дацитын 16Z50, андезитын 16Z57 болон 16Z61 дээжүүд авсан ба тэдгээрийн Th/U утга харьцангуй өндөр буюу 0.28-1.45 байв. Конкорд цирконуудын дундаж  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  нас нь  $319.8 \pm 3.9$  с.ж,  $316.2 \pm 2.8$  с.ж,  $323.1 \pm 3.0$  с.ж,  $318.2 \pm 1.5$  с.ж тус тус тогтоогдсон ба төвийн бүсийн насыг 320 с.ж гэж үзлээ (Зураг 207).



Зураг 205. Өмнөд бүсийн вулканоген чулуулгийн цирконд хийсэн U-Pb-ийн насны конкордийн диаграмм

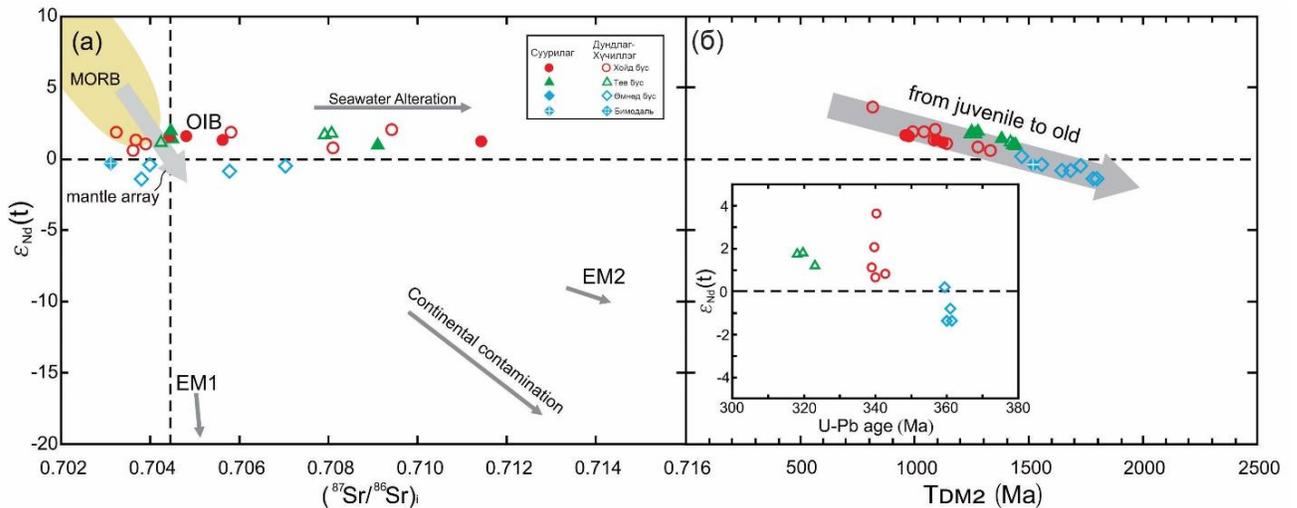


Зураг 206. Хойд бүсийн вулканоген чулуулгийн цирконд хийсэн U-Pb-ийн насны конкордийн диаграмм



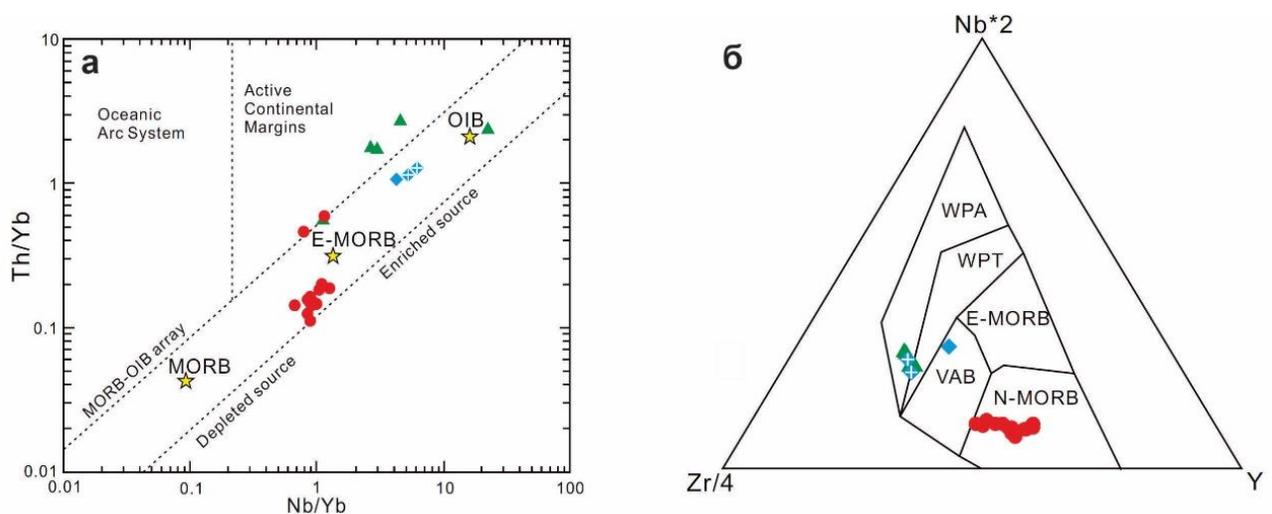
Зураг 207. Төвийн бүсийн вулканоген чулуулгийн цирконд хийсэн U-Pb-ийн насны конкордийн диаграмм

**Sr-Nd изотоп.** Sr-Nd изотопын өгөгдөл нь хойд бүсийн дээжүүд 0.69–0.72 хооронд, төвийн бүсийн дээжүүдэд 0.70–0.72 хооронд хэлбэлзэх бол өмнөд бүсийн дундаж утга 0.67–0.70 байна. Үүний эсрэгээр,  $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$  утгууд нь илүү тогтвортой, хойд бүсийн дээжүүд харьцангуй өндөр ( $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = 0.64\text{--}3.63$ ) ; төвийн бүсийн дээжүүд ( $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = 0.97 - 1.9$ ) байх бол өмнөд бүсийн дээжүүдэд  $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$  утга 1.39-аас 0.19 хооронд хэлбэлзэж байгаа нь бусад хоёр бүлгээс харьцангуй доогуур байна. Ихэнх дээжүүдийн хувьд  $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ -ны утга маантын эх үүсвэртэй далайн голч нурууны базальттай ойролцоо бууж байна (Зураг 208a).  $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$  ба  $T_{\text{DM2}}$  хамаарлын диаграммд бүх талбайн дээжүүдийн загвар насны хувьд залуугаас хөгшрөх чиглэлд, царцдасын шугамын ойролцоо сөрөг корреляцийн хандлагыг харуулж байна (Зураг 208б). Дэлгэрүүлбэл, өмнөд бүсийн дээжүүд нь бага  $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$  утгатай, 588-720 с.ж хүртэлх  $T_{\text{DM2}}$ -ийн утгатай байсан ба бусад хоёр бүс нь харьцангуй залуу  $T_{\text{DM2}}$  утгуудтай байв (төвийн бүсийн дээжүүд 498-577 с.ж, хойд бүсийн дээжүүд 326-532 с.ж).  $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$  ба цирконы U-Pb насны хамаарлын диаграммд (Зураг 208б-д) хамгийн эртний өмнөд бүсийн дээжүүд нь хамгийн бага  $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$  утгатай байхад бусад хоёр бүлгийн  $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$  утгууд тодорхой чиг хандлага байхгүй байна.



Зураг 208. а)  $\epsilon_{Nd}(t)$  ба  $(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$ -ийн хамаарлын диаграмм (Hofmann, 2007), б)  $\epsilon_{Nd}(t)$ -ийн  $T_{DM2}$  (с.ж) ба U-Pb насны харьцуулсан диаграмм EM1-баяжсан манту I (enriched mantle I); EM2-баяжсан манту II.

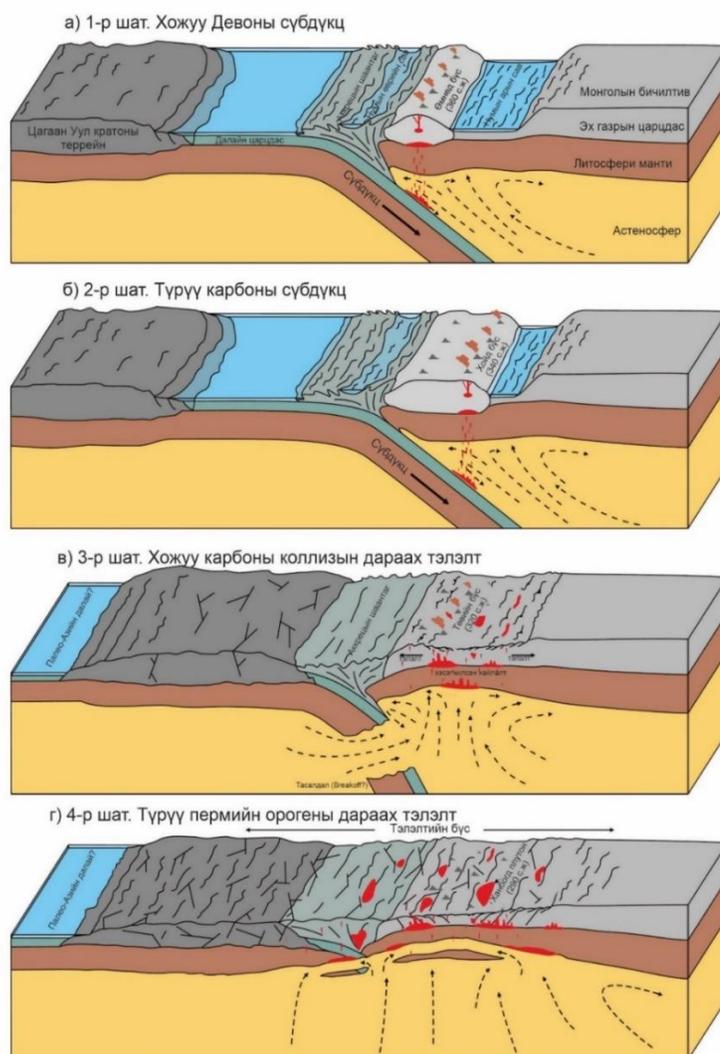
**ГЕОДИНАМИК ОРЧИН.** Тус судалгаанд хамрагдсан дээжүүдийн геодинамик орчныг тодорхойлох үүднээс Пирс (Pearce, 2008)-ийн дэвшүүлсэн вулканоген чулуулгийн үүслийн геодинамик орчинг тодорхойлоход ашигладаг Th/Yb-Nb/Yb диаграмм дээр хойд бүсийн базальт, базальт андезитын дээжүүд нь E-MORB ойролцоо, төвийн болон өмнөд бүсийн ихэнх дээжүүд E-MORB болон OIB завсарын хэсэгт, зарим нь эх газрын идэвхтэй захын нөхцөлд бууж байна (Зураг 209а). Түүнчлэн хувиралд харьцангуй бага өртдөг Zr, Th, Nb, Y зэрэг элементүүдээр геодинамикийн нөхцөлийг тодруулах оролдлогыг Zr/4-Nb\*2-Y гурвалжин диаграмм ашиглан боловсруулалт хийж үзэхэд хойд бүсийн дийлэнх дээжүүд нь N-MORB хэсэгт, өмнөд болон төвийн бүсийн ихэнх дээжүүд нь плит доторх базальтын талбайд бууж байна (Зураг 209б).



Зураг 209. а) Th/Yb-Nb/Yb вулканоген чулуулгийн үүслийн геодинамик орчинг тодорхойлох дискриминацийн диаграмм (Pearce, 2008), MORB-далайн голч нуруу; E- баяжсан, И-энгийн, OIB-далайн арлын базальт; б) Zr/4-Nb\*2-Y (Meschede, 1986)

Ji нар (2020) Цохиотын дүүргийн хэмжээнд энэ дүүрэгт өргөн тархалттай Хан Богдын массив зэрэг түрүү пермийн интрузив массивуудыг (Kovalenko et al., 2006; Yarmolyuk et al., 2008) хамруулан хожуу девоноос түрүү пермийн хоорондох магматизм ба тектоник хөгжлийн загварыг боловсруулсан (Зураг 210). Палеозойн эхэн үед Монголын бичилтив болон Палео-Азийн далайн хил хязгаар тогтвортой байсан ч тус далайн үүссэн цаг хугацаа (Цагаан Уул кратоны террейн, Тарим блок, Хойд Хятадын блок дагуух Палео- Азийн далай) тодорхойгүй хэвээр байв. Хожуу девоноос түрүү карбон хүртэл хойд зүгт чиглэсэн субдукц нь 360 с.ж ба 340 с.ж орчимд субдукцын чиглэлийн дагуу эх газрын арланнумын вулканизмыг үүсгэсэн байна (Зураг 210а, б) (Ji et al., 2020).

Цагаан Уул кратоны террейн Монголын бичилтивийн өмнө талын идэвхтэй захтай мөргөлдөж дараа нь хавтангууд тасрах (break off?) явцад буюу хожуу карбоны эхэн үед коллизын дараах тэлэлт явагдсан байна (Зураг 210в). Үүний дараа маагмын идэвхжил нэмэгдэж түрүү пермийн үед тэлэлтийн бүсэд ихээхэн хэмжээний гранитоид түрсэн байна (Зураг 210г; Wu et al., 2002, 2011; Jahn et al., 2009; Kuzmin and Yarmolyuk, 2014; Blight et al., 2010; Guy et al., 2014; Tong et al., 2015).



Зураг 210. Цохиотын дүүргийн тектоник хөгжлийг харуулсан бүдүүвч загвар (Ji et al., 2020)

## 4.2.2. АТАС БОГД – ТӨМӨРТИЙН НУРУУНЫ ДҮҮРЭГ

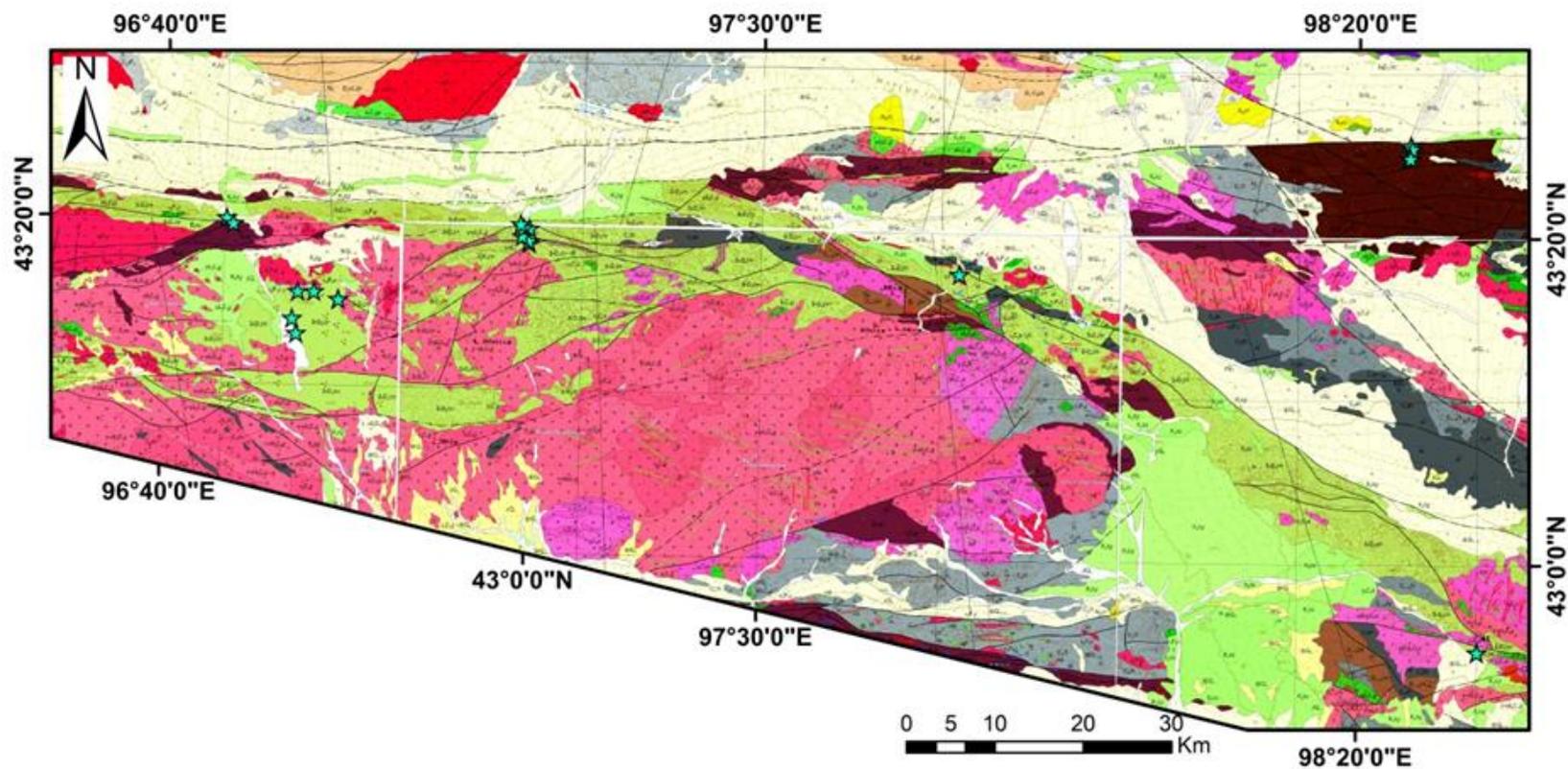
Тус дүүрэгт Төмөрт формацын бүрэлдэхүүнд ягаавтар туяатай ногоон, ногоон-саарал, хар саарал, хөхөвтөр-ягаан, улаандуу-хүрэн өнгөтэй, кварц-хлорит-серицитэт, кварц-серицитэт, хлорит-эпидот-кварцат занар голлох ба алевролит, жижиг-дунд ширхэгт элсэн чулуу, кварцит, метабазальт, метаандезит, туф, гравелит, хасын төрлийн чулуулгийн нарийн үеүд агуулдаг. Хурдас нь нийтдээ метаморф хувиралд нэлээд автаж ногоон занараас хааяа амфиболитын фацын хувиралд орсон байдаг

Тус дүүрэгт Төмөрт формацын хээрийн геологийн ажиглалт судалгааг Атас Богд уулын баруун өмнө тал, Цагаан булаг, Тооройн хөндий, Шар хулсны булаг, Цагаан Богд уулын баруун хойд тал зэрэг нийт 5 дэд талбайн хэмжээнд явуулсан бөгөөд формацын нас, гарал үүсэл, геодинамик орчныг тодруулах зорилго бүхий дээжлэлтүүдийг хийж холбогдох шинжилгээнд хамруулсан үр дүнгээс тайлангийн энэхүү хэсэгт тусган харууллаа. Уг судалгааны ажлыг “Монгол орны “К” хавтгайн хэмжээнд зохиогдсон улсын геологийн 1:200000-ны масштабын иж бүрдэл зургуудыг нэгтгэх төсөл”-тэй хамтран явуулсан болно.

### ГЕОЛОГИЙН ТОГТОЦ.

Өмнөд Монголын хэмжээнд хийгдсэн геологийн зургуудаас харахад Төмөрт формац нь Атас Богд уулын дүүргээс зүүн тийш Хан Богдын массив хүртэл өргөн уудам талбайд зураглагдсан байдаг бөгөөд тэдгээрийн ихэнх зузаалгийн нас нь гол төлөв геологийн харьцуулалтанд үндэслэж ирсэн байдаг. Харин “Монгол орны “К” хавтгайн хэмжээнд зохиогдсон улсын геологийн 1:200000-ны масштабын иж бүрдэл зургуудыг нэгтгэх төсөл”-тэй хамтран явуулсан бидний судалгаагаар Атас Богд уулын орчимд Төмөрт формацаас кембри-ордовикийн ангилагдаагүй зузаалгийг салган зураглаж Төмөрт формацыг силур-девоны түвшинд үлдээсэн юм. Иймээс төсөл хэрэгжих явцад хийгдсэн петрографи, геохими, геохронологийн судалгааны үр дүнг кембри-ордовикийн ангилагдаагүй зузаалаг ба Төмөрт формац тус бүрийн хэмжээнд бичиглэв. **Кембри-ордовикийн ангилагдаагүй зузаалаг (E<sub>3</sub>-O<sub>1</sub>)**. Тус зузаалаг нь Атас Богд уул ба Чингэс уулын дүүрэгт зураглагдахаас гадна Цагаан Богд уулын баруун хойд захад тус тус зураглагдана. Тус талбайнууд өмнө явагдсан 1:200000 масштабын зураглалын ажлуудаар силур-девоны Төмөрт формацад ангилагдан карбоны настай гүний бүрдлийн чулуулгаар зүсэгдсэн байдаг ([Зураг 211](#)).

Атас Богд уулын дүүрэгт тус зузаалаг нь атираажилтанд эрчимтэй автсан боровтор саарал өнгийн дунд-бүдүүн ширхэгт метаэлсэн чулуу (SM18622-4, SM18622-4/2, SM18622-4/4, SM18622-5/1), алевролитын салаавчлал болон ховроор шохойн чулууны нимгэн үе ба мэшлээс тогтох бөгөөд олон тооны кварцын судлууд болон ногоовтор өнгийн дундлаг найрлагатай дайк хэлбэрийн биетүүдийг агуулдаг. Тус зузаалгийн хэмжээнд тархалттай метатунамал зузаалгууд нь ерөнхийдөө баруун хойшоо суналтай, зүүн хойшоо уналтай (уналын өнцөг 40-50°) бага зэргийн атираажсан байгаа нь ажиглагдана ([Зураг 212](#)).

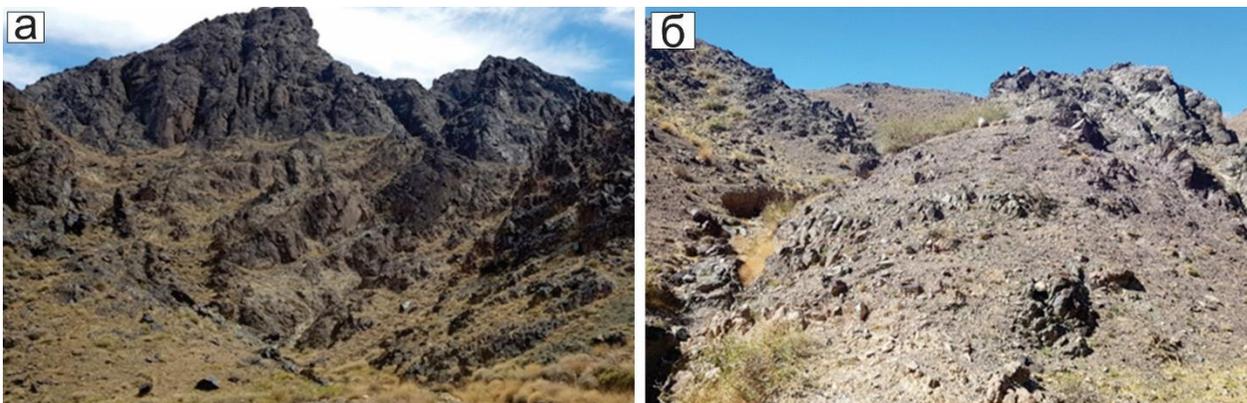


Зураг 211. Говийн тэнгэр уул блокийн Атас Богд –Төмөртийн нурууны дүүргийн геологийн зураг. 1:200000-ны масштабын геологийн зургийг суурь болгон ашиглав.



Зураг 212. Атас Богд уулын ард талд кембри-доод ордовикоор зурагласан метатунамал зузаалаг

Дараагийн хээрийн геологийн ажиглалт, судалгааг Төмөртийн нурууны зүүн үргэлжлэл болох Цагаан Богд уулын баруун хойд захад явуулсан (Зураг 213) бөгөөд тус зузаалгийн хэмжээнд цайвар сааралдуу өнгийн цахиурлаг метаэлсэн чулуу (дээж 41) нилээд өргөн тархалттай.



Зураг 213. Төмөртийн нурууны зүүн үргэлжлэлд кембри-доод ордовикоор зурагласан зузаалаг

**Төмөрт формац (S<sub>3</sub>-D<sub>1</sub>tm).** Төмөрт формацын хурдас нь Талын Хар Өндөр уулаас зүүн тийш Хонхор Шалайн Өндөр овоо хүртэл, Улаан Богц уул, Богс Цагаан дэрсний аараг, Тооройн хөндийгөөс зүүн тийш Зүүн Тооройтын нуруу, Цагаан байшинт нуруу, Идэрт уул, Шар хулсны нуруу, Төмөртийн нуруу, Хөх усны нуруу, Өвөр Алаг үнэт уул, Хар уул ба Цагаан овоо уулын баруун хойд тал, Хуцын Шандын аараг зэрэг дүүргүүдэд тус тус зураглагдана.

Бидний явуулсан хээрийн ажиглалт судалгаагаар Богц Цагаан дэрсний булгийн дүүрэгт Төмөрт формац нь боровтор өнгийн порфирлог тогтоцтой андезит (дээж 2471), бараавтар саарал өнгийн метэлсэн чулуу (дээж 2474, 2475/1, 2476/2, 2478), хар бараан

өнгийн метабазальт (дээж 2473) зэргээс тогтоно. Энэ дүүргийн Төмөрт формацын бүрэлдэхүүнд метаэлсэн чулуу нэлээд хувийг, харин метавулканидууд бага хэмжээгээр тохиолдох бөгөөд тэдгээр нь гол төлөв доод карбоны гранитын дээд талд үлдэц байдлаар илэрч байгаагаас гадна өргөргийн дагуу чиглэлтэй олон тооны хар өнгийн базальтын дайкуудаар зүсэгдсэн байгаа нь ажиглагдана.

Дараагийн талбай болох Тооройн хөндийн дүүрэгт явуулсан бидний судалгаагаар Төмөрт формацаар зураглагдсан талбайн урд талд олон тооны базальтын дайкуудаар зүсэгдсэн цайвар саарал өнгийн жижиг ширхэгт элсэн чулуу зонхилж ховроор үеийн чиглэлийн дагуу сунасан хэлбэрийн хайрга агуулсан конгломератын нимгэн үе (дээж 2480) тохиолдохоос гадна үеллэг тогтоц бүхий шохойн чулууны нэлээд зузаан үеийг агуулна (дээж 2481). Тус шохойн чулуу нь элсэн чулууны нэгэн адил базальтын дайкар зүсэгдсэн байх бөгөөд зүүн хойш чиглэлд цул текстуртай болж аажмаар шохойлог элсэн чулуу ба алевроэлсэн чулууны үнд шилжинэ (дээж 2482, 2483). Энэхүү шохойн чулууны үе нь 130-140 м өргөнтэй, өргөрөгийн чиглэлийн дагуу 5 км орчим үргэлжлэх бөгөөд зүүн хойш 60°-ын чиглэлтэй хагарлаар зүүн гарын шилжээс хагаралд өртсөн болох нь сансрын зургаас тод харагдана. Шохойн чулууны үенээс хойш зузаалгийн бүрэлдэхүүнд цайвар сааралдуу өнгийн дундлаг найрлагатай занаржсан вулканит тохиолдож эхлэх (дээж 2484, 2485) бөгөөд тодорхой хил зааг илрээгүй байв.

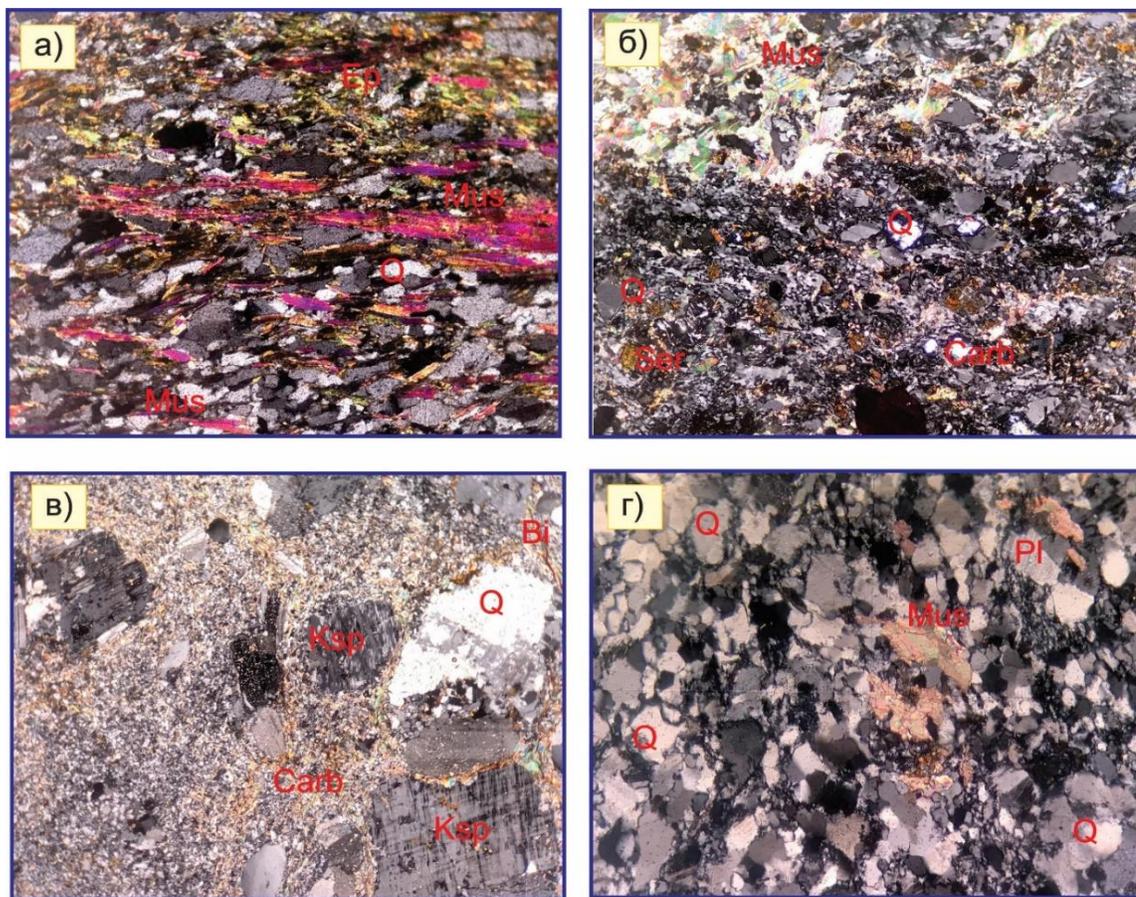
Төмөрт формацын хурдсын бүрэлдэхүүнд Индэрт уулын баруун талд бараан өнгийн суурилаг вулканит (дээж 2489) тохиолдох бол Шар Хулсны булгийн өмнө талд, мөн Шар хулсны хөндийн баруун талд ногоовтор саарал өнгийн сулавтар занаржсан алевроэлсэн чулуу, цахиурлаг алевролитоос тогтсон зузаалаг тогтоогдоно.

Хээрийн судалгааны явцад бид Төмөртийн нурууны дүүрэгт урьд өмнө нь судлаачдын илрүүлсэн фауны цуглуулгийг давтаж чадаагүй боловч тус формацын шохойн чулууны дээжнүүдийг микропалеонтологийн шинжилгээнд хамруулснаас ямар нэг органик үлдвэр илрээгүй болно.

**ПЕТРОГРАФИ.** Петрографийн шинжилгээнд кембри-ордовикийн ангилагдаагүй зузаалаг (E<sub>3</sub>-O<sub>1</sub>) болон силур-девоны Төмөрт формацын (S-D<sub>1tm</sub>) нийт 30 орчим дээжийг хамруулсан бөгөөд формацууды илэрхийлэх метаэлсэн чулууны 10 дээжийг сонгон авч петрографийн судалгаанд хамруулсан болно.

**Кембри-ордовикийн ангилагдаагүй зузаалаг (E<sub>3</sub>-O<sub>1</sub>).** Тус зузаалгийн бүрэлдэхүүнд атираажилтанд эрчимтэй автсан боровтор саарал өнгийн дунд-бүдүүн ширхэгт метаэлсэн чулуунууд зонхилдог. Атас Богд уулын ард талд илрэх сулавтар занаржсан элсэн чулуу (дээж SM18622-4, SM18622-4/2) нь хэмхдэс (65-70%) болон цементлэгчээс (30-35%) тогтоно. Хэмхдэсүүд нь 0.08-0.15 мм хэмжээтэй, хагас мөлгөржсөн, псаммоалевролитлаг структуртэй, занарлаг текстуртай. Чулуулагт кварц (40-45%), биотит (35-40%), мусковит (10-15%), ховроор эпидотын (5-10%) хэмхдэсүүд тохиолдоно ([Зураг 214a](#)). Хэмхдэсүүд нь серицит-карбонатын найрлагатай холбоосоор дүүргэгдсэн. Цемент нь суурийн болон завсрын шинжийг харуулна. Дайвар эрдсээс

хүдрийн эрдэс болох пирит, гематит ховроор тааралдана. Харин метаэлсэн чулуу нь (дээж SM18622-4/6, SM18622-5/1) хэмхдэс (60-65%), цементлэгч хэсгээс (30-35%) тогтоно. Хэмхдэсүүд жигд бус ширхэгтэй 0.2-0.7 мм хэмжээтэй, хагас мөлгөржсөн, псаммит-алевропсаммит структуртай, бага зэргийн занарлаг текстур ажиглагдана. Хэмхдэст кварц, плагиоклаз, биотит, эпидот тааралдах ба боржин (плагиоклаз+кварц болон кали хээрийн жонш+кварц), микрокварцитын хэмхдэсүүд тохиолдоно. Хэмхдэсүүд нь серицитийн агрегатаар цементлэгдсэн. Цемент суурийн болон хил заагийн шинжийг харуулна. Дайвар эрдсээс пирит ганц нэгээр тааралдана (Зураг 214а,б).

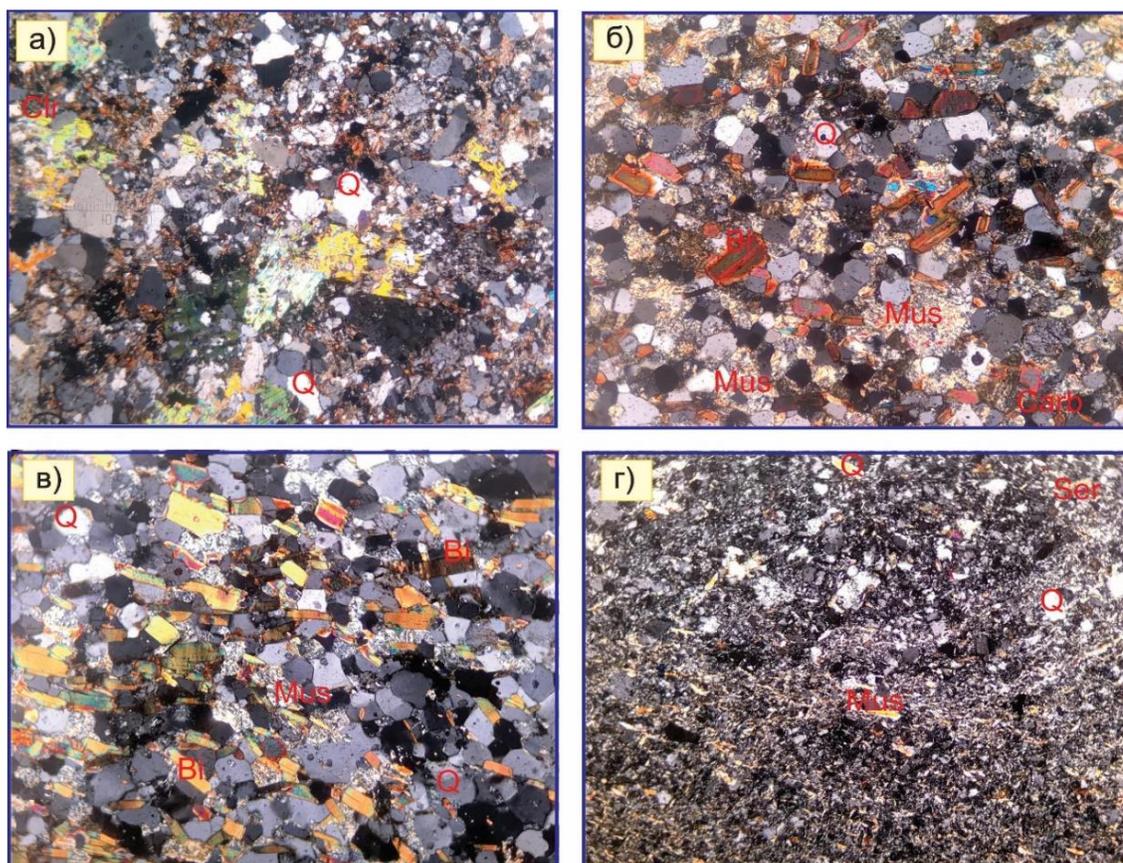


Зураг 214. Кембри-ордовикийн ангилагдаагүй зузаалгийн метаэлсэн чулууны шлифийн зураг. а) занаржсан элсэн чулуу (SM18622-4, SM18622-4/2), б,в) чулуулгийн хэмхдэс агуулсан метаэлсэн чулуу (SM18422-4/6, SM18422-5/1), г) метаэлсэн чулуу (41)

**Цагаан богд уулын** баруун талд нилээд өргөн тархалттай цайвар саарал өнгийн метаэлсэн чулуу нь (дээж 41) хэмхдэс (60-65%) болон цементлэгч (35-40%) хэсгүүдээс тогтоно. Хэмхдэсүүд нь 0.1-0.3 мм хэмжээтэй, хагас өнцөглөсөн, дунд зэрэг сортлогдсон, псаммитлаг структуртай, цул нягт текстуртай. Чулуулагт кварц болон микрокварц (60-65%) зонхилох ба плагиоклаз (10-15%), мусковит (5-10%), калийн хээрийн жонш (5-10%), биотит, хүдрийн эрдсүүд багаар тохиолдоно. Цементлэгч нь нүх сүвийн болон хил заагийн шинжтэй, карбонатаар дүүргэгдсэн (Зураг 214г).

**Төмөрт формац** ( $S_3-D_{1tm}$ ). Төмөрт формацын хувьд жижиг-дунд ширхэгтэй, хагас мөлгөржсөн, муу сортлогдсон метаэлсэн чулуу болон занаржсан элсэн чулуу нилээд өргөн тархдаг.

**Тооройн хөндийн талбайд** өргөн тархсан цайвар саарал өнгийн жижиг-дунд ширхэгтэй метаэлсэн чулуу нь (дээж 2480) хэмхдэс (60-65%) болон цементлэгчээс (35-40%) тогтоно. Хэмхдэсүүд нь 0.2-0.3 мм хэмжээтэй, хагас өнцөглөсөн, муу сортлогдсон, псаммитлаг структуртай, бага зэргийн занарлаг текстуртай. Чулуулагт кварц (60-65%), биотит (20-25%), плагиоклаз (10-15%), мусковит (5-10%) зэрэг эрдсийн хэмхдэсүүд тохиолдох бөгөөд суурийн болон завсрын хэв шинжийг агуулсан серицит-хлоритын найрлагатай холбоосоор дүүргэгджээ (Зураг 215а).



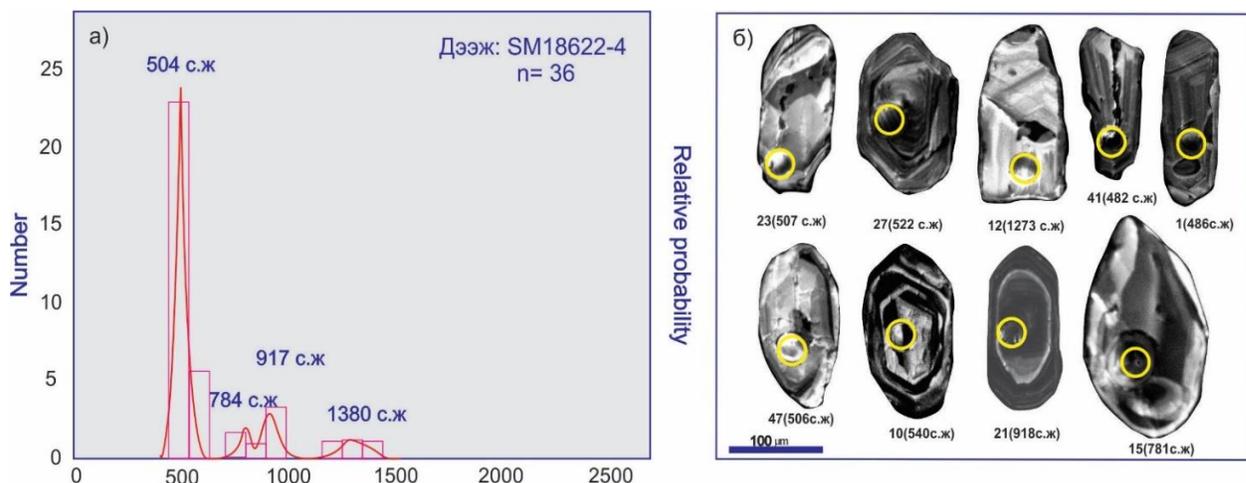
Зураг 215. Төмөрт формацын ( $S_3-D_1$ ) метаэлсэн чулууны шлифийн зураг. а) жижиг-дунд ширхэгтэй метаэлсэн чулуу (SM2480), б, в) жижиг ширхэгтэй метаэлсэн чулуу (2474, 2478), г) алевроэлсэн чулуу (2492)

**Цагаан Булгийн талбайд** тархалттай ногоон саарал өнгийн жижиг ширхэгтэй метаэлсэн чулуу (дээж 2474, 2478) хэмхдэс (55-60%) болон цементлэгчээс (40-45%) тогтоно. Хэмхдэсүүд нь 0.15-0.3 мм хэмжээтэй, хагас өнцгөлсөн, псаммитлаг структуртай, нягт цул текстуртай. Чулуулагт кварц (60-65%), биотит (10-15%), кали хээрийн жонш (5-10%), плагиоклаз (5-10%), мусковит (3-5%) зэрэг эрдсийн хэмхдэсүүд тохиолдох ба хил заагийн болон нүх сүвийн карбонат-төмрийн усан ислийн найрлагатай холбоосоор дүүргэгдсэн. Дайвар эрдсээс гематит, пирит ганц нэг тохиолдоно (Зураг 215 б, в).

**Шар хулсны булаг** орчимд тархалтай ногоовтор саарал өнгийн алевроэлсэн чулуу нь (дээж 2492) хэмхдэс (60-65%) ба цементлэгчээс (35-40%) тогтоно. Хэмхдэсүүд нь 0.01-0.03 мм хүртлэх хэмжээтэй, псаммоалевритлаг структуртай, занарлаг текстуртай. Чулуулагт кварц (60-65%), мусковит (15-20%), биотит (5-10%), хүдрийн эрдэс (1-2%) хэмхдэсүүд тохиолдох ба хил заагийн хэв шинжийг илтгэсэн карбонат-төмрийн усан ислээр дүүргэгдсэн байна (Зураг 215г).

**ГЕОХРОНОЛОГИ.** Төсөл хэрэгжих явцад Төмөрт формацаар зураглагдсан зузаалгуудын насыг тогтоох зорилгоор нийт 5 дээжний цирконуудын U-Pb-ны геохронологийн шинжилгээг явуулсан.

**Дээж SM18622-4.** Тус метаэлсэн чулууны дээжний U-Pb-ны геохронологийн шинжилгээний дүнгээр цирконуудын үнэмлэхүй насны бүрэлдэхүүнд  $450 \pm 13$  с.ж-ээс  $1382 \pm 34$  с.ж-ийн нас тогтоогдсон бөгөөд гол пикүүд нь 502 ба 800-900 с.ж дээр төвлөрөх кембрийн ба доод неопротерозойн настай хоёр үндсэн популяци буюу бүлгийг үүсгэх бөгөөд бага хэмжээгээр мезопротерозойн цирконууд тогтоогдоно. Эдгээрийн дотроос хамгийн залуу 20 цирконы дундаж болох  $504 \pm 6$  сая жилийн насны өгөгдлийг бид тус зузаалгийн хурдас хуримтлалын насны доод хязгаар гэж үзлээ (Зураг 216). Энэ нь тус зузаалгийг силур-доод девоны цаг үед бус, харин  $504 \pm 6$  с.ж-ээс хожуу буюу кембрийн хоёр буюу гуравдугаар серийн цаг үед үүссэн болохыг харуулна.

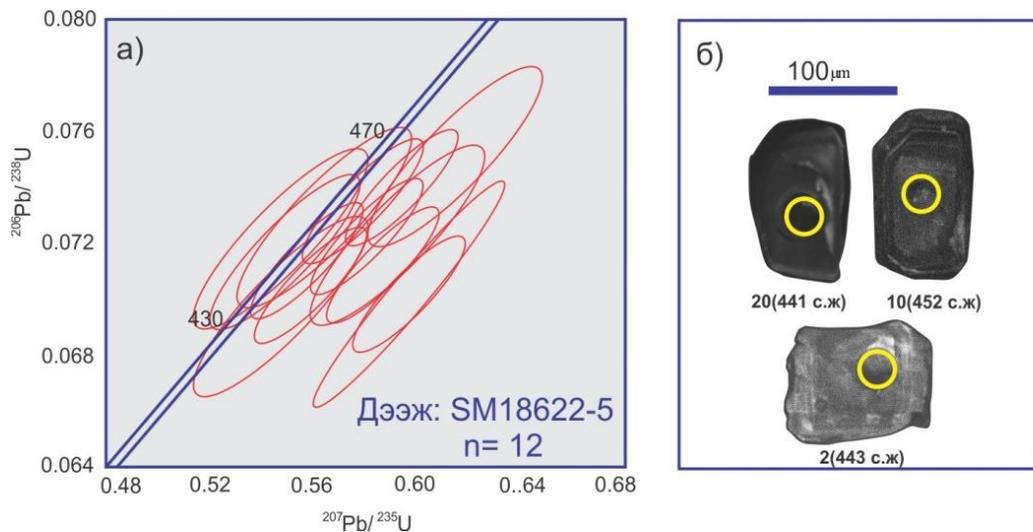


Зураг 216. Төмөрт формацаар зураглагдсан элсэн чулууны SM18622-4 дээжний зөөгдмөл цирконуудын а) Үнэмлэхүй насны тархалтын гистограмм, б) Хамгийн залуу насны популяцийн дундаж утгын диаграмм

Атас Богдын дүүрэгт силур-доод девоны Төмөрт формацад зураглагдаж ирсэн зузаалгийн хурдас хуримтлалын насны доод хязгаарыг ийнхүү тогтоосон бол хурдас хуримтлалын насны дээд хязгаарыг тус метаэлсэн чулууны зузаалгийн дээд талд байрлах риолитийн насны өгөгдлөөр тогтоосон юм.

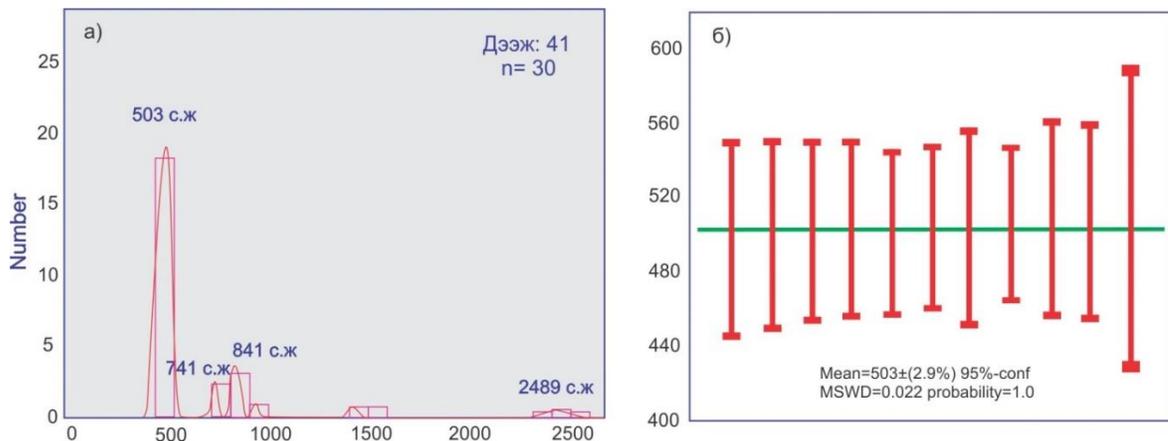
**Дээж SM18622-5.** Тус риолитийн дээжийг Атас Богд уулын орой орчимд ( $43^{\circ}19'48.3''$ ;  $99^{\circ}45'42.5''$ ) доод девоны Энгэр-Ус формацын базальтын зузаалгийн доороос цухуйц байдлаар илэрсэн зузаалгаас авсан. Риолитийн SM18622-5 дээжний нийт 12 цирконыг

U-Pb-ны геохронологийн шинжилгээнд хамруулсан бөгөөд тэдгээрийн конкорд насны дундаж өгөгдөл болох  $446.6 \pm 8.5$  с. ж-ийн өгөгдлийг бид тус риолитийн үүслийн нас гэж үзлээ (Зураг 217).



Зураг 217. Риолитийн SM18622-5 дээжийн үнэмлэхүй насны а) конкордын диаграмм, б) үнэмлэхүй насны дундаж утгын диаграмм

**Дээж 41.** Төмөртийн нурууны зүүн үргэлжлэл Цагаан Богд уулын баруун хойд захад Төмөрт формацад зураглагдсан цайвар сааралдуу өнгийн цахиурлаг метаэлсэн чулууны дээжийг ( $42^{\circ}54'42.0''$ ;  $98^{\circ}30'1.9''$ ) бид геохронологийн шинжилгээнд хамруулсан. Энэхүү шинжилгээний дүнгээр цирконуудын бүрэлдэхүүнд  $498 \pm 11$  с.ж-ээс  $2489 \pm 55$  с.ж хооронд үнэмлэхүй нас нь хэлбэлзэх цирконууд тогтоогдсон бөгөөд тэдгээрийн гол пикүүд нь 503 ба 741-841 с.ж дээр төвлөрөх кембрийн ба доод неопротерозойн настай хоёр популяци буюу бүлгийг үүсгэх бөгөөд бага хэмжээгээр мезопротерозой ба палеопротерозойн цирконууд тогтоогдоно (Зураг 218). Эдгээрийн дотроос хамгийн залуу 11 цирконы үнэмлэхүй насны дундаж өгөгдөл болох  $503 \pm 6$  с.ж-ийн насны өгөгдлийг бид тус зузаалгийн хурдас хуримтлалын насны доод хязгаар болно.



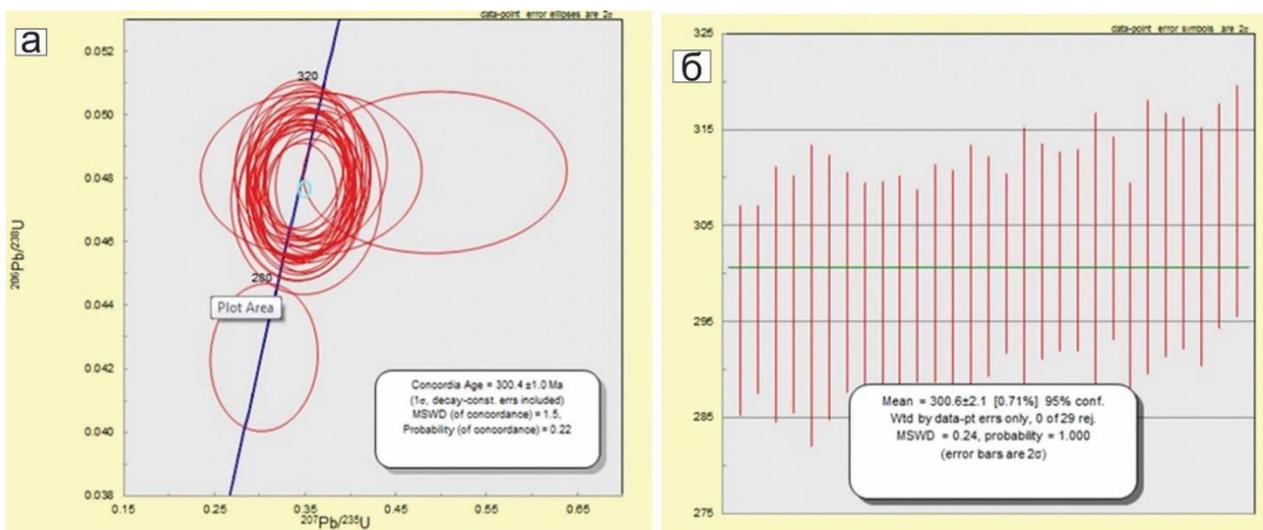
Зураг 218. Элсэн чулуу (дээж 41)-ны зөөгдмөл цирконуудын а) Үнэмлэхүй насны тархалтын гистограмм, в) Хамгийн залуу насны популяцийн дундаж утгын диаграмм

Цагаан Богд уулын баруун хойд захад зураглагдсан метаэлсэн чулууны хурдас хуримтлалын насны доод хязгаар нь Атас Богд уулын дүүрэгт тархсан метаэлсэн чулууны хурдас хуримтлалын настай ижил байгаагийн зэрэгцээ аль алинд нь доод неопротеозой ба мезопротерозойн настай цирконууд тогтоогдсон нь тэдгээрийг нэгэн ижил эх үүсвэрээс нэгэн цаг хугацаанд хуримтлагдсаныг харуулна. Иймээс бид дээр дурдсан зузаалгуудыг Атас Богдын дүүрэгт зураглагдсан метатерриген хурдсын нэгэн адилаар кембри-доод ордовикийн ангилагдаагүй зузаалагт ялгалаа.

**Төмөрт формац (S<sub>3</sub>-D<sub>1</sub>tm).** Төмөрт формацын насны асуудлыг бататгах зорилгоор бид 2 дээжийг геохронологийн шинжилгээнд хамруулсан.

**Дээж 2471.** Андезитийн тус дээжийг Хонхор Шалайн Өндөр овооноос зүүн тийш УГЗ-200 зургаар силур-доод девоны Төмөрт формацад ангилагдаж байсан боловч хожим нь Монгол улсын 1:500000 масштабын геологийн зурагт доод девоны Энгэр-Ус формацад ангилагдах болсон зузаалгаас авсан. Тус дээжнээс (дээж 2471) ялгасан нийт 29 цирконы мөхлөгт U-Pb аргаар үнэмлэхүй нас тодорхойлох хэмжилтийг хийсэн юм. Үүнээс бүгд 95%-оос дээш итгэлцүүр бүхий өндөр нарийвчлалтай өгөгдөл байсан бөгөөд цирконуудын насны дундаж өгөгдөл болох  $300.6 \pm 2.1$  с.ж-ийг андезитийн зузаалгийн талсжилтын нас гэж үзлээ (Зураг 219).

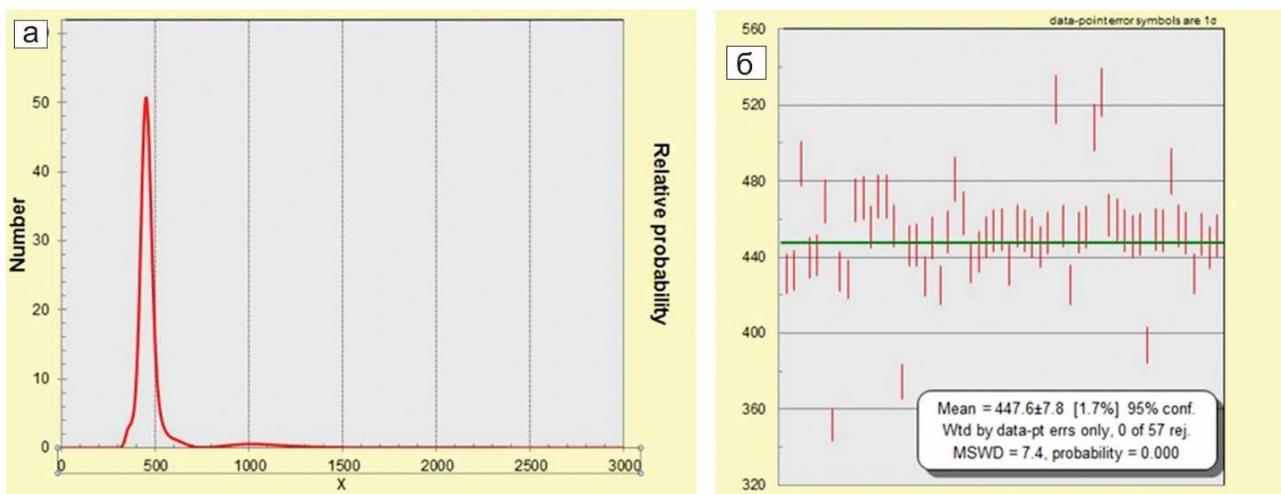
Энэхүү зузаалгийг Монгол улсын 1:500000 масштабын зурагт доод девоны Энгэр-Ус формацад ангилагдаж байсныг бид геохронологийн судалгааны дүнд үндэслэн карбоны пенсильван серийн гжель стейжийн түвшинд авч үзэж литологийн найрлага ойролцоо Тахилт формацад ялгасан нь зүйтэй гэж үзлээ.



Зураг 219. Андезит (дээж 2471)- ийн үнэмлэхүй насны а) конкордын диаграмм, б) үнэмлэхүй насны дундаж утгын диаграмм

**Дээж 2480.** Тус дээжийг Тооройн хөндийн дүүрэгт тархсан элсэн чулууны зузаалгаас авсан ( $43^{\circ}18'59.8''$ ;  $97^{\circ}10'30.0''$ ) бөгөөд түүнээс ялгасан 65 цирконд U-Pb-ны үнэмлэхүй насны хэмжилт хийхэд  $352 \pm 9$  ба  $1869 \pm 40$  с.ж хооронд үнэмлэхүй нас нь хэлбэлзэх цирконууд тогтоогдсон (Зураг 220а, б). Хэдийгээр цирконуудын бүрэлдэхүүнд  $352 \pm 9$ ,

375 ± 9 ба 394 ± 10 с.ж-ийн настай гурван циркон тогтоогдсон боловч тэдгээр нь хурдас хуримтлалын нас тооцоолох стандартыг хангахгүй учир хамгийн залуу популяцийн дундаж насны утга болох 447.6 ± 7.8 с.ж-ийн насны өгөгдлийг тус элсэн чулууны зузаалгийн хурдас хуримтлалын насны доод хязгаар гэж үзлээ. Ингээд үнэмлэхүй насны боломжит хазайлтыг тооцон үзвэл Төмөрт формацын элсэн чулууны хурдас хуримтлалын насны доод хязгаарыг лландоверийн төгсгөл, венлокийн эхэн үе гэж үзэж болно.



Зураг 220. Элсэн чулууны 2480 дээжний зөөгдмөл цирконуудын а) Үнэмлэхүй насны тархалтын гистограмм, в) Хамгийн залуу насны популяцийн дундаж утгын диаграмм

Төмөрт формацын хэмжээнд хэвлэгдсэн материалуудыг шүүж үзвэл Төмөртийн нурууны дүүрэгт Төмөрт формацад ангилагдсан риолитийн насны өгөгдөл байдаг (Kroner et al., 2010). Эдгээр судлаачид Төмөртийн нурууны зүүн өмнөд хэсгийн (42°50'45.3"; 98°43'29.8") ногоон занарын фацын түвшинд хувиралд автсан метариолитийн зузаалгаас 2/1054 дээжийг авч геохронологийн шинжилгээнд хамруулсан бөгөөд түүнд тогтоогдсон 399.1 ± 1.1 с.ж-ийн ( $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ) насны өгөгдлийг тус риолитийн үүслийн нас гэж үзжээ. Энэхүү өгөгдөл нь тус формацыг насны дээд хязгаарыг заах боломжтой юм.

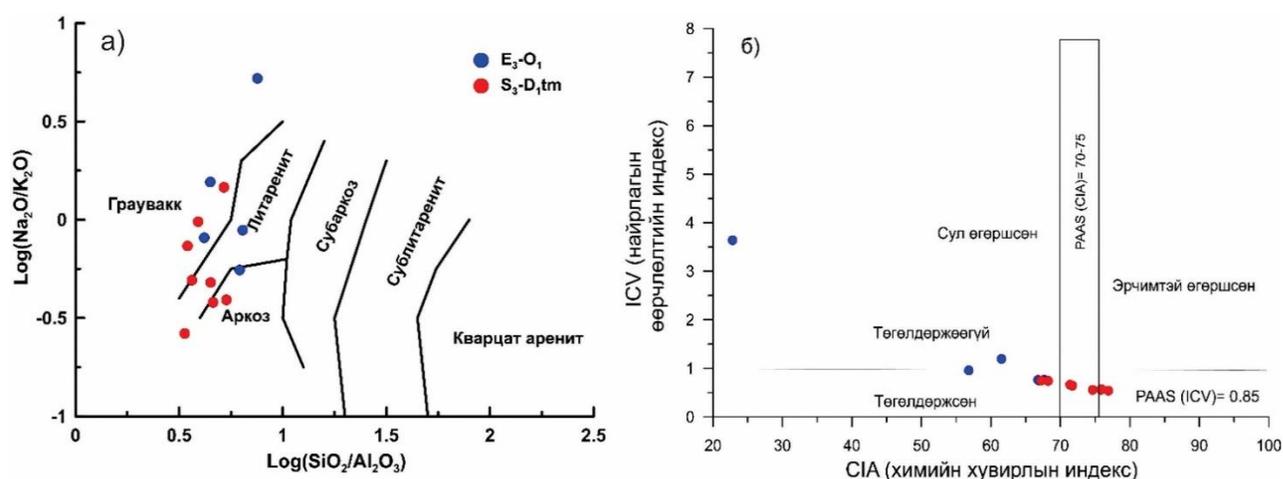
Ийнхүү бид өмнөх судлаачдын материалыг өөрсдийн судалгааны өгөгдлүүдтэй нэгтгэн боловсруулсаны дүнд судалгааны өнөөгийн түвшинд Төмөрт формацын насыг силүрийн венлок сериэс доод девоны эмс стейжийн түвшинд нарийвчлах боломжтэй гэж үзэж байна. Цаашид тус формацын нас нь өөрчлөгдөхгүй байж болох ч хурдсын тархалтын асуудлыг шийдвэрлэх шаардлагатай болжээ. Бидний судалгаагаар Төмөрт формацаар зураглагдсан хурдсуудын зарим нь кембри-ордовик, зарим нь карбоны пенсильван серийн түвшинд ангилагдах болж байгаа юм.

**ГЕОХИМИ.** Атас Богд-Төмөртийн нурууны дүүргийн хэмжээнд тархалттай кембри-ордовикийн ангилагдаагүй зузаалаг ба Төмөрт формацын метатунамал-вулканоген чулуулгийн нийт 13 дээжийг геохимийн шинжилгээнд хамруулсан.

Петрохимийн шинжилгээний дүнгээр кембри-ордовикийн ангилагдаагүй зузаалгийн занаржсан метаэлсэн чулууны ислүүдийн агуулга  $\text{SiO}_2 = 64.2 - 76.8\%$ ,  $\text{TiO}_2 = 0.11 - 0.75\%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 7.5 - 15.5\%$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1.7 - 7.8\%$ ,  $\text{MgO} = 0.5 - 2.8\%$ ,  $\text{CaO} = 1.4 - 2.7\%$  байх бол  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  нийлбэр агуулга  $4.2 - 7.2\%$  хооронд хэлбэлзэнэ. Харин карбонатаар цементлэгдсэн метаэлсэн чулууны найрлаганд (SM18622-4/4) цахиурын ислийн агуулга харьцангуй бага ( $46.2\%$ ), харин хөнгөнцагаан ( $8.9\%$ ), кальцийн ислийн агуулга ( $22.7\%$ ) харьцангуй өндөр, мөн шатаалтын алдагдал (L.O.I) харьцангуй өндөр ( $15.4\%$ ) байгаа нь петрографийн бичиглэлийн явцад илэрсэн цементлэгч карбонатаас хамааралтай. Тунамал чулуулгийн ангиллын диаграммаас үзвэл Атас Богд-Төмөртийн нурууны дүүргийн Атас Богд уулын ар тал болон Цагаан Богд уул орчимд өргөн тархсан кембри-ордовикийн ангилагдаагүй зузаалгийн метаэлсэн чулуулаг нь химийн найрлагын хувьд граувакк, литаренитын бүлэгт хамаарагдана.

Харин Богц цагаан дэрсний булаг, Тооройн хөндий, Шар хулсны хөндийн ормын Төмөрт формацаар зураглагдах метаэлсэн чулуугийн  $\text{SiO}_2 = 61.2 - 70.2\%$ ,  $\text{TiO}_2 = 0.69 - 0.88\%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 13.1 - 18.3\%$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 5.7 - 7.1\%$ ,  $\text{MgO} = 1.8 - 2.8\%$ ,  $\text{CaO} = 0.3 - 1.03\%$  байх бол  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  нийлбэр агуулга  $4.2 - 6.1\%$  хооронд хэлбэлзэнэ. Химийн найрлагын хувьд тэдгээр нь грауваккаас аркоз хүртлэх олон төрлийн найрлагатай байгаа нь харагдана (Зураг 221 а).

Кембри-ордовикийн ангилагдаагүй зузаалгийн занаржсан метаэлсэн чулуулгийн химийн хувиралын индекс (CIA) нь  $58.3 - 63.3$  хооронд тархалттай байгаа нь тогтвортой, химийн хувиралд харьцангуй бага орсныг илтгэнэ. Харин Төмөрт формацын метаэлсэн чулууны химийн хувиралын индекс (CIA)  $68.5 - 77.8$  хооронд байгаа нь химийн хувиралд ихээхэн орсон болох нь харагдана. ICV (найрлагын өөрчлөлтийн индекс) утга  $1 - 3$  ээс их буюу ойролцоо байх нь дахин хуримлалд бага оролцсоныг харуулж байна. (Зураг 221б).

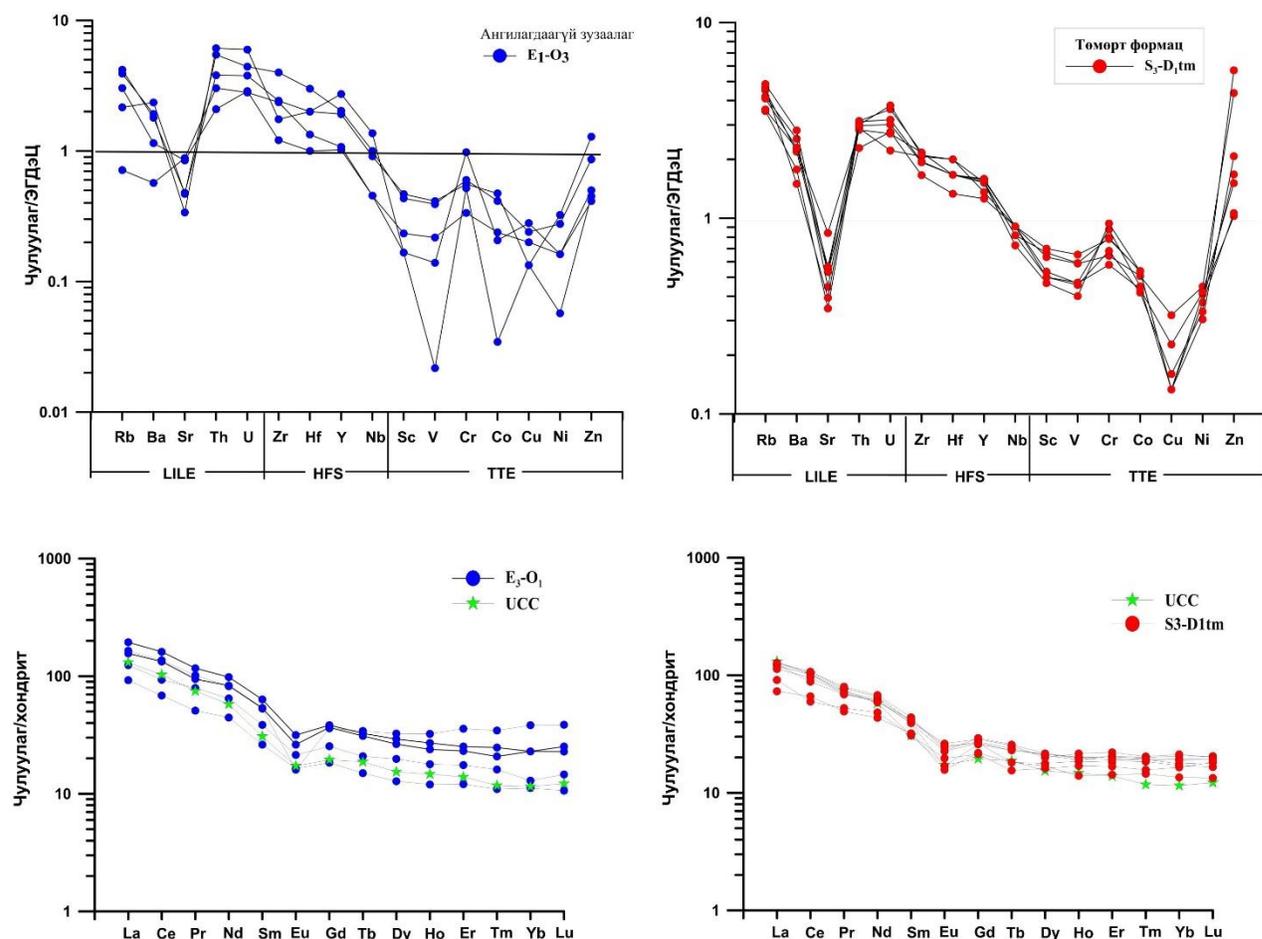


Зураг 221. Тунамал чулуулгийн ангиллын диаграм. а) Петтиджоны диаграмм (Pettijohn et al., 1972), б) химийн өгөршлийн (CIA) ба найрлагын өөрчлөлтийн индекс (ICV)-ийн харьцааны диаграмм (Cox et al., 1995)

Олон элементийг ЭГДэЦ (эх газрын дээд царцдас)-ын дундаж утгад нормчлон байгуулсан диаграммаас харахад Атас Богд уул, Богц цагаан дэрсний булаг орчим

тархалттай кембри-ордовикийн ангилагдаагүй зузаалгийн занаржсан метаэлсэн чулуунууд найрлагын хувьд нилээд төстэй, ЭГДэЦ-ын дундаж утгаас ионы радиус өндөртэй элементүүдээр баяжсан байгаа нь хээрийн жонштой холбоотой, шилжилтийн элементүүдээр ядуурсан байгаа нь маантийн чулуулгийн оролцоо бага байгаатай холбоотой байна. Элсэн чулуунуудын ховор элементийн агуулгыг эх газрын дээд царцдасын агуулгатай харьцуулахад Ba, Rb зэрэг элементүүд өндөр байх ба чулуулаг нь шаварлаг болон гялтгануурын төрлийн эрдсүүдийг агуулсан байдагтай холбоотой.

ГХЭ-ийн муруйгаас тунамал чулуулгийн эх үүсвэрийг тодорхойлох боломжтой бөгөөд тунамал чулуулаг нь ЭГДэЦ-ын төвшинд хэдий ч европын гажил бага зэрэг эерэг байгаа нь плагиоклаз давамгайлсантай холбоотой. Тунамал чулуулаг нь ХөгХЭ/ХүГХЭ харьцаа 11.6 - 14.2 (дундаж = 12.7), Eu сөрөг гажил ( $Eu/Eu^* = 0.71 - 0.95$ , дундаж = 0,82)-тай байгаа нь хүчиллэг чулуулгаас эх үүсвэртэй, ЭГДэЦ-тай ойролцоо агуулгатай.  $(La/Yb)_N$  харьцаа кембри –ордовикийн ангилагдаагүй зузаалгийн метаэлсэн чулуулагт 7.8-11.8 (дундаж утга 9.5) байна.



Зураг 222. Ангилагдаагүй зузаалаг ба Төмөрт формацын метаэлсэн чулууны  $Cl$  хондритийн найрлагаар нормчилсон ГХЭ-ийн ба анхдагч маантийн найрлагаар нормчилсон ховор элементүүдийн спайдер диаграмм. Нормчлолын өгөгдлүүдийг Sun & McDonough (1989)-ын ажлаас авав.

## **Тунамал чулуулгийн эх үүсвэр, хурдас хуримтлалын орчин, геодинамик нөхцөл.**

ГХЭ-ийн муруйгаас тунамал чулуулгийн эх үүсвэрийг тодорхойлох боломжтой бөгөөд тунамал чулуулаг нь ЭГДэЦ-ын төвшинд хэдий ч европын гажил бага зэрэг эерэг байгаа нь плагиоклаз давамгайлсантай холбоотой.

Тунамал чулуулаг нь ХөгХЭ/ХүГХЭ харьцаа 11.6 - 14.2 (дундаж = 12.7), Eu сөрөг гажил ( $Eu/Eu^* = 0.71 - 0.95$ , дундаж = 0,82)-тай байгаа нь хүчиллэг чулуулгаас эх үүсвэртэй, ЭГДэЦ-тай ойролцоо агуулгатай.  $(La/Yb)_N$  харьцаа Төмөрт формацын элсжингүүдэд 7.8-11.8 (дундаж утга 9.5) байна.

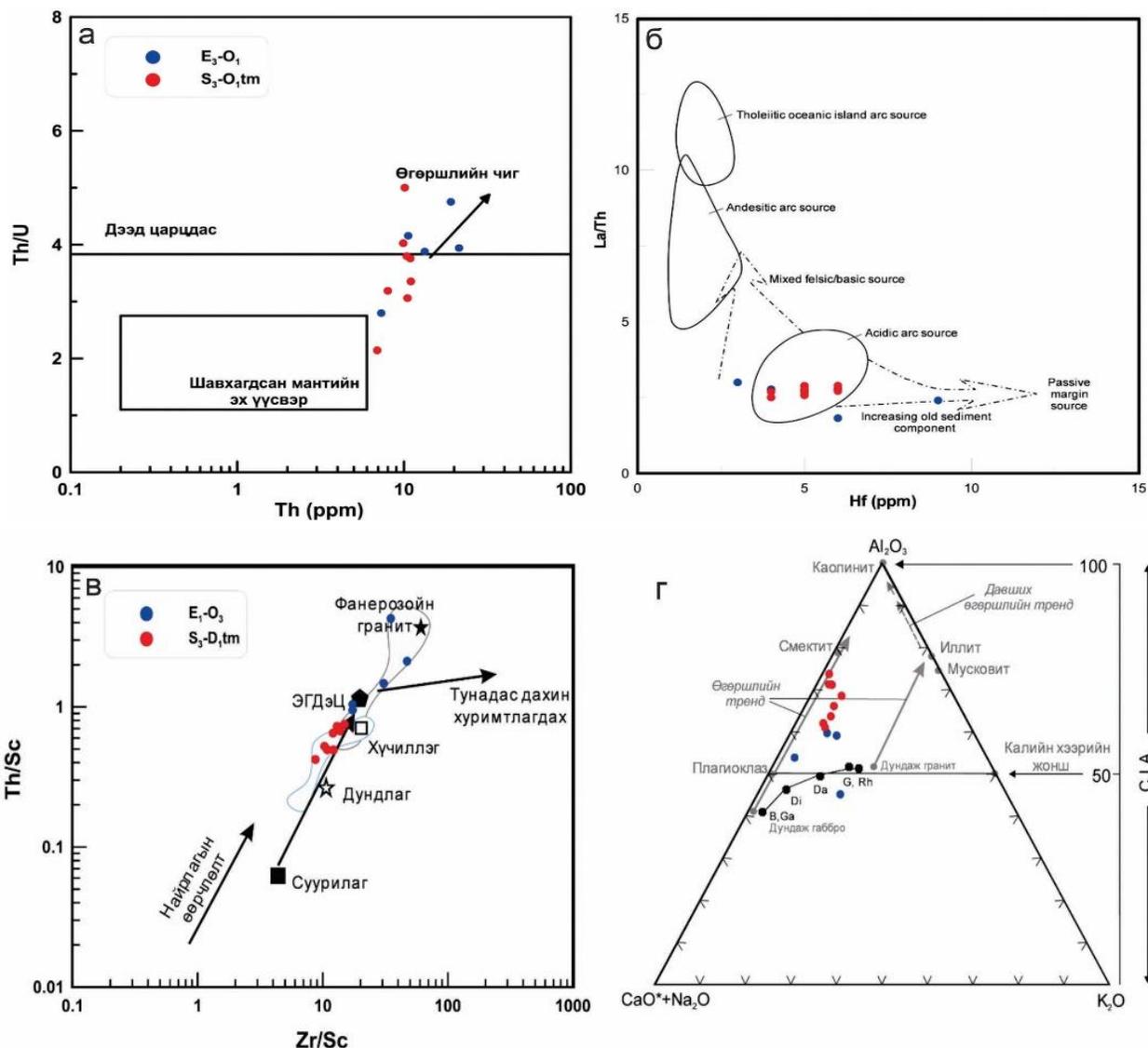
Er нь тунамал чулуулагт ГХЭ, Th, Sc, HFSE (ӨЦЭ)-үүд нь өгөршил, зөөгдөл, метаморфизмын үед хөдөлгөөн багатай байдаг тул хэрэглэхэд тохиромжтой төдийгүй, Th/Sc, La/Sc, La/Th зэрэг элементүүдийн харьцаа нь хурдас хуримтлалын эх үүсвэрийг тодорхойлоход чухал шинж болдог байна (Taylor and McLennan, 1985; McLennan, 1989; McLennan and Taylor, 1991; McLennan et al., 1995). Нийцлэг бус элемент буюу Th, нийцлэг элемент болох Sc нь терриген хурдсын эх үүсвэрээс тунаж хуримтлагдах болон дахин хуримтлагдахад ч тогтвортой бөгөөд эх үүсвэрийг найдвартай үзүүлдэгт тооцогддог. Co, Sc-ийг тоналит болон бусад хүчиллэг чулуулагаас үүссэн хурдас хуримтлалд, харин Ba хүчиллэг болон суурилаг эх үүсвэртэй элсжинг ялгахад ашигладаг байна (Taylor and McLennan, 1985).

Тунамал чулуулагт Th/Sc, La/Sc, La/Th зэрэг харьцаанууд нь хурдас хуримтлалын эх үүсвэрийг тодорхойлоход чухал шинжийг бүрдүүлдэг (Taylor and McLennan, 1985; McLennan, 1989).

Th/U харьцаа өгөршлийн нөхцлийг тодорхойлоход чухал бөгөөд өгөршил их байх тусам энэхүү харьцаа тунамал чулуулагт нэмэгддэг (McLennan., et al; 1993, Taylor and McLennan, 1985). Th/U харьцаа 3.8 –аас дээш байвал өгөршилд их автсан болохыг илэрхийлэх ба ЭГДэЦ –ын дундаж утгыг заадаг. Тиймээс судалгааны талбайн хэмжээнд Төмөрт формацын Атас Богд уул орчмын (SM18622-4, SM18622-4/2, SM18622-4/4), Богц цагаан дэрсний булаг орчмын метаэлсэн чулуунуудын Th/U харьцаа нь 3 - 5 хооронд хэлбэлзэж байгаа нь өгөршилд харьцангуй ялгаатай оролцсон байна. Харин Шар хулсны хөндийн элсэн чулуунуудын хувьд Th/U харьцааны утга харьцангуй өндөр 7.5 байгаа нь өгөршилд нилээд орсон байгааг харуулна. Төмөрт формацын Тооройн хөндий, Цагаан булаг орчим, Эхийнгол формацын Хавцгайт уул орчмын метаэлсэн чулуунуудын хувьд Th/U харьцааны утга бага 1.5-3 байгаа нь харьцангуй бага өгөршилд орсон байгааг илтгэнэ (Зураг 223).

Hf болон La/Th харьцуулсан диаграмм нь хурдас хуримтлал нумын болон эх газрын идэвхитэй захаас үүссэнийг зааж өгдөг бөгөөд диаграммаас харахад ихэнхи элсжингүүдэд La/Th харьцаа 5-аас доош буюу нумын хүчиллэг найрлагатай эх үүсвэртэй байна.

Хурдас хуримтлалын янз бүрийн мужийн болон тэдгээрийн геодинамик нөхцөлийн ялгаатай байдлаас шалтгаалан элсэн чулуулгийн найрлага дахь голлох элементүүдийн хэмжээ хоорондоо нилээд ялгаатай байдаг.

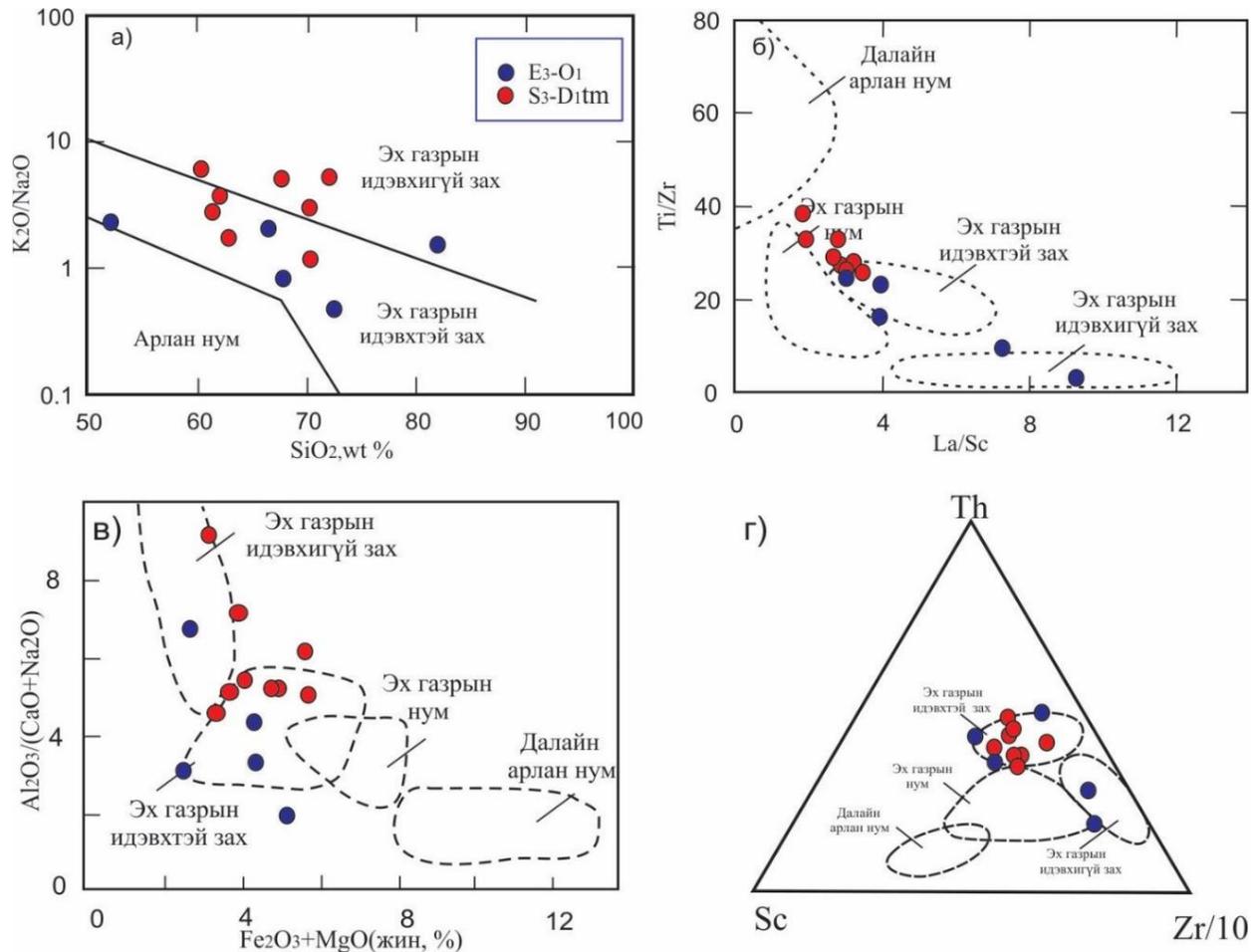


Зураг 223. а) Th болон Th/U харьцааны диаграмм (McLennan et al., 1993), б) La/Th харьцааны диаграмм (Floyd and Leveridge, 1987), в) A–CN–K (Nesbitt and Young, 1982) гурвалжин диаграмм; г) Th/Sc ба Zr/Sc дискриминацийн диаграмм (McLennan et al., 1993). Pl – плагиоклаз, Sm – смекит, Ka – каолинит, Chl – хлорит, Il – иллит, Mus – мусковит, K-Sp – калийн хээрийн жонш.

Төмөрт формацын метаэлсэн чулуулаг нь дунд зэргийн кварц бүхий граувакк болон литарнитын бүлэгт хамаарах ба эх газрын дээд царцдастай ойролцоо утгыг харуулна. Тэрчлэн  $K_2O/Na_2O$  харьцаа болон  $SiO_2$  агуулгаар эх газрын идэвхитэй зах болон идэвхигүй захын элсжинг ялгадаг.  $K_2O/Na_2O$  харьцаа 1-ээс их бол эх газрын идэвхигүй зах, 1-ээс бага бол эх газрын идэвхитэй захын нөхцөлд хуримтлагдсан элсжинг заадаг ба тус формацын хэмжээнд элсжингүүдийн утгатай дүйж байна. Харин эх газрын идэвхигүй захын нөхцөлд хуримтлагдсан элсжинг эх газрын идэвхитэй захын элсжинтэй харьцуулвал  $SiO_2$ -оор арай илүү баялаг байдаг байна (Maynard et al., 1982).

Судалгааны талбайн тунамал чулуулгийн голлох болон ховор элементийн шинжилгээний үр дүнгээр хурдас хуримтлалын эх үүсвэр, тектоник орчинг тодорхойлох Бхатын диаграммуудыг байгуулахад ангилагдаагүй зузаалгийн метаэлсэн чулуулгууд ерөнхийдөө эх газрын идэвхигүй зах, эх газрын идэвхтэй зах гэсэн ялгаатай тектоник

орчинд үүссэн. Харин Төмөрт формацын метаэлсэн чулуулгууд нь эх газрын идэвхтэй захад үүсчээ (Зураг 224).



Зураг 224. Т.Р.Бхатийн боловсруулсан янз бүрийн тектоник нөхцөлд үүссэн тунамал чулуулгийн голлох болон ховор элементийн диаграмм

## ДҮГНЭЛТ.

Өмнөд Говийн эртний массивын Говийн Тэнгэр уулын Блокийн хэмжээнд тархалттай Төмөрт, Ундаан болон карбоны зарим формацуудын хээрийн судалгааг Цохиот болон Атас Богд-Төмөртийн нурууны дүүргүүдэд тус тус явуулж хээрийн судалгааны материалыг хурдас чулуулгийн петрографи, геохими болон геохронологийн судалгаатай нэгтгэн боловсруулсны үр дүнд дараах гол дүгнэлтүүдийг хийлээ. Үүнд:

- Цохиотын дүүрэг буюу Ханбогдын массивын өмнөд талд Ундаан формацаар зураглагдсан вулканоген зузаалгийн бүрэлдэхүүнд шохойлог-шүлтлэг эгнээний, суурилагаас хүчиллэг найрлагатай вулканоген чулуулгууд оролцох бөгөөд эдгээр чулуулаг нь  $333 \pm 2$  с.ж ба  $325 \pm 1$  с.ж орчимд буюу доод карбоны цаг үед эх газрын идэвхтэй захын хэмжээнд нэгэн маагмын эх үүсвэрээс бага гүнд хэсэгчилэн-

талсжих процессийн дүнд үүссэн болохыг тогтоолоо. Энэ бүгд нь тус вулканоген зузаалгийг силурийн Ундаан формацад бус, харин доод карбоны Сайншандхудаг формацын түвшинд ангилах нь зүйтэй болохыг харуулж байна.

- Мөн Ханбогдын массивын баруун талд тархалттай карбоны тунамал-вулканоген формацуудын хэмжээнд явуулсан нарийвчилсан судалгаагаар тус бүс нутагт гурван удаагийн маагмын идэвхшил явагдсан болохыг тогтоолоо. Эхний үед субдукцийн процессын нөлөөгөөр тус бүс нутагт хожуу девон-түрүү карбон (~360 с.ж) ба түрүү карбоны (~340 с.ж) цаг үед арлан нумын вулканизм явагдсан бөгөөд харин хожуу карбоны цаг үед буюу 320 с.ж орчимд тэлэлтийн процесс явагдаж цахиурын ислийн өндөр агуулгатай риолит ба бимодаль вулканоген чулуулгууд үүссэн байна.
- Атас Богд-Төмөртийн нурууны дүүрэгт явуулсан геохронологийн судалгаагаар Төмөрт формацаар зураглагдсан зузаалгуудын бүрэлдэхүүнд хурдас хуримтлалын насны доод хязгаар нь  $503 \pm 6$  с.ж ба  $504 \pm 6$  с.ж, харин дээд хязгаар нь  $446.6 \pm 8.5$  с.ж байх занаржсан метаэлсэн чулуунууд оролцож байгааг илрүүлэн кембри-ордовикийн ангилагдаагүй зузаалагт ялгалаа.
- Кембри-ордовикийн ангилагдаагүй зузаалгийн элсэн чулууны зөөгдмөл цирконуудын бүрэлдэхүүнд доод неопротерозойгоос (741 – 900 с.ж) гадна мезопротерозой (1300 – 1400 с.ж) ба палеопротерозойн (2500 с.ж) настай цирконууд тогтоогдсон нь Өмнөд Говийн эртний массивын Говийн Тэнгэр уулын блокийн суурь бүрдэлд хэдийгээр одоогийн байдлаар гадаргуу дээр илэрсэн цухуйц тогтоогдоогүй боловч палеопротерозойгоос мезопротерозойн настай чулуулгууд оролцож байгаа болохыг батлан харуулж байна.
- Мөн геохронологийн шинжилгээний дүнгээр Төмөрт формацын бүрэлдэхүүнд  $300.6 \pm 2.1$  с.ж-ийн настай андезит зураглагдсан байсныг илрүүлж тус вулканоген зузаалгийг дээд карбоны Тахилт формацад ялгах нь зүйтэй болохыг тогтоосноос гадна Төмөрт формацын хурдас хуримтлалын насны доод хязгаарыг судалгааны өнөөгийн түвшинд  $447.6 \pm 7.8$  с.ж буюу силурийн нэг-хоёрдугаар сери буюу лландоверийн төгсгөл, венлокийн эхэн үе гэж үзлээ.
- Кембри-ордовикийн ангилагдаагүй зузаалаг ба Төмөрт формацын бүрэлдэхүүнд зонхилох элсэн чулуунуудын геохимийн шинжилгээний дүнгээр тэдгээр нь аркоз, граувакк ба литаренитын найрлагатай, гол төлөв хүчиллэг найрлагатай эх үүсвэрийн өгөршил, зөөгдөл, хуримтлалаар үүссэн байх бөгөөд одоо бий болоод байгаа өгөгдлүүдээр кембри-ордовикийн ангилагдаагүй зузаалгийг эх газрын идэвхгүй захын орчинд, харин Төмөрт формацын тунамал хэсгийг эх газрын идэвхтэй захын орчинд хуримтлагдсан гэж үзэж болохоор байна. Цаашид нэмэлт дээжлэлт хийж нарийвчилсан судалгаа явуулах шаардлагатай.

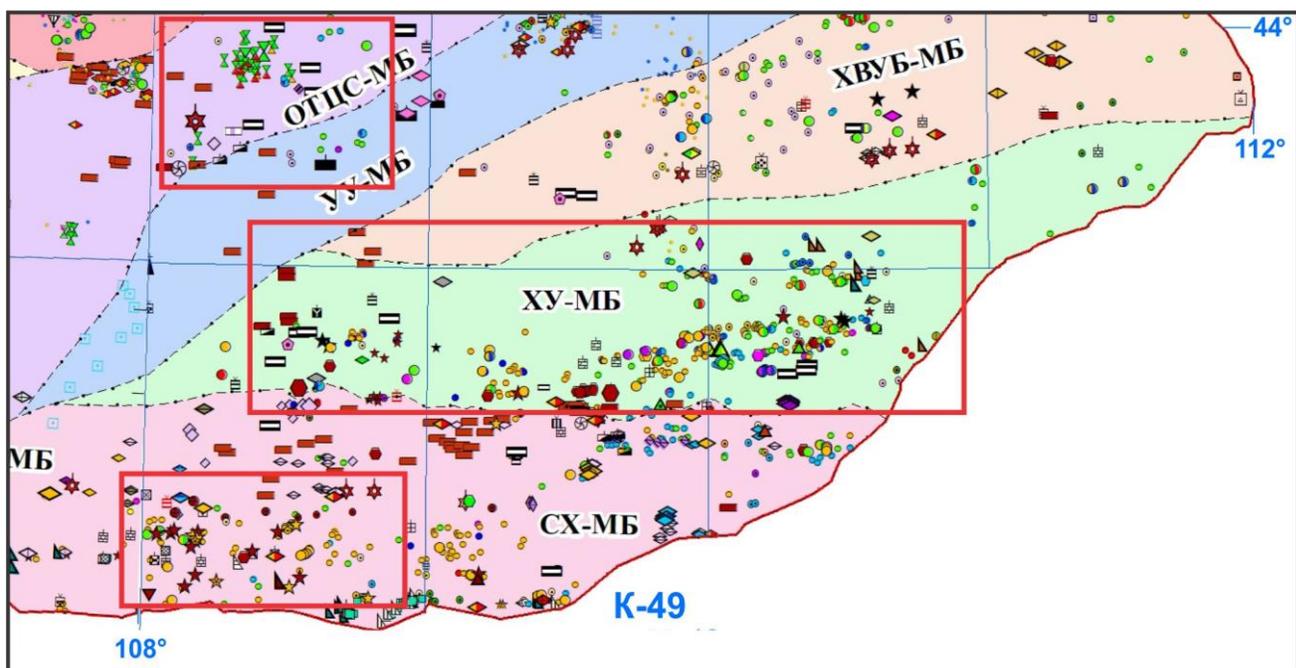
## БҮЛЭГ 5. ЭРТНИЙ МАССИВУУДЫН МААГМЫН ИДЭВХШЛИЙН ҮЕ ШАТ БА ГЕОЛОГИЙН БҮРДЛҮҮДТЭЙ ХОЛБООТОЙ ХҮДЭРЖИЛТ

Бид төсөл хэрэгжих явцад Хатанбулаг ба Өмнөд Говийн эртний массивуудын суурийг бүрдүүлж буй метакомплекс болон формацууд, нас болон гарал үүслийн хувьд маргаантай зарим хучаас формац болон интрузив бүрдлүүдийн геологи, геохими, геохронологийн судалгаанд төвлөрөн ажиллаж их хэмжээний шинэлэг мэдлэг, мэдээлэлүүдийг бий болгосон талаар өмнөх бүлгүүдэд харуулсан. Харин төслийн явцад эртний массивуудын хэмжээнд тархсан бүхий л интрузив бүрдлүүд болон хүдэржилтийн талаар тусгайлсан судалгааны ажил явуулах боломжгүй тул тайлангийн энэхүү хэсэгт Монгол орны “К” хавтгайн хэмжээнд зохиогдсон улсын геологийн 1:200000-ны масштабын иж бүрдэл зургуудыг нэгтгэх төсөл”-ийн хүрээнд судалгааны талбайн интрузив бүрдэл ба хүдэржилтийн талаар урьд өмнө хийгдсэн янз бүрийн масштабын геологийн зураглал болон сэдэвчилсэн судалгааны бүхий л ажлуудыг нэгтгэн боловсруулсан мэдээлэлийг суурь болгон авч үзлээ ([Оролмаа нар., 2021](#); [Дэжидмаа нар., 2021](#)) ([Зураг 225](#)). Гэхдээ бид эртний массивуудын хэмжээнд тархалттай кембрийн өмнөх ба палеозойн геологийн бүрдлүүдтэй холбоотой хүдэржилтийн талаарх мэдээлэлийг авч үзэхдээ “металлогенийн бүс”, “хүдрийн дүүрэг”, “хүдрийн зангилаа” гэх зэрэг ашигт малтмалын судалгаанд уламжлал болон хэрэглэгддэг ангилалуудыг хэрэглээгүй, харин блокуудыг бүрдүүлж буй метакомплекс, формац болон интрузив бүрдлүүдийн хэмжээнд ямар төрлийн хүдэржилт агуулагдаж байгааг товч авч үзсэн болно.

Ингээд Хатанбулаг ба Өмнөд Говийн эртний массивуудын хэмжээнд тогтоогддог **кембрийн өмнөх ба палеозойн геологийн бүрдлүүд**, тэдгээртэй холбоотой хүдэржилтийн талаар товч авч үзье.

### ХАТАНБУЛАГИЙН ЭРТНИЙ МАССИВЫН ХУТАГ УУЛЫН БЛОК.

Тус блокийн хэмжээнд палеопротерозойн Хутаг-Уул метакомплекс (PP<sub>2-3hu</sub>), дунд мезопротерозойн Даргиат (MP<sub>2dr</sub>), дунд-дээд мезопротерозойн Цээл (MP<sub>2-3cl</sub>), дээд неопротерозойн Зүүнтээл (NP<sub>3zt</sub>), Хөтөлүс (NP<sub>3hu</sub>), эдиакари-доод кембрийн Толийн-Уул (NP<sub>3-E1tu</sub>), дунд-дээд ордовикийн Түмэн-Өлзий (O<sub>2-3to</sub>), дээд силурийн Бүргэдхар-Уул (S<sub>3-4bh</sub>), доод-дунд девоны Дөрвөлжин-Овоо (D<sub>1-2do</sub>), дээд девон-доод карбоны Ханги-Овоо (D<sub>3-C1ho</sub>), доод карбоны Жирэм-Уул (C<sub>1ju</sub>), дээд карбоны Өлзийт-Уул (C<sub>2uu</sub>), дээд карбон-доод пермийн Агуй-Уул (C<sub>2-P1au</sub>), доод пермийн Хэц-Уул (P<sub>1hu</sub>), Байрам-Овоо (P<sub>1bo</sub>), Хашаат-Ухаа (P<sub>1ht</sub>), Модот (P<sub>1mt</sub>), доод-дунд пермийн Өвгөнтолгой (P<sub>1-2ut</sub>), дунд пермийн Луугийнгол (P<sub>2lg</sub>), дээд пермийн Дэл-Овоот (P<sub>3do</sub>) формацууд тус тус зураглагдана. Эдгээр метакомплекс ба формацууд нь палеопротерозойн ангилагдаагүй бүрдэл болон түрүү неопротерозойн Холбоонуур, ордовикийн Аман-Ус, силурийн Хатанбулаг, карбоны Улаанбадрах, түрүү пермийн Байрим-Овоо, хожуу пермийн Замын-Үүд бүрдлүүдээр түрэгддэг ([Оролмаа нар., 2021](#)).



Таних тэмдэг  
Минерагений бүсүүд (МБ)

УУ-МБ	Улаан-Уулын	ХХОУ-МБ	Хармагтай-Хөнгөөт-Оюут-Улааны		Бүс заагласан хагарал
ХУ-МБ	Хутаг-Уулын	ОТЦС-МБ	Оюу толгой-Цагаан суваргын		Улсын хил
СХ-МБ	Сулинхээрийн	ХВУБ-МБ	Хөвсгөл-Улаанбадрахын		Судалгаанд хамрагдсан талбай

Зураг 225. Хатанбулгийн эртний массивын а) Хутаг Уулын блокийн Хутаг уул, Баян овоо, б) Даргиат уул болон в) Өмнөд Говийн эртний массивын Нүхтдавааны блокийн Алаг баян уулын дүүргүүдийн ашигт малтмалын тархалтын зураг. “Монгол орны “К” хавтгайн хэмжээнд зохиогдсон улсын геологийн 1:200000-ны масштабын иж бүрдэл зургуудыг нэгтгэх төсөл”-ийн хүрээнд хийгдсэн ашигт малтмалын зургаас (Дэжидмаа нар., 2021) хэсэгчлэн авав.

## ИНТРУЗИВ БҮРДЛҮҮД.

**Палеопротерозойн гранитоид.** Палеопротерозойн гранитоидыг анх Төмөрхүү нар. (2011) Сулинхээрийн террейний урд хэсэгт байрлах Ханги уулын орчимд урьд өмнө триасаар зураглагдсан гнейсжсэн гранитын  $1781 \pm 10$  с.ж. насны өгөгдөлд үндэслэн тогтоосон. Уг гранитоид нь петрохимийн хувьд К-ийн өндөр агуулгатай шошонитийн эгнээний, хөнгөнцагаанаар бага зэрэг ханасан чулуулагт хамаарагдана. Харин геохимийн хувьд ГХЭ-ийн өндөр агуулга, маш тод илэрсэн Eu сөрөг гажилаар эрс ялгагдах ба Ba, Nb, Sr, P ба Ti тодорхой хэмжээний сөрөг гажилтай, ХөГХЭ, Zr ба Yb нэлээд өндөр, ХүГХЭ-ийн харьцангуй өндөр агуулгатай, Nb, P, Ti сөрөг гажлууд зэрэг шинжээр нь арлан нум, эхгазрын нумын геодинамик нөхцөлтэй холбоотой үүссэн гэж гэж үзсэн (Төмөрхүү нар., 2011).

**Түрүү неопротерозойн Холбоонуур бүрдэл.** Гнейсжсэн габбродиорит, гнейсжсэн диорит, диорит-гнейс, гнейсжсэн гранит, гранит-гнейсээс бүрдэх Холбоонуур интрузив бүрдлийг анх 1994 онд Я.Дагва-Очир нар ялгасан. Тус бүрдлийн нас нь Баян-Овоо массивын гнейсжсэн мусковит-биотиттой гранитын судалд  $952 \pm 8$

с.ж (Yarmolyk et al., 2005), Төгрөг массивын порфирлог, биотит ихтэй граносиенитэд  $875.3 \pm 6.8$  с.ж. (Оролмаа нар., 2018), Шанд уулын массивын гранитад  $901.2 + 4.5$  с.ж (8040Ф) зэрэг U-Pb-ны үнэмлэхүй нас тодорхойлогдсноор баталгаажсан. Бидний судалгаагаар мөн Хутаг-Уул метакомплексээр зураглагдсан зарим ортогнейсүүдэд түрүү неопротерозойн нас тогтоогдож Холбоонуур бүрдэлд ангилсан талаар бүлэг 3.1.-д өгүүлсэн болно. Тус бүрдлийн гранитоид нь калийн шүлтшилт бүхий шохойлог-шүлтлэг эгнээний, хөнгөнцагаанаар ханасан, голчлон S, заримдаа I төрлийн коллизийн өмнөх нөхцөлд үүссэн гранитоидын шинжийг харуулдаг (8110Ф).

**Ордовикийн Аман-Ус бүрдэл.** Тус бүрдэл нь габбро, габбродиорит, диорит, кварцат диорит, гранодиорит, ховроор биотитот гранит, мусковит-биотитот гранитаас тогтох бөгөөд Хутаг уулын блокийн Хярын цагаан толгод, Аман усны хярын орчимд тархалттай. U-Pb-ны аргаар Аман усны хярын орчимд тархсан гранодиоритод  $470 + 3.1$  с.ж. (Төмөрхүү нар., 2011), Хярын цагаан толгод орчимд гранодиоритод  $459 + 2.2$  с.ж болон Аман усны хяраас зүүн зүгт дунд мөхлөгт гранодиоритод  $465+2.0$  с.ж (8040Ф)–ийг тодорхойлсноор дунд ордовикийн насыг баталгаажуулжээ. Гранитоид нь шохойлог- шүлтлэг эгнээний, S төрлийн чулуулаг бөгөөд эх газрын коллизийн явцад үүссэн гэж үзжээ (8040Ф).

**Силурын Хатанбулаг бүрдэл.** Тус бүрдлийг анх Ю.А.Борзаковский, О.Д.Суетенко (1973) нар ялгасан бөгөөд Хатанбулаг, Могойт, Ханангийн толгод, Холбоо тойром, Шар халзан уул, Урд ноён, Намаржаа толгойн тарамцаг, Төмөрт толгой, Шар толгой, Хорго уул, Оцон хадны толгод зэрэг газруудад томоохон массивуудыг үүсгэн тархсан байдаг. Бүрдэл нь габбро, габбродиорит, диорит, кварцтай диорит, гранодиорит, тоналит, гранит, ховроор плагиогранит, лейкогранит, гранит, гранит порфир зэрэг чулуулгаас тогтоно. Эдгээрээс II фазын цайвар-саарал, дунд ширхэгтэй гранодиорит ба тоналит нилээд өргөн тархалттай байгаа нь бүрдлийн онцлог шинж юм. Тус бүрдлийн нас нь K-Ar-ны аргаар 395 с.ж (Геология МНР, ТОМ-II), U-Pb-ны аргаар Хатанбулаг массивын катаклазад орсон гранит –  $429 \pm 2$  с.ж, плагиогранит –  $426 \pm 5$  с.ж., лейкогранитад –  $419 \pm 1.4$  с.ж. (Оролмаа нар., 2018), Хатанбулаг массивын II фазын гранодиоритад  $433 \pm 12$  с.ж. (Yarmolyk et al., 2005), Хорго-Уул массивын гранитад  $428 \pm 15$  с.ж (8110Ф) зэрэг олон тооны үнэмлэхүй насны өгөгдлүүдээр баталгаажсан байдаг. Гранитоидууд нь ердийн шүлтлэг-шохойлог эгнээний натри-калийн шүлтшилттэй, хөнгөнцагаанаар дунд зэрэг ханасан, I төрлийн гранитын бүлэг давамгайлсан петрохимийн найрлагын шинжтэй, коллизийн болон коллизийн өмнөх геодинамикийн нөхцөлд үүссэн хэв шинжийг харуулдаг байна. Энэхүү гранитоид бүрдэл нь Өмнөд Монголд арлан нумын хөгжил эхлэж байсныг (Yarmolyk et al., 2008), мөн энэ үед Тотошаны (орчин үеийн байршлаар) хойт захаар эх газрын идэвхитэй зах хөгжиж байсны илэрхийлэл (Helo et al., 2006; Төмөрхүү нар, 2013) гэж судлаачид үзжээ.

**Карбоны Улаанбадрах бүрдэл.** Тус бүрдлийг анх 1970 онд Ю.А.Петрович нар ялгасан бөгөөд Улаанбадрах, Буурын хийд, Хадан шанд, Хоньч, Сүүж худаг, Хөх ам, Чулуут, Хүрэн дэл уул, Хэрээ уул, Хар толгой, Шуудай толгой, Хүйтэн ус худаг болон бусад жижиг массивууд хамаарагдана. Бүрдэл нь габбродиорит, диорит, гранодиорит, биотитот гранит, порфирлог гранит, лейкогранитаас тогтоно (5384Ф) бөгөөд

петрохимийн шинжээрээ натри- калийн шүлтшилтэй, хөнгөн цагаанаар дунд зэрэг ханасан, I төрлөөс гадна S төрлийн гранитоид давамгайлах ба царцдасын бохирдолтой магмын эх үүсвэртэй гэж үзсэн байдаг (7740Ф). Нас нь K-Ar-ны аргаар Хүйтэн ус худаг гранитад 290-282 с.ж. (Тектоника МНР, 1974). U-Pb-ны аргаар Хадан шанд массивын гранитад  $322 \pm 4,3$  с.ж. (7740Ф), Хоньч массивын гранитад  $300.8 \pm 3.1$  с.ж. (7740Ф) тогтоогдож баталгаажсан.

**Түрүү пермийн Байрим-Овоо бүрдэл.** Анх Ю.Я.Петрович, Н.Н.Сенкевич, В.М.Андреев нар ялгасан бөгөөд Элст уул, Залаа толгой, Могойт уул, Өлзийт худаг, Авдархийд, Сангийн далай, Хэрчээ гүвээ, Дэрсэн ус, Бүлээн толгой болон бусал жижиг массивууд хамаарагдана. Дагва-Очир нар (5384Ф) геологийн бүлэгчилсэн зураглалын ажлаар габбро, габбродиорит, диорит, кварцат диорит, гранодиорит; биотитот, биотит-эвэрхуурмагт, эвэр хуурмагт, 2 гялтгануурт гранит; шүлтлэг, шүлтлэгдүү найрлагатай лейкогранитаас тогтоно гэжээ. Гранитоид нь  $\text{SiO}_2$  (72.11-75.82%) ба шүлтийн ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} = 6.64-9.14\%$ ) өндөр агуулгатай, K-өндөртэй шохойлог-шүлтлэг эгнээний, хөнгөнцагаанаар ханасан, голчлон I, заримдаа S төрлийн хожуу орогений нөхцөлд үүссэн петрохимийн шинжийг харуулна. Хүчиллэг найрлагатай гранитоид нь Ba, Nb, Ce, Ti-аар шавхагдсан ба Th, Pb-аар баяжсан буюу субдукцийн бүсийн орой дээр үүссэн магмын чулуулагт илэрдэг геохимийн шинжийг харуулах (Wilson, 1989)-аас гадна тогтвортой элементүүдийн үр дүнгээр арлан нум+синколлизын орчинг заадаг (8175Ф). Харин суурилаг найрлагатай гранитоид нь ердийн шохойлог-шүлтлэг эгнээний, ГХЭ-ийн агуулга харьцангуй багатай, зарим сарнимал элементийн тархалтын онцлог нь түүнийг ялгаралд ороогүй магмын эх үүсвэртэй ба субдукцийн бүстэй холбоотой үүссэн байж болох шинжтэй ажээ (Төмөрхүү нар., 2013). Нас нь U-Pb-ны аргаар Бүлээн толгой массивын габброд  $294 \pm 6$  с.ж (Төмөрхүү нар., 2011); уг массивын Ганганцагаан толгойн биотитот гранитад  $275 \pm 2$  с.ж; Хонгор хөх толгойн лейкогранит  $274 \pm 2$  с.ж (Оролмаа нар., 2018); Авдархийдийн массивын гранитад  $284 \pm 11$  с.ж. (Ярмолук и др., 2008); Модон шанд массивын гранитад  $297.2 \pm 4.6$  с.ж (8110Ф); Дэрсэн ус массивын II фазын жижиг мөхлөгт гранодиоритод  $277.6 \pm 3.7$  с.ж (7740Ф) тогтоогдож баталгаажсан.

**Хожуу пермийн Замын-Үүд бүрдэл.** Анх Гольденберг нар (2724Ф) ялгасан бөгөөд габбро, габбродиорит, диорит, монцонит, кварцат монцонит, монцоидиорит, кварцат монцоидиорит, ховроор диорит порфирит; мөн граносиенит, кварцат сиенит, гранит, шүлтлэг гранит, шүлтлэгдүү гранит; шүлтлэг, шүлтлэгдүү лейкогранитаас тогтоно (5384Ф). Гдуун чулуу, Гэдрэг, Хөөврийн толгой, Овоо цайдам, Дотолз толгой, Замтын хад, Хүрэн дэл уул, Урд ноён, Хүрэн уул, Модон шанд, Элст толгой, Жавхлант толгой массивууд ялгагддаг. Петрохимийн хувьд K-ийн өндөр болон дунд агуулга бүхий шохойлог-шүлтлэг найрлагатай чулуулагт хамаарагдах бөгөөд Ba, Nb, Ce, P, Ti-аар шавхагдсан ба Th, Pb-аар баяжсан зэрэг геохимийн үзүүлэлт нь субдукцийн бүсийн орой дээр үүссэн магмын чулуулагт илэрдэг шинжийг харуулах (Wilson, 1989)-аас гадна тогтвортой элементүүдийн тархалтын үр дүнгээр арлан нум+синколлизын орчинг илэрхийлж байгаа гэж үзжээ (8175Ф). Насны хувьд K-Ar-ны аргаар Цацын булагийн дүүрэгт эхний фазын диоритод  $241 \pm 10$  с.ж. (3602Ф), U-Pb-ны аргаар Айргийн цагаан

овоо массивын III фазын лейкогранитад  $268.3 \pm 1.6$  с.ж.(7740Ф) нас тус тус тодорхойлогдсон. Цаашид нарийвчлан тогтоох шаардлагатай.

**ХҮДЭРЖИЛТ.** Хутаг Уулын блокийн хэмжээнд палеопротерозойн, мезопротерозойн, неопротерозойн, дунд палеозойн, дээд палеозойн металлогений үе шатууд тогтоогджээ (Дэжидмаа нар., 2021). Тус блокийн хэмжээнд тархалттай ашигт малтмал, орд илрэлүүдийн байршлыг зураг 1-д харуулав. Тус зургийг “Монгол орны “К” хавтгайн хэмжээнд зохиогдсон улсын геологийн 1:200000-ны масштабын иж бүрдэл зургуудыг нэгтгэх төсөл”-ийн хүрээнд хийгдсэн ашигт малтмалын зургаас хэсэгчлэн авч оруулсан болно.

**Палеопротерозой ба мезопротерозойн** үе шатанд Хутаг-Уул метакомплекс ба Цээл формацтай холбоотой метаморф гаралтай “төмөрт кварцит”, “метаморф бал чулуу” төрлүүдэд хамаарах илрэлүүд тогтоогдсон бол **неопротерозойн** Зүүннарийн формацтай холбоотой “цул сульфидын зэс-мөнгө” төрөлд хамаарах орд, илрэл, криогени-тонийн Хөтөл-Ус формацтай холбоотой “төмөрт-кварцит” төрөлд хамаарах илрэлүүд тус тус тогтоогдсон (Дэжидмаа нар., 2021). Мөн Даргиат формацтай холбоотой төмөрт кварцит тогтоогдсон (Жич: Уг хурдас тархсан талбай нь урьд өмнөх тектоникийн мужлалаар Дуулгантын террейн (Badarch et al., 2002), Сулинхээрийн террейн (Төмөртоогоо, 2012) гэх зэргээр ангилагдаж байсныг тэмдэглэх нь зүйтэй).

**Дунд палеозойн** үе шатанд дунд-дээд силурын Хатанбулаг бүрдлийн гранитоидтой нягт орон зайн, магадгүй гарал үүслийн холбоотой гэж үзсэн ашигт малтмалын төрлүүд болох “касситерит-силикатын судлууд”, цайр-хар тугалга”, “зэс”, “алт”, алт-зэс” төрөлд хамаарах илрэлүүд байршсан. Мөн Хутаг уул-Буурал уулын орчимд Толийн уул формацын шохойн чулуун дотор илэрсэн цайр давамгайлсан илрэлүүд тогтоогдсон. Энэ нь шохойн чулуунд агуулагдсан “тунамал-эксгальтив Pb-Zn” төрөлд хамаарагдах боломжтой хэмээн зохиогчид үзжээ (Дэжидмаа нар., 2021). Мөн доод-дунд девоны Дөрвөлжин-Овоо формацтай холбоотой тунамал мангаан” төрөлд хамаарах орд, илрэлүүд тус тус тогтоогдсон.

**Дээд палеозойн** үе шатанд доод пермийн Байрам-Овоо бүрдэлд хамруулсан гранитоид дотор гранитоидтой холбоотой “судлын Cu-Mo”, “Cu”, “Au”-ны илрэлүүд Хутаг уулын дүүрэгт тогтоогдсон байдаг. Хожуу пермийн Замын-Үүд бүрдэлд хамруулсан гранит дотор “гранитоидтой холбоотой судал/метасоматит Au-Ag-Pb-Zn” төрөлд хамаарах цөөн илрэлүүд, мөн уг гранитоидоор зүсэгдсэн криогени-тонийн Хөтөл-Ус, эдикарийн Толийн-Уул формацын шохойн чулуу, шохойлог хурдас дотор “скарны Fe” –н орд, илрэлүүд /Агаруутын орд/, “скарны Fe-W” орд /Элстэй/ байршсан. Гэхдээ скарны төмөр, төмөр-шеелитын орд, илрэлүүдтэй орон зайн нягт, магадгүй гарал үүслийн холбоотой гэж таамаглаж байгаа гранитоидуудын радиологийн насыг тогтоох шаардлагатай байгаа.

### **ХАТАНБУЛАГИЙН ЭРТНИЙ МАССИВЫН ЦАГААН УУЛЫН БЛОК.**

Цагаан уулын блокийн хэмжээнд доод неопротерозойн Хулстай (NP<sub>1</sub>hl), эдиакари-доод кембрийн Цагаан-Уул (NP<sub>3</sub>-E<sub>1</sub>cu), доод ордовикийн Эхэнхаяа (O<sub>1</sub>eh),

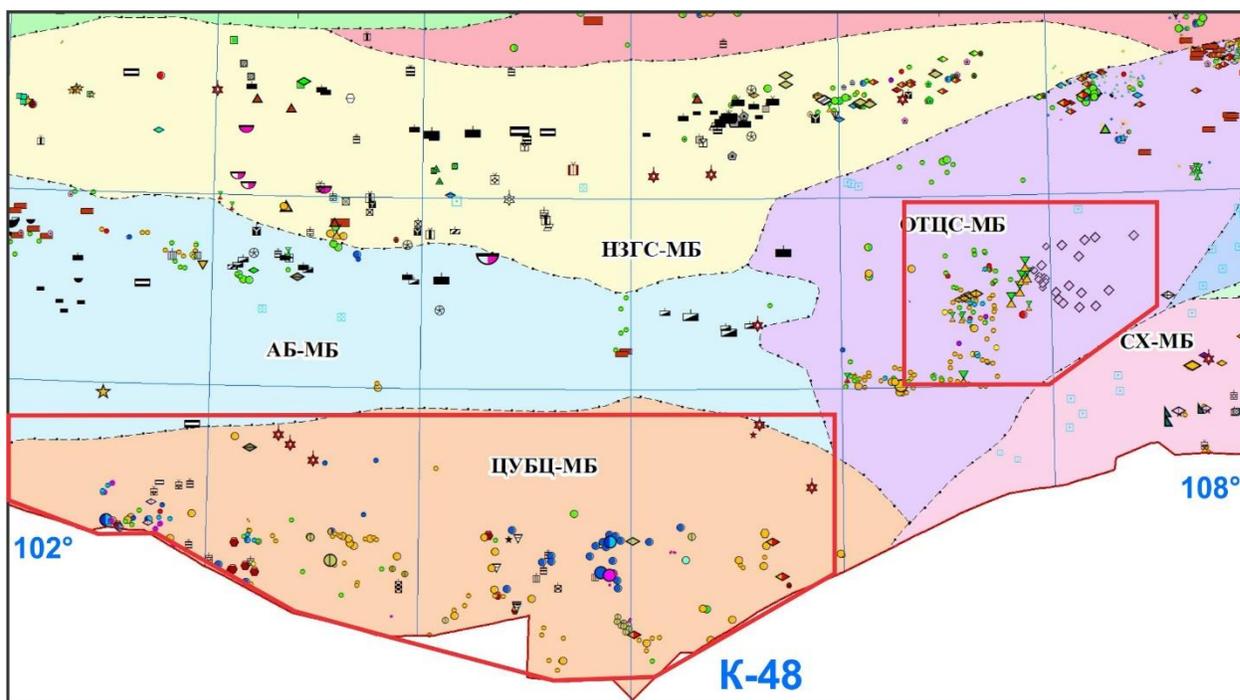
дунд-дээд ордовикийн Дундхаяа (O<sub>2-3dh</sub>), силурын лландовери-венлок серийн Хөхморьт (S<sub>1-2hm</sub>), силүр-доод девоны Элгэн (S<sub>3-D1el</sub>), доод девоны Овоотхүрэн (D<sub>1oh</sub>), Таванхудаг (D<sub>1th</sub>), доод каробны Иххонгор формац (C<sub>1ih</sub>), дээд карбоны Баруунцохио (C<sub>2bc</sub>), карбоны пенсильван сери – пермийн сизурал серийн Их-Уул (C<sub>2-P1iu</sub>), пермийн гваделуп серийн Булган-Уул (P<sub>2bu</sub>) формацууд ялгагдахаас гадна лландовери, миссисип болон сизуралын ангилагдаагүй зузаалаг тус тус ялгагдана. Эдгээр формацууд нь түрүү ба хожуу карбоны ангилагдаагүй бүрдэл болон түрүү пермийн Төгрөг бүрдлийн интрузивүүдээр түрэгддэг ([Оролмаа нар., 2021](#)).

### **ИНТРУЗИВ БҮРДЛҮҮД.**

**Түрүү ба хожуу карбоны ангилагдаагүй бүрдэл.** Тус бүрдэлд Цагаан уулын блокийн Цагаан уул, Их хонгорж, Алаг уул зэрэг массивууд хамаарагдана. Тэдгээрийг зураглалын ажлаар ([4877Ф](#); [5307Ф](#)) Хашаат, Цохиот бүрдэл нэртэйгээр ялгаж ирсэн бөгөөд ихэнхдээ габбродиорит-гранодиоритын ба гранодиорит-гранитын эвшлийн чулуулаг бүрдэлтэй (габбро, габбро-диорит, диорит, кварцат диорит, монцодиорит, биотит-амфиболт гранодиорит, биотитот гранит, шүлтлэгдүү гранит болон хааяа плагиогранит оролцсон) массивууд байдаг. Петрохимийн найрлагаараа чулуулгууд нь габброгоос гранит хүртэл ялгаралтай, шохойлог-шүлтлэг эгнээний натри-калийн шүлтшилтэй, хөнгөнцагаанаар ханасан бөгөөд I төрөлд голчлон хамаарагдах, хожуу орогений нөхцлийн гранитоидтой төстэй шинжтэй байна ([Оролмаа нар., 2011](#)). Алаг уул, Оцон мааньт массивуудын габбро, монцонит, гранитад 372-380 с.ж. ([4877Ф](#)), харин U-Pb-ны аргаар Иххонгорж массивын гранитад  $332.2 \pm 2.8$  с.ж.,  $326 \pm 1$  с.ж., ([Оролмаа нар., 2018](#)), гранодиоритод  $366 \pm 19$  с.ж. ([5626Ф](#))-ийн үнэмлэхүй насны шинэ өгөгдлүүд бий болсноор карбонд ангилагдах болсон.

**Түрүү пермийн Төгрөг бүрдэл.** Анх Ю.А.Борзаковский, Б.Лувсанданзан нар 1973 онд Байрам-Овоогийн интрузив бүрдэлд хамааруулж байсан бөгөөд Б.Дамдинжав (5307ф) Төгрөг бүрдлээр нэрлэжээ. Дунд, жижиг мөхлөгт, кварцат диорит, диорит, монцонит, жижиг-дунд мөхлөгт гранодиорит, биотитот гранит, лейкогранит зэргээс тогтоно. Петрохимийн шинжээрээ хожуу ороген ба коллизын өмнөх плитийн захын нөхцөлд үүссэн, калиар дунд, хөнгөнцагаанаар дунд зэрэг ханасан, шохойлог- шүлтлэг эгнээний, I төрлийн гранитоид гэж үздэг. Ю.А.Борзаковский, А.С.Перфильев нар Улаан толгойн худаг, Цагаан уул орчмоос 3 сорьцонд K-Ar-ы аргаар үнэмлэхүй нас 282-290 с.ж гэж тогтоосон.

**ХҮДЭРЖИЛТ.** Цагаан уулын блокийн хэмжээнд нь хар тугалга, хар тугалга-мөнгө, алт, хайлуур жонш, бал чулууны орд, илрэлүүд голчлон тогтоогдсон бөгөөд неопротерозойн, доод-дунд палеозойн, дээд палеозойн металлогений үе шатууд ялгагдсан байдаг ([Дэжидмаа нар., 2021](#)). Тус блокийн хэмжээнд тархалттай ашигт малтмал, орд илрэлүүдийн байршлыг [Зураг 226а](#)-д харуулав.



Таних тэмдэг  
Минерагений бүсүүд (МБ)

ББ-МБ	Баянбулагийн	НЗГС-МБ	Нэмэгт-Зөөлөн-Гурвансайханы	УУ-МБ	Улаан-Уулын		Бүс заагласан хагарал
СХ-МБ	Сулинхээрийн	ОТЦС-МБ	Оюу толгой-Цагаан суваргын	ХУ-МБ	Хутаг-Уулын		Улсын хил
АБ-МБ	Атас Богдын	ЦУБЦ-МБ	Цагаан уул-Баруун цохиотын	ХХОУ-МБ	Хармагтай-Хөнгөөт-Оюут-Улааны		Судалгаанд хамрагдсан талбай

Зураг 226. Хатанбулгийн эртний массивын а) Цагаан Уулын блок ба б) Өмнөд Говийн эртний массивын Говийн Тэнгэр уулын блокийн Цохиотын дүүргийн ашигт малтмалын тархалтын зураг. “Монгол орны “К” хавтгайн хэмжээнд зохиогдсон улсын геологийн 1:200000-ны масштабын иж бүрдэл зургуудыг нэгтгэх төсөл”-ийн хүрээнд хийгдсэн ашигт малтмалын зургаас (Дэжидмаа нар., 2021) хэсэгчлэн авав.

Неопротерозойн үе шатанд занарлаг хурдастай холбоотой бал чулууны ордууд тогтоогдсон бол доод-дунд палеозойн үе шатанд ордовик, силур, девоны хурдас хуримтлалтай холбоотойгоор сульфид багатай кварцын олон тооны бүлэг судлуудаас тогтдог алтны хүдэржилт, мөн ордын төрөл нь тодорхойгүй зэсийн хүдэржилт тус тус тогтоогджээ (Дэжидмаа нар., 2021). Мөн түрүү-дунд девоны Баруунцохиот бүрдлийн габбро-диорит-гранодиорит-гранитын эвшлийн интрузив хамгийн өргөн тархалттай ч түүний силурын хурдсыг зүссэн заагт “скарны төмөр”-ийн илрэл байршсан, мөн тэдний дотор “гранитоидтой холбоотой судлын зэс”-ийн хүдэржилттэй цөөн илрэл, эрдэсжсэн цэгүүд тогтоогдсон. Хожуу палеозойн металлогений үе шат нь голчлон доод пермийн вулканит болон түүнтэй комагмын холбоотой гранитоид жижиг интрузив, субвулкан биетүүдтэй холбоотой байдаг байна. Билүүтийн хүдрийн зангилаануудын хэмжээнд хөгжсөн бөгөөд “гранитоидтой холбоотой судлын хар тугалга”, “алт”, “алт-хар тугалга”-ны хүдэржилт дагуулдаг. Ийм жижиг биетүүдийн тархалтын талбайтай орон зайн нягт холбоотой бөгөөд девоны габбро, гранит дотор орших “эпитермаль судал/метасоматит” төрөлд хамаарах Дарцагтын хайлуур жоншны орд, илрэлүүдийг ч энэ үе шатанд үүссэн гэж үзэж байна. Билүүтийн холимог матеаллын ордод алтны

агуулга тодорхойлогдсон, мөн алт-холимог металлын илрэл тогтоогдсон, алтны илрэлүүд нь хар тугалгааны хүдэржилттэй зангилаанд орон зайн нягт холбоотой байрлаж байгаа нь доод пермьд ангилсан гранитоидтой алт, холимог металлын хүдэржилт холбоотой гэж үзэх үндэслэлийг өгсөн. Доод пермийн хүчиллэг давамгайлсан вулканит, субвулкан биетүүдэд эпитеpmаль алтны хүдэржилт тогтоогдсон байна. Алтны хүдэржилт нь голчлон БХ болон өргөргийн дагуу чиглэсэн хагарлын бүсүүдэд доод пермийн гранит порфир, риолит-порфирын гипабиссаль болон субвулкан биетүүдэд, эсвэл тэдний гадаад заагт байршсан байна ([Дэжидмаа нар., 2021](#)). Мөн Төгрөг бүрдлийн чулуулагтай холбоотой гидротермаль гарал үүсэлтэй алтны илрэл, хар тугалганы эрдэсжсэн цэг, мөнгө, зэсийн геохимийн сарнилын хүрээ, манган, хар тугалганы урсгал сарнилын хүрээнүүд тогтоогдсон.

**Хатанбулагийн эртний массивын Хутаг Уул ба Цагаан уулын блокийн хэмжээнд тогтоогдсон кембрийн өмнөх ба палеозойн геологийн бүрдлүүд болон хүдэржилтийн талаарх мэдээлэлийг нэгтгэн авч үзвэл дараах байдал ажиглагдаж байна. Үүнд:**

**Хутаг Уулын блокийн хэмжээнд** эртний суурийн цухуйц харьцангуй өргөн тархсан бөгөөд хожуу палеопротерозой, түрүү неопротерозой, түрүү ордовик, хожуу силүр, хожуу карбон болон түрүү пермийн цаг үеүдэд маагмын идэвхшил эрчимтэй явагдаж энэ насны олон тооны интрузив бүрдлүүд үүссэн байна ([Зураг 227](#)). Эдгээрийн дотроос палеопротерозойн магматизмын талаар маш бага мэдээлэлтэй, зөвхөн Ханги овоо орчимд  $1781 \pm 10$  с.ж настай болох нь тогтоогдсон гнейсжсэн гранитын ганцхан дээжний геохимийн өгөгдлөөр тус гранитыг арлан нум, эхгазрын нумын геодинамикийн нөхцөлд үүссэн гэж үзжээ ([Төмөрхүү нар., 2011](#)). Харин түрүү неопротерозойн маагмын идэвхшил нь насны хувьд нилээд олон тооны өгөгдлүүдээр баталгаажсан боловч геохимийн өгөгдөл харьцангуй цөөн тул тэдгээрийн гарал үүслийн асуудал мөн нарийвчлан шийдэгдээгүй байна.

Бидний судалгааны явцад хийгдсэн цөөн тооны геохимийн өгөгдлүүдээр түрүү неопротерозойн ортогнейс нь Rb, K зэрэг том ионт литофиль элемент болон Th, U, Pb, Zr, Hf зэрэг өндөр цэнэгтэй элементүүдээр баяжсан, Nb, Ta, P, Ti зэрэг элементүүдээр шавхагдсан байх бөгөөд Ва-ийн гүнзгий сөрөг гажил илэрнэ. Эдгээр ортогнейсүүдийн геохимийн онцлог нь синколлизийн болон фракцлагдсан гранитийн шинжтэй бөгөөд магадгүй коллизийн дараах тэлэлтийн процессын явцад үүссэн байж болохоор байна. Цаашид нарийвчлан судлах шаардлагатай. Өмнөх судалгааны материалуудаас харахад ордовикийн идэвхшил нь коллизийн магматизмтай, силүрийн ба карбоны маагмын идэвхшил нь арлан нумын хөгжилтэй холбоотой бол пермийн магматизм нь хожуу орогений процесстой холбоотойгоор явагджээ (зураг 3). Хүдэржилтийн хувьд эртний метаморф хурдастай холбоотойгоор гол төлөв төмөрт кварцит, метаморф бал чулуу төрлүүдэд хамаарагдах төмөр ба графитийн хүдэржилт үүссэн бол неопротерозойн формацуудтай холбоотой цул сульфидын зэс-мөнгөний хүдэржилт үүссэн зүй тогтол ажиглагдана. Дунд ба дээд палеозойн цаг үед гол төлөв тухай үед үүссэн интрузив бүрдлүүдтэй холбоотой Sn, Zn, Pb, Cu, Au, Cu-Mo хүдэржилт

тэмдэглэгджээ. Мөн хожуу ороген маагмын идэвхшилтэй холбоотой Au-Ag-Pb-Zn хүдэржилт үүссэн байна (Зураг 227).

Систем		Нас с.ж	Хатанбулагийн эртний массив						
			Хутаг Уулын блок			Цагаан Уулын блок			
			Формац	Бүрдэл	Хүдэржилт	Формац	Бүрдэл	Хүдэржилт	
ПЕРМЬ P	P <sub>3</sub>	252							
	P <sub>2</sub>	259	P <sub>2do</sub>	P <sub>2z</sub>	Au-Ag-Pb-Zn, Fe, Fe-W	P <sub>2as</sub>	P <sub>2</sub>		
		272	P <sub>2lg</sub>			P <sub>2bu</sub>			
	P <sub>1</sub>	272	P <sub>1-2ut</sub>  P <sub>1-2nu</sub>	P <sub>1b</sub>	Cu-Mo, Cu, Au	P <sub>1?</sub>	P <sub>1b</sub>	P <sub>1t</sub>	Pb, Au, Ag, Cu, Mn
			P <sub>1mt</sub>				P <sub>1t</sub>		
P <sub>1hu</sub>									
КАРБОН K	C <sub>2</sub>	298	C <sub>1-Pau</sub>			C <sub>2-P1u</sub>   C <sub>2-P1</sub>	C <sub>2</sub>		
		323	C <sub>2uu</sub>			C <sub>2bc</sub>			
	C <sub>1</sub>	323	C <sub>1ju</sub>			C <sub>1ih</sub>	C <sub>1</sub>		
ДЕВОН D	Дээд	358	D <sub>3-C1ho</sub>					Au, Cu	
	Дунд	382							
	Доод	393	D <sub>1-2do</sub>		Mn	D <sub>1oh</sub>	D <sub>1-2bc</sub>	Cu, Fe	
СИЛУР S	S <sub>4</sub>	419							
	S <sub>3</sub>	423	S <sub>3-4bh</sub>			S <sub>1-D4el</sub>			
	S <sub>2</sub>	427							
	S <sub>1</sub>	433		S <sub>1-2h</sub>	Zn, Pb, Cu, Au, Au-Cu, касситерит-силикат	S <sub>1-2hm</sub>		Au, Cu	
ОРДОВИК O	Дээд	443							
	Дунд	458	O <sub>2-3to</sub>	O <sub>2a</sub>	Pb-Zn	O <sub>3dh</sub>			
	Доод	470				O <sub>1eh</sub>			
КЕМБРИ E	E <sub>4</sub>	485							
	E <sub>3</sub>	497							
	E <sub>2</sub>	509							
	E <sub>1</sub>	521							
ПРОТЕРОЗОЙ PR	Нео протерозой NP	541	NP <sub>3-E1tu</sub> NP <sub>3hu</sub>  NP <sub>3zt</sub>		Fe, Fe-W, Cu, Ag, төмөрт кварцит	NP <sub>3-E1cu</sub>		Бал чулуу	
	Мезо протерозой MP	1000	MP <sub>2-3cl</sub> MP <sub>2dr</sub>	NP <sub>1h</sub>	Төмөрт кварцит, бал чулуу	NP <sub>1hl</sub>			
		1600							
	Палео протерозой PP	2500	PP <sub>2-3hu</sub>	PP					

Зураг 227. Хатанбулагийн эртний массивын Хутаг уул ба Цагаан уулын Блокийн геологийн бүрдлүүдийн давхрагазүйн багана, маагмын идэвхшлийн ба хүдэржилтийн үе шатууд

**Цагаан уулын блокийн хэмжээнд** палеопротерозойнд ангилагдаж байсан зузаалаг (Хулстай формац) нь доод неопротерозойд үүссэн болох нь тогтоогдсон. Энэ нь Цагаан уулын блокийн хэмжээнд эртний суурийн цухуйц оршин байгааг батлах нэгэн баталгаа бөгөөд нөгөө талаас зөөгдмөл цирконуудын бүрэлдэхүүнд тогтоогдсон

мезопротерозой ба палеопротерозойн цирконууд нь тухайн насны эх үүсвэр бүс нутгийн хэмжээнд тогтоогдох боломжтой болохыг нотлон харуулсан юм.

Тус блокийн хэмжээнд одоогийн байдлаар Цагаан толгой худгийн орчимд илрэх 770 с.ж настай аплитийн дайкийг эс тооцвол дунд палеозойгоос өмнөх насны интрузив бүрдлүүд тогтоогдоогүй байна. Бидний судалгаагаар доод неопротерозойн Хулстай формацын метаморф хурдас нь ягаавтар өнгийн олон тооны аплитийн дайкуудаас гадна маагмын чулуулгаар үссэн гнейсийн жижиг биетүүтээр түрэгдсэн болох нь тогтоогдсон. Иймээс цаашид тус бүс нутгийн хэмжээнд энэ насны интрузив бүрдэл тогтоогдох магадлал бий. Хүдэржилтийн хувьд неопротерозойн метаморф хурдастай холбоотой бал чулууны орд, илрэлүүд үүссэн бол палеозойн үе шатанд интрузив бүрдлүүдтэй холбоотой скарнын төрлийн Fe, судлын төрлийн Cu, Au, Pb, Au-Pb-ийн илрэл, эрдэсжсэн цэгүүд тогтоогдсон байна (Зураг 227).

### **ӨМНӨД ГОВИЙН ЭРТНИЙ МАССИВЫН ГОВИЙН ТЭНГЭР УУЛЫН БЛОК.**

Тус блокийн интрузив бүрдлүүд болон хүдэржилтийн талаарх мэдээлэлийг бидний судалгаа явуулсан Атас Богд-Төмөртийн нуруу ба Цохиотын дүүргийн хэмжээнд тус тус авч үзсэн болно.

**АТАС БОГД-ТӨМӨРТИЙН НУРУУНЫ ДҮҮРЭГ.** Тус дүүргийн хэмжээнд кембри-ордовикийн ангилагдаагүй зузаалаг, силур-доод девоны Төмөрт, доод девоны Энгэр-Ус, доод-дунд девоны Талынмэлтэс, доод карбоны Хуцыншанд формац, дээд карбоны Тахилт формацууд тус тус ялгагдах бөгөөд тэдгээр нь түрүү карбоны Говийнтэнгэр, хожуу карбоны Соёоттолгой, түрүү пермийн Өмнөдмонгол бүрдлүүдээр зүсэгдэнэ.

### **ИНТРУЗИВ БҮРДЛҮҮД.**

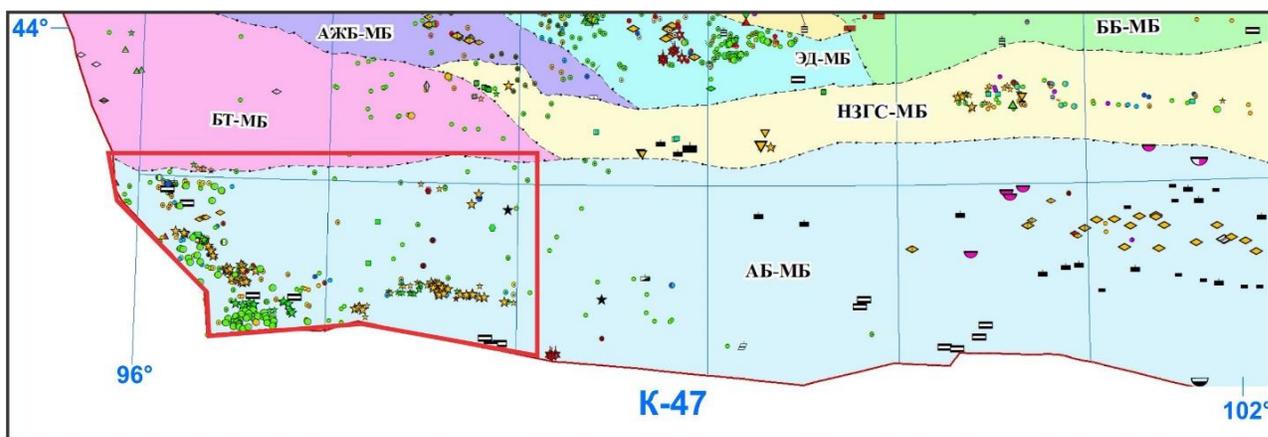
**Говийнтэнгэр уул бүрдэл.** Тус бүрдэлд Замын билгэх, Тахилт уул, Баруун бор овоо, Бага алаг уул, Шугшаа уул, Гулзан уул массивууд хамаарагдана. Бүрдэл нь габбро, диорит, монцодиорит, гранодиорит, биотит-эвэрхуурмагт болон биотитот гранит, гранит, лейкогранитаас тогтох бөгөөд калийн шүлтлэгдүү ба шүлтлэг, хөнгөнцагаанаар дунд зэрэг ханасан, I- ба хааяа А-төрлийн петрохимийн шинжтэй (Замын билгэх, Шугшаа, Гулзан) байх бөгөөд заримдаа кали багатай шохойлог-шүлтлэг, хөнгөнцагаанаар ханасан S төрлийн гранитоидууд (Баруун бор овоо массив) тогтоогдох ба тэдгээр нь хожуу орогений гранитоидтой төстэй нөхцөлд үүсчээ. Говийнтэнгэр уул бүрдлийн гранитоидын насыг Гулзан уулын шүлтлэг гранит- $318 \pm 1$  с.ж., Атасбогд /Замын билгэхийн баруун хэсэг/ -  $302 \pm 3$  с.ж (Ярмолук и др., 2008); Шугшаа уул –  $313 \pm 1$  с.ж (Оролмаа нар., 2018); Замын билгэх –  $329 \pm 22$  с.ж., гранит –  $344 \pm 58$  с.ж., биотит-амфиболт гранит -  $346-354$  с.ж., биотит-амфиболт гранодиорит -  $326-335$  с.ж (5585Ф); биотит-амфиболт гранодиорит -  $288-354$  с.ж. /8 дээж/ (Hanzl et al., 2008); гранит –  $304.5 \pm 1.6$  с.ж лейкогранит –  $310.7 \pm 2.5$  с.ж (Оролмаа нар., 2018); гранодиорит- $299.9 \pm 1.6$  с.ж (Kroner et al., 2010); гранит  $319.5 \pm 3.2$  с.ж (K төсөл) зэрэг олон тооны U-Pb-ны геохронологийн шинжилгээний дүнгээр тогтоожээ.

**Соёоттолгой бүрдэл.** Тус бүрдэл нь габбро, диорит, тоналит, монцодиорит, плагиогранит, биотит-эвэрхуурмагт гранодиорит, биотит-эвэрхуурмагт гранит, лейкогранит зэрэг чулуулгаас тогтоно. Соёоттолгой бүрдлийн насыг Дагва-Очир нар (6640Ф) БНХАУ-ын 312 с.ж үнэмлэхүй настай Хиаори массивтай дүйцүүлэн ялгасан бол Ханзл нар (2008) Шар хулсны булаг массивын биотитот гранитад хийсэн  $308 \pm 14$  с.ж. (Hanzl et al., 2008) насыг харгалзан УГЗ-200-ын геологийн зураг зохиох үед хожуу карбоны Соёоттолгой бүрдэлд хамааруулж зурагласан байдаг. Энэ нь К” төслөөр тогтоосон  $319.5 \pm 3.2$  с.ж-ийн насны өгөгдлөөр баталгаажсан. К төслөөр хийгдсэн геохимийн шинжилгээний дүнгээр тус бүрдлийн гранодирит нь калигаар болон хөнгөнцагаанаар дунд зэрэг ханасан шохойлог шүлтлэг эгнээний I төрөлд хамаарагдах бөгөөд субдукцийн бүсийн дээрх магмын нумын нөхцөлд үүссэн байж болох магадлалтай болохыг тогтоосон.

**Түрүү пермийн Өмнөдмонгол бүрдэл.** Энэхүү бүрдэл нь гол төлөв жижиг хэмжээний биетүүдээр илрэх ба анх Ю.А.Борзаковский, Б.Лувсанданзан нар ялгасан (Геология МНР, т.II, 1973). Бүрэлдэхүүнд нь биотитот, биотит-амфиболт гранит, хааяа гранодиорит, дунд, жижиг-дунд ширхэгт биотитот, биотит агуулсан лейкократ гранит, граносиенит тогтоогдсон. Чулуулаг нь калигаар баялаг шохойлог-шүлтлэг эгнээнд хамаарагдах бөгөд плит доторхи рифтийн нөхцөлд үүссэн гэж үзжээ (Тогтох нар., 2020). Адагширдэг массивт  $274 \pm 5$  с.ж (Козаков, 2007), Улаанчулуутын массивт  $289 \pm 1.3$  с.ж (Төмөрхүү нар., 2013) тус тус тогтоогдсоноор нас нь баталгаажсан.

**ХҮДЭРЖИЛТ.** Атас Богд-Төмөртийн нурууны дүүргийн геологийн бүрдлүүдтэй холбоотой түрүү девон, хожуу девон-түрүү карбон, хожуу карбон болон хожуу карбон-түрүү пермийн буюу үе шатны хүдэржилт тогтоогджээ (Дэжидмаа нар., 2021). Тус дүүргийн хэмжээнд тархалттай ашигт малтмалын байршлыг Зураг 228-т үзүүлэв. Эдгээрийн дотроос түрүү девоны үе шатанд Энгэрийн-Ус формацтай холбоотойгоор цул сульфидын зэс, вулканоген-тунамал мангааны хүдэржилтүүд үүссэн бол габброгийн силл маягийн биетүүдэд “зэс-никель” төрөлд хамаарах цөөн тооны илрэлүүд тогтоогджээ.

Хожуу девон-түрүү карбоны үе шатанд Говийнтэнгэруул интрузив бүрдлийн чулуулаг, түүнийг агуулсан ордовик, силур, доод девоны хурдас доторх гранитоидтой холбоотой судлын зэс, алтны илрэлүүд байршсан байна. Хожуу карбоны үе шатанд Соёоттолгой бүрдлийн интрузивтэй холбоотой порфирын зэс, зэс-алт, мөн гранитоидтой холбоотой судлын зэс төрөлд хамаарах олон тооны илрэлүүд үүссэн бол хожуу карбон-түрүү пермийн үе шатанд доод девоны Энгэрийн ус формацын вулканоген давамгайлсан хурдас, доод-дээд девоны Талынмэлтэс формацын вулканоген-терриген тунамал хурдас дотор, тэдгээрийн региональ метаморфизмтэй холбоотой, метаморфоген-гидротермаль гаралтай кварц-(карбонатын) судлын алтны хэтийн төлөв өндөртэй илрэлүүд байршсан зүйтогтлыг илрүүлжээ.



Таних тэмдэг  
Минерагений бүсүүд (МБ)

BT-MB	Байтагийн	XX-MB	Хөвийн харын	NZGS-MB	Нэмэгт-Зөөлөн-Гурвансайханы		Бүс заагласан хагарал
AJB-MB	Аж Богдын	BB-MB	Баянбулагийн		Улсын хил		Судалгаанд хамрагдсан талбай
ED-MB	Эдрэнгийн	AB-MB	Атас Богдын				

Зураг 228. Өмнөд Говийн эртний массивын Говийн Тэнгэр уулын блокийн Атас богд-Төмөртийн нурууны дүүргийн ашигт малтмалын тархалтын зураг. “Монгол орны “К” хавтгайн хэмжээнд зохиогдсон улсын геологийн 1:200000-ны масштабын иж бүрдэл зургуудыг нэгтгэх төсөл”-ийн хүрээнд хийгдсэн ашигт малтмалын зургаас (Дэжидмаа нар., 2021) хэсэгчлэн авав.

**ЦОХИОТЫН ДҮҮРЭГ.** Тус дүүргийн хэмжээнд хожуу карбоны Могойт ба түрүү пермийн Ханбогд бүрдэл голлон тархах бөгөөд багахан хэмжээгээр түрүү карбон ба түрүү пермийн ангилагдаагүй бүрдэл тархана.

### ИНТРУЗИВ БҮРДЛҮҮД.

**Хожуу карбоны Могойт бүрдэл.** Тус бүрдэл нь габбродиорит, кварцат диорит, диорит, монцонит, монцодиорит, ховроор гранодиорит, биотитот, биотит-эвэрхуурмагт гранит, жижиг мөхлөгтэй гранит, шүлтлэгдүү гранит, кварцат сиенит, гранит порфиритоос тогтоно. Тус бүрдлийн чулуулаг нь калийн шүлтшилтэй шохойлог-шүлтлэг эгнээний, хөнгөнцагаанаар дунд зэрэг ханасан I- болон S- төрлийн гранитоидод хамаарагдах бөгөөд субдукцийн бүсийн дээр байрших шохойлог-шүлтлэг магмын эх үүсвэрээс вулканы нумын болон коллиз руу чиглэсэн орчинд үүссэн болох нь тогтоогдсон (Guy et al., 2014; Энхжаргал 2016, 2018). Насны асуудал нь олон тооны үнэмэлхгүй насны өгөгдлүүдээр баталгаажсан. Үүнд: Гашуун худаг массивын гранодиоритод  $K-Ar$ -аар  $306 \pm 16$  с.ж;  $U-Pb$ -ны аргаар: Жавхлант массивын гранитад  $320.5 \pm 3.6$  с.ж.,  $324 \pm 3$  с.ж., (Б.Энхжаргал, 2018); Тогоо уулын массивын кварцат диоритод  $319 \pm 5$  с.ж., (Guy et al., 2014); Элгэн уулын массивын гранодиоритод  $318 \pm 8$  с.ж. Их хэрсийн массивын гранитад  $318 \pm 9$  с.ж. (Guy et al., 2014); Сүм суварга массивын гранитад  $319.5 \pm 3.8$  с.ж., (Б.Энхжаргал, 2018); Хирсийн тал  $319.6 \pm 4.5$  с.ж., Барчин толгод Мо-3,  $313 \pm 11$  с.ж. (Б.Энхжаргал, 2018); Шар цохио массивын гранитад  $314 \pm 5$  с.ж., (Guy et al., 2014); Сэврэйн бүлэг массивын гранит порфирит  $307 \pm 6$  с.ж. (Guy et al., 2014); Хацар массивын монцогранитад  $302.3 \pm 2.5$  с.ж. (Б.Энхжаргал, 2018); Эргийн овоо  $321 \pm 4$  с.ж зэрэг болно.

**Түрүү карбоны Ханбогд бүрдэл.** Ханбогдын ховорметаллт шүлтлэг гранитын массив нь гол фаз буюу дунд болон том мөхлөгтэй шүлтлэг гранит, дифференциалагдсан комплекс буюу үеллэг тогтоцтой шүлтлэг гранит, жижиг мөхлөгт шүлтлэг гранит, пантеллеритүүд ба коментидүүд; шүлтлэг гранит порфирийн дэл судлууд; микро-сиенит болон монзонитийн дэл судлуудаас тус тус тогтдог бөгөөд хамгийн сайн судлагдсан массив юм (Владыкин, 1981). Чулуулагууд нь ГХЭ, Zr, Nb, Hf элементүүдээр баяжсан, хүнд ГХЭ-ээр хондритоос хэдэн зуугаас мянга дахин баяжсан, европын тод ялгарсан сөрөг гажилийг үзүүлдэг зэрэг петро-геохимийн онцлог шинжүүдтэй ороген бус буюу плит доторх геодинамик нөхцөлд үүссэн А ба I төрлийн гранитоидын бүрдэл юм (Оролмаа нар., 2011; Энхжаргал, 2018, Жаргалан, 2009; Гэрэл нар., 2010). Ханбогд массивын шүлтлэг гранит – Rb-Sr-ийн аргаар  $286 \pm 9$  с.ж.,  $277 \pm 11$  с.ж; U-Pb-ны аргаар:  $290 \pm 1$ ;  $292 \pm 1$ ;  $283 \pm 4$ ;  $287 \pm 3$  с.ж., (Kovalenko, et al., 2006, 2010; Yarmolyuk et al., 2008),  $295 \pm 5.3$  с.ж., (Амар-Амгалан нар, 2004, 2008),  $282 \pm 2.1$  с.ж (Владыкин, 1981),  $290 \pm 15$  с.ж (Jica and MMAJ төсөл) зэрэг наснууд тогтоогдсон.

**ХҮДЭРЖИЛТ.** Тус дүүргийн хэмжээнд хожуу девоны, түрүү ба хожуу карбоны, түрүү пермийн металлогений үе шатууд ялгагддаг (Дэжидмаа нар., 2021). Тус дүүргийн хэмжээнд тархалттай ашигт малтмал, орд илрэлүүдийн байршлыг зураг 226б-д харуулав.

Дээд девоны үе шатанд Оюутолгой ба Цагаансуваргын порфирын зэс-алт, зэс-алт-молибден, зэс-молибдены зэрэг томоохон ордууд үүссэн байдаг бол доод карбоны үе шатанд гранитоид нь порфирын зэс-молибден, порфирын зэс-алт, мөн гранитоидтой холбоотой судал/метасоматит зэс, зэс-алтны жижиг хэмжээний хүдэржилт дагуулсан болох нь тогтоогджээ.

Дээд карбоны үе шатанд хожуу карбонд хамруулдаг шүлтлэгдүү гранитоид интрузивтэй холбоотой судлын молибден, зэс-молибден, зэсийн эрдэсжсэн цэгүүд тогтоогдсон. Доод пермийн үе шатанд доод пермийн хүчиллэг вулканитуудтай холбоотой эпитеpmаль алуни-каолинитын төрлийн алтны хүдэржилт /Сүүдэртийн илрэл/ тогтоогдсон. Магадгүй эпитеpmаль хүдэржилдэг дагуулдаг энэхүү хүчиллэг вулканит нь цаашдын судалгаагаар дээд карбоных болох нь тогтоогдохыг зохиогчид үгүйсгэгүй байна. Учир нь зэргэлдээ хойд талд орших Хармагтай-Хөнгөөт-Оюут Улааны металлогений бүсэд дээд карбоны вулканиттэй холбоотой эпитеpmаль хүдэржилтийн систем хөгжсөн байдаг, мөн Оюутолгойн хүдрийн бүсийн ордуудын судалгаагаар хүдэржилтийн дараа шатанд үүссэн долерит, базальт, риолитын дэл судлууд их хэмжээгээр хөгжсөн нь радиологийн судалгаагаар баталгаажсан. Доод пермийн болох нь баттай тогтоогдсон Ханбогдын шүлтлэг граниттай “Шүлтлэг пегматитын ГХЭ” холбоотойг судлаачид аль хэдийн баталсан байна (Дэжидмаа нар., 2021)

Өмнөд Говийн эртний массивын Говийн Тэнгэр уулын блокийн Атас богд-Төмөртийн нурууны ба Цохиотын дүүргийн геологийн бүрдлүүдийн геологийн бүрдлүүдийн давхрагазүйн багана, маагмын идэвхшлийн ба хүдэржилтийн үе шатуудын нэгтгэлийг зураг 229-д харуулав.

Систем		Нас с.ж	Өмнөд говийн массив				
			Говийн тэнгэр Уулын блок				
			Атас богд-Төмөртийн нурууны дүүрэг			Цохиотын дүүрэг	
			Формац	Бүрдэл	Хүдэржилт	Бүрдэл	Хүдэржилт
ПЕРМЬ P	P <sub>3</sub>	252	[Hatched]				
	P <sub>2</sub>	259					
	P <sub>1</sub>	272					
КАРБОН K	C <sub>2</sub>	298	C <sub>2</sub> th	C <sub>2</sub> s	Cu, Cu-Au,	C <sub>2</sub> m	Mo, Cu-Mo, Cu
	C <sub>1</sub>	323	C <sub>1</sub> hs	C <sub>1</sub> g	Cu, Au	C <sub>1</sub>	Cu-Mo, Cu-Au, Cu
ДЕВОН D	Дээд	358	[Hatched]			D <sub>3</sub>	Cu-Au, Cu-Au-Mo, Cu-Mo,
	Дунд	382					
	Доод	393					
СИЛУР S	S <sub>4</sub>	419	[Hatched]				
	S <sub>3</sub>	423					
	S <sub>2</sub>	427					
	S <sub>1</sub>	433					
ОРДОВИК O	Дээд	443	[Hatched]				
	Дунд	458					
	Доод	470					
КЕМБРИ E	E <sub>4</sub>	485	E <sub>3</sub> -O <sub>1</sub>				
	E <sub>3</sub>	497					
	E <sub>2</sub>	509					
	E <sub>1</sub>	521					
ПРОТЕРОЗОЙ PR	Нео протерозой NP	541	[Hatched]				
	Мезо протерозой MP	1000					
	Палео протерозой PP	1600					
		2500					

Зураг 229. Өмнөд Говийн эртний массивын Говийн Тэнгэр уулын блокын судалгаанд хамрагдсан Атас богд-Төмөртийн нурууны ба Цохиотын дүүргийн геологийн бүрдлүүдийн давхрагазүйн багана, маагмын идэвхийн ба хүдэржилтийн үе шатууд

## **ӨМНӨД ГОВИЙН ЭРТНИЙ МАССИВЫН НҮХТДАВААНЫ БЛОК.**

Тус блокийн интрузив бүрдлүүд болон хүдэржилтийн талаарх мэдээлэлийг зөвхөн бидний судалгаа явуулсан Сүмтнуур ба Алаг баян уулын дүүргийн хэмжээнд тус тус авч үзсэн болно.

**СҮМТНУУРЫН ДҮҮРЭГ.** Тус дүүргийн хэмжээнд бидний судалгаагаар доод ордовикийн түвшинд ангилагдах болсон Сүмтнуур метакомплекс, түүний дээд тал үл нийцлэгээр байрлах доод-дунд девоны Шогшоохонгор формац (D<sub>1-2sh</sub>) ялгагдах бөгөөд тэдгээр нь түрүү-дунд неопротерозойн Сүмт (NP<sub>1-2s</sub>), дунд карбоны Нүхэтдаваа (C<sub>2n</sub>), хожуу триас-түрүү юрийн Егүүзэр (T<sub>3-J1e</sub>) бүрдлүүдээр тус тус зүсэгдэнэ.

## **ИНТРУЗИВ БҮРДЛҮҮД.**

**Неопротерозойн Сүмт бүрдэл.** Д.Лхагвадорж 1996 онд хожуу рифейн Сүмт бүрдлээр ялгасан ба Г.Батзориг (5905ф) криоген, Ч.Энхтуяа (7300ф) тони-криогений Сүмт бүрдэл гэсэн нэрээр зураглажээ. Нэгэн төрлийн гнейслэг гранитаас тогтох бөгөөд пегматоид судлын биет агуулна. Петрохимийн шинжээрээ хожуу орогены нөхцөлд үүссэн, шохойлог-шүлтлэг эгнээний, хөнгөнцагаанаар дундаас баялаг, I төрлийн гранитоид юм. Палеопротерозойн Сүмтнуур формацын метаморф хурдсыг зүсэж, хожуу карбоны Нүхэтдаваа бүрдлийн гранитоидоор зүсэгдэх ба доод цэрдийн Цагаанцав формацын вулканитаар хучигдана. Энэ бүрдлийг агуулагч метаморф комплекс болон тус бүрдлийн насыг нарийвчлах шаардлагатай. Бидний явуулсан судалгаагаар тус бүрдлийн гранит-гнейсийн (судлын) метаморф цирконы хамгийн эртний популяцийн дундаж нас  $433 \pm 13$  с.ж байгаад үндэслэн тус бүрдлийг хожуу ордовикд үүссэн гэж үзсэн болно (Зураг 142). Мөн Сүмт бүрдлээр зураглагддаг гранитийн массиваас 1 дээж авч геохронологийн шинжилгээнд хамруулсан үр дүнгээр  $332 \pm 8$  с.ж (дээж M16603-6.1) нас тогтоогдож тухайн хэсгийг доод карбонд ялгасан.

**Карбоны Нүхэтдаваа бүрдэл.** Анх Н.А. Маринов 1943 онд ялгасан. Габбро, габбродиорит, диорит, биотит-эвэрхуурмагт гранодиорит, гранит, биотитот лейкогранитаас тогтоно. Дэл судлаас жижиг мөхлөгт гранит, гранодиорит, тохиолдоно. Петрохимийн шинжээрээ синколлизын нөхцөлд үүссэн, калиар баялаг, магнетит серийн, шүлтлэгдүү эгнээний S төрлийн гранитоид болно. Силур-девоны Олон-Овооны хяр, доод карбоны Сүүлтолгой формацуудыг зүсэж, хожуу триас-түрүү юрагийн Егүзэр бүрдлийн гранитаар зүсэгддэг болон үнэмлэхүй насыг K-Ar-ы аргаар 288-315 сая.жил (Бобров и др., 1963), 333-310 сая.жил (Борзаковский и др., 1738ф) гэж тодорхойлсон баримтуудыг үндэслэн дунд девонд хамааруулсан байна. Бидний явуулсан геохронологийн судалгаагаар тус бүрдлийн гранитад (Дээж M16603-4)  $300 \pm 8$  с.ж-ийн нас тогтоогдсон.

**ХҮДЭРЖИЛТ.** Сүмтнуур метакомпекстой холбоотой метаморф гаралтай төмрийн (гематит-магнетит) ба төмөр-маарганцын хүдэржилт тус тус тогтоогдсон. Төмөрт кварцит нь марганецын болон төмрийн усан ислээр баяжсан, үеллэг тогтоцтой, хар алаг, хар саарал бөнөгтэй бөгөөд цэглэн сорьцлолтын үр дүнгээр Fe>10% агуулдаг байна (5905Ф). Мөн доод-дунд девоны Шогшоохонгор формац болон хожуу триас-түрүү юрийн Егүзэр бүрдлийн интрузивийн хил заагт илрэх хагарлын бүсийн хүчтэй

брекчлэгдэн, катаклазжсан бүсэд чулуулгууд нь гидротермаль-метасоматоз процессын нөлөөгөөр хувирч лимонитжаж, төмрийн усан ислээр баяжсанаас гадна сульфиджсан байдаг. Энд малахит, азуритын жижиг шигтгээ, үүр маягийн бөөгнөрөлүүд тогтоогдсон (5905Ф).

Сүмт бүрдлийн чулуулагтай холбоотой мөнгө, цайр, торийн сарнилын хүрээнүүд, хар тугалганы цэгэн гажил, Нүхэтдаваа бүрдэлтэй холбоотойгоор вольфрам, молибден (Баавхайн хонгор) зэсийн илрэл, хар тугалга, цайрын эрдэсжсэн цэгүүд, зэс, хар тугалга, цайр, цагаан тугалга, хром, манган, мөнгөний геохимийн сарнилын хүрээнүүд, касситеритын шлихийн сарнилын хүрээнүүд тус тус тогтоогдсон байдаг. Мөн бидний явуулсан судалгаагаар Сүмтнуур метакомплексийн чулуулаг нь ойролцоогоор түрүү силүрийн үед амфиболитийн фаацын метаморфизмд автсан байх магадлалтай бөгөөд энэ үед альмандины бүлгийн иттрийн гранат үүссэн бол хожуу девон болон пермь-триасын үед идэвхжсэн гидротермал уусмалын нэвчилтийн нөлөөгөөр ГХЭ-ийн өндөр агуулга бүхий ксенотим ба монацит үүссэн байна (Бүлэг 4.2, Зураг 136г үзнэ үү). Хэдийгээр чулуулагт нь ГХЭ-ийн өндөр агуулга тогтоогдоогүй боловч түүнд агуулагдах ксенотим нь Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu зэрэг ХүГЭ-ээс гадна Y ба U-ны өндөр агуулгатай (ксенотим-Y), харин монацит нь La, Ce, Pr, Nd, Sm зэрэг ХөГХЭ-ээс гадна Th-ийн өндөр агуулгатай (монацит-Ce) бөгөөд гранат нь иттрийн исэл (Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) нэлээд хэмжээгээр агуулсан болох нь тогтоогдлоо.

**АЛАГ БАЯН УУЛЫН ДҮҮРЭГ.** Тус дүүргийн хэмжээнд бидний судалгаагаар доод неопротерозойд ангилагдах боломжтой Норовзээг, дунд-дээд ордовикийн Хөөвөр, силүр-девоны Зүүнгашуун, девон-карбоны Алагбаян зэрэг формацууд болон силүрийн ангилагдаагүй зузаалаг ялгагдах бөгөөд тэдгээр нь дунд-дээд палеозойн ба мезо-кайнозойн тунамал, вулканоген формацуудаар хучигдаж дунд неопротерозойн Харангад, дунд карбоны Улаанбадрах болон дунд-хожуу пермийн Замын-Үүд бүрдлийн гранитоидуудоор түрэгдэнэ.

#### **ИНТРУЗИВ БҮРДЛҮҮД.**

**Неопротерозойн Харангад бүрдэл.** Анх энэ төрлийн гранитоидыг Б.К.Мокшанцев 1952 онд ялгасан ба хожим Я.Дагва-Очир (5384ф, 5581ф) судалж Харангад бүрдлээр нэрлэсэн. Жижиг, жижиг-дунд мөхлөгт метагаббро, сул шүлтлэг диорит, габбродиорит, габбро, диорит, гранодиорит, кварцат диорит, жижиг-дунд мөхлөгт гнейсжсэн биотитот гранит, лейкогранитаас тогтоно. Петрохимийн шинжээрээ эх газрын захын нөхцөлд үүссэн, калиар ядмаг, шохойлог-шүлтлэг эгнээний I төрлийн гранитоидод хамаардаг. Судлын чулуулаг нь микрогаббро, гранит-порфир, диорит-порфирит, аплит. Норовзээг формацыг зүсэж, доод цэрдийн Цагаанцав формацаар хучигдана. Цаашид судлах үнэмлэхүй нас тодорхойлох шаардлагатай.

**Дунд карбоны Улаанбадрах бүрдэл.** Анх Ю.А.Борзаковский 1970 онд ялгасан бөгөөд В.И.Гольденберг 1977 он, А.С.Коваленко 1984 онуудад тус тус нарийвчлан судалсан ба хожим Я.Дагва-Очир (5384ф) Улаанбадрах бүрдэл гэж нэрлэсэн. Габбродиорит, диорит, гранодиорит, биотитот гранит, порфирлог гранит,

лейкогранитаас тогтоно. Мөн микродиорит, диабаз, аплит, микрогранитын найрлагатай дэл судлууд тохиолддог. Петрохимийн шинжээрээ коллизын нөхцөлд үүссэн, калиар ядмаг, хөнгөнцагаанаар ханасан, шохойлог-шүлтлэг эгнээний гранодиорит-гранитын хэлбэршилтэй, I ба S холимог төрлийн царцдасын бохирдолттой магмын эх үүсвэртэй гранитоидод хамааруулан үзжээ. Хожуу девоны Цагаансуварга бүрдэл, доод карбоны Өлзийт-Уул формацыг зүсэж, хожуу пермийн Замын-Үүд бүрдлээр зүсэгдэж доод пермийн Байрам-Овоо формацаар хучигдсан байх бөгөөд үнэмлэхүй насны тодорхойлолт K-Ar-ны аргаар Хүйтэн ус худаг гранитад  $290-282$  сая.жил (Тектоника МНР, 1974),  $296 \pm 15 - 315 \pm 16$  сая.жил (Гольденберг и др., 1977), U-Pb-ны аргаар Хадан шанд массивд  $322 \pm 4,3$  сая.жил, Хоньч массивд  $300.8 \pm 3.1$  сая.жил (Баасан нар., 7740ф) гэж тогтоосон баримтуудыг үндэслэн хожуу карбонд хамааруулсан.

**ХҮДЭРЖИЛТ.** Тус дүүргийн хэмжээнд тархалттай ашигт малтмал, орд илрэлүүдийн байршлыг зураг 1в-д харуулав. Харангад интрузив бүрдэл болон метаморф хурдастай холбоотой алтны бүлэг илрэл, хар тугалганы илрэл, зэс, цайрын эрдэсжсэн цэгүүд, алт, вульфенит ба пиритийн шлихийн сарнилын хүрээ болон цайр, хром, кобальт, мангааны геохимийн сарнилын хүрээ, цагаан алт, муассонитын шлихийн гажил цэгүүд тус тус тогтоогджээ (5540Ф). Түүнчлэн Харангад бүрдлийн чулуулагтай холбоотой зэс, молибден, алтны илрэлүүд, ордовикийн Хөөвөр формацын алевролит дотор байрлах кварцийн судалтай холбоотой алтны бие даасан илрэл, силүр-девоны Зүүнгашуун формацтай холбоотой алтны илрэл, эрдэсжсэн цэг, алт-мышьякийн болон зэсийн эрдэсжсэн цэгүүд, сарнилын хүрээ, гажилууд тус тус тогтоогджээ (5540Ф). Мөн тус формацын шохойн чулуутай холбоотой хар тугалганы шлихийн сарнилын хүрээ тогтоогдсон нь бий. Улаанбадрах бүрдэлтэй холбоотой цагаан тугалга, берилл, ураны эрдэсжсэн цэг тус тус тогтоогдсон байна.

Тус блокийн судалгаанд хамрагдсан Сүмт нуур ба Алаг баян уулын дүүргийн геологийн бүрдлүүдийн давхрагазүйн багана, маагмын идэвхшлийн ба хүдэржилтийн үе шатуудыг нэгтгэн [Зураг 230](#)-д харуулав.

Систем		Нас с.ж	Өмнөд говийн массив						
			Нүхт давааны блок						
			Сүмтнуурын дүүрэг			Алагбаян уул дүүрэг			
			Формац	Бүрдэл	Хүдэржилт	Формац	Бүрдэл	Хүдэржилт	
ПЕРМЬ P	P <sub>3</sub>	252	[Hatched]			[Hatched]	P <sub>2-3z</sub>		
	P <sub>2</sub>	259						P <sub>2do</sub>	
	P <sub>1</sub>	272						P <sub>1hn</sub>	
КАРБОН K	C <sub>2</sub>	298	[Hatched]	C <sub>2n</sub>	W, Mo, Cu, Pb, Zn, Cr, Mn, Ag	[Hatched]	C <sub>2u</sub>	Sn, U, брилл	
	C <sub>1</sub>	323							C <sub>1cs</sub>   C <sub>1ss</sub>
ДЕВОН D	Дээд	358	[Hatched]	D <sub>1-2sh</sub>	Fe, лимонит, малахит, азурит	[Hatched]	D <sub>3-C1ab</sub>		
	Дунд	382							
	Доод	393							
СИЛУР S	S <sub>4</sub>	419	[Hatched]			[Hatched]	S <sub>2-D1zg</sub>	Au, As, Cu, Pb	
	S <sub>3</sub>	423							
	S <sub>2</sub>	427							
	S <sub>1</sub>	433							
ОРДОВИК O	Дээд	443	[Hatched]			[Hatched]	O <sub>2-3hv</sub>	Au	
	Дунд	458							
	Доод	470							
КЕМБРИ E	E <sub>4</sub>	485	[Hatched]		Fe, гематит, магнетит	[Hatched]	O <sub>1sn</sub>		
	E <sub>3</sub>	497							
	E <sub>2</sub>	509							
	E <sub>1</sub>	521							
ПРОТЕРОЗОЙ PR	Нео протерозой NP	541	[Hatched]	NP <sub>1-2s</sub>	Ag, Zn, Th, Pb	[Hatched]	NP <sub>1nz</sub>	NP <sub>2h</sub>	Au, Pb, Cu, Zn, Cr, Co, Mn, Pt, Cu, Mo
	Мезо протерозой MP	1000							
	Палео протерозой PP	1600							
		2500							

Зураг 230. Өмнөд Говийн эртний массивын Нүхтдавааны блоктын судалгаанд хамрагдсан Сүмт нуур ба Алаг Баян уулын дүүргийн геологийн бүрдлүүдийн давхрагазүйн багана, маагмын идэвхшлийн ба хүдэржилтийн үе шатууд

## БҮЛЭГ 6. ЭРТНИЙ МАССИВУУДЫН ГАРАЛ ҮҮСЭЛ БА ГЕОДИНАМИК ХӨГЖИЛ

Хатанбулагийн эртний массив нь Индосинийн Палеотетис далайн Сулинхээрийн бассейны суурин дээр пермийн төгсгөлөөр хэлбэржсэн Сулинхээрийн атриат мегабүсийн хойгуур байрлах бөгөөд протерозой ба эдиакари-доод кембрийн метаморф бүрдлүүд агуулсан Хутаг уулын ба Цагаан уулын блокийг өөртөө нэгтгэдэг (Төмөртоого, 2014). Тус массивыг Бямба (1987; 1996, 2012), Доржнамжаа нар (2012) Өмнөд Говийн массивд хамааруулж байсан бөгөөд хожим нь тэдгээрийн завсарт дунд палеозойн аккрецийн бүрдэл бүхий Замын Үүдийн заадсын бүс илэрснээр бие даасан структурт ялгагдах болсон байдаг (Төмөртоого, 2014).

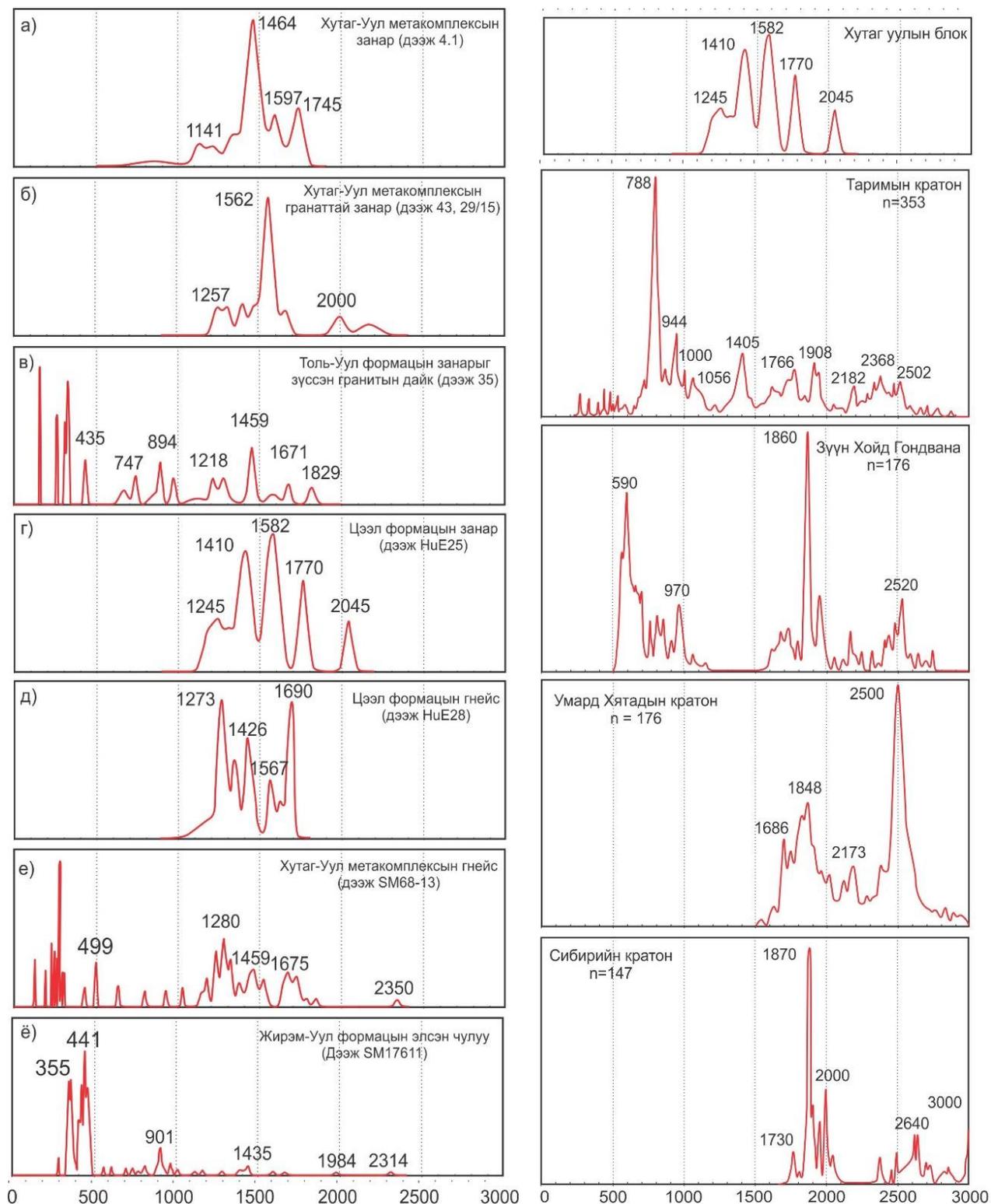
**Хутаг уулын блок** нь гранит-гнейс, мигматит, гантиг, кварцит, амфиболит, талст занар зэргээс бүрдсэн Хутаг-Уул метакомплексаас тогтох (Маринов и др., 1973; Доржнамжаа, 2011; Бямба, 2012) бөгөөд Гренвилийн атриат тогтолцоонд хамааралтай 1781 ба 952 сая жилийн нас бүхий гнейсжсэн гранитоидуудаар зүсэгдсэн болох нь тогтоогдсоноор палеопротерозойн настай болох нь баталгаажсан юм (Төмөрхүү нар., 2008, Ярмолюк и др., 2005). Мөн блокийн хэмжээнд багагүй талбайд тархдаг Цээл формац нь гнейс, амфиболит ба занараас голчлон тогтох бөгөөд зүсэлтэнд нь хадгалалт муутай строматолитын чулуужсан үлдвэр бүхий гантигжсан шохойжин оролцсоноор мезопротерозойн настайд тооцогддог (Далай нар., 2006ф). Түүнчлэн эртний суурийн тогтцод Толь группэд хамаарагдах вулканоген ба цахиурлаг формацууд оролцох бөгөөд вулканоген-тунамал хучлага нь силүрийн вулканоген ба карбонат вулканоген формацуудаар илэрхийлэгдэнэ (Төмөртоого, 2014).

Хэдийгээр Хутаг уулын блокийн хэмжээнд 1781 ба 952 с.ж-ийн нас бүхий гнейсжсэн гранитоид тогтоогдож эртний суурийн үлдэц оршин байгаа нь баталгаажсан боловч энэхүү суурийг бүрдүүлж буй Хутаг-Уул метакомплекс ба Цээл формацын геохронологи, геохимийн судалгаа огт хийгдээгүй ирсэн байдаг.

Төсөл хэрэгжих явцад Хутаг-Уул метакомплекс ба Цээл формацын метаморф чулуулгуудын U-Pb-ны геохронологийн шинжилгээний дүнгүүдийг нэгтгэн авч үзсэн байдлыг Зураг 231-д харуулав.

Энэхүү зургаас харахад Хутаг уулын дүүрэгт Хутаг-Уул метакомплекс ба Цээл формацаар зураглагдаж ирсэн занар ба гнейсийн 4 дээжинд (Зураг 231а, б, г, д) 1600 с.ж ба 1200 с.ж хооронд нас нь хэлбэлзэх зөөгдмөл цирконууд тогтоогдсон нь тэдгээр насны эх үүсвэрээс зөөгдөж ирсэн болохыг харуулахаас гадна тус чулуулгуудын протолит нь 1200 с.ж -ээс хожуу буюу дээд мезопротерозойд хуримтлагдсан болохыг илтгэнэ. Мөн насны чулуулгийн эх үүсвэр Баян-Овоо уулын дүүрэгт Хутаг-Уул метакомплексаар зураглагдаж ирсэн гнейс болон доод карбоны Жирэм-Уул формацын хурдас хуримтлалд тогтоогдохоос (Зураг 231е, ё) гадна эдиакари-доод кембрийн Толь-Уул формацын занарыг зүссэн гранитийн дайканд уламжлагдсан циркон хэлбэрээр илэрч байгаа нь (Зураг 231в). Хутаг уулын блокийн хэмжээнд мезопротерозойн настай эх газрын царцдас байгааг нотолж байна. Энэ насны хурдсыг зүсэлтэндээ хадгалалт муутай строматолитын чулуужсан үлдвэр бүхий гантигжсан шохойн чулуу агуулдаг

Цээл формацын түвшинд ангилж насыг нь дунд-дээд мезопротерозойн түвшинд авч үзэх зүйтэй гэж үзлээ.



Зураг 231. Хатанбулагийн эртний массивын Хутаг уулын блокийн хэмжээнд бий болсон геохронологийн шинжилгээний дүнгийн харьцуулалт

Харин цирконуудын бүрэлдэхүүнд нилээдгүй хувийг эзлэж буй 1800 – 1600 с.ж настай цирконуудын насны өгөгдөл болон Ханги овооны дүүрэгт 1790 с.ж үнэмлэхүй нас бүхий гнейс тогтоогдсон (Төмөрхүү нар, 2008) зэрэгт үндэслэн Хутаг-Уул метакомплексын насыг дээд палеопротерозойн түвшинд авч үзэх боломжтой байгаа боловч тус метакомплексын зураглагдах талбай ихээхэн багасах байдалтай байна. Харин дээр дурдсан насны өгөгдлүүдээс харахад Хутаг уулын блокийн хэмжээнд доод протерозойн насны эх үүсвэр байх боломжтойг 2300 с.ж настай зөөгдмөл цирконууд ховроор тохиолдож байгаагаас харагдана (Зураг 231б, е, ё). Гэхдээ энд тэмдэглэхэд Хутаг-Уул метакомплексаар зураглагдах талбай ихээхэн багасаж байгаа бөгөөд энэ нь тус метакомплексаар зураглагдсан зарим блокууд Цээл формацад ангилагдах болсоноос гадна метакомплексын бүрэлдэхүүнд нилээдгүй хувийг эзэлдэг хөхөвтөр саарал өнгийн ортогнейсийн хэмжээнд 960 - 942 с.ж-ийн (Зураг 26, 27, 28) үнэмлэхүй нас тогтоогдсон нь тэдгээрийг түрүү неопротерозойн Холбоонуур бүрдэлд ангилах үндэслэл боллоо.

Хатанбулагийн эртний массивын Хятадын нутаг дахь үргэлжлэл хэмээн үздэг Шилийнгол метакомплекс нь Эрээн хотоос зүүн тийн Xilinhote (Шилийнхот) ба Baiyinchagan (Баянцагаан) сум хооронд тасдалтайгаар үргэлжилсэн блокоор илэрдэг бөгөөд гнейс, занар, мэшил болон үе хэлбэрийн амфиболит зэргээс голлон тогтдог. Тус блокод биотит плагиоклазат гнейс өргөн тархах бөгөөд мөн амфибол-плагиоклазат гнейс, гранит-гнейс илэрдэг. Тус метакомплекс нь эвэрхурмаг-плагиоклазат гнейсийн амфибол-плагиоклазийн найрлагын судалгаагаар 0.5-0.6 гПа (GPa) даралт ба 540-550°C температурын нөхцөлд амфиболитийн фаацын метаморфизмд автсан гэж үздэг (Zhao et al., 2002). Шилийнхот (Шилийнгол) метакомплексын гарал үүсэл болон үүслийн геодинамик орчны талаар маргаантай, одоогийн байдлаар 2 загвар дэвшигдсэн байдаг. Эхний загварын дагуу Шилийнгол комплексыг хожуу архей-түрүү протерозойн (Shao, 1986, 1991; Zhang and Wu, 2001) эсвэл дунд-хожуу протерозойн (Xu et al., 1996; Hao and Xu, 1997; Zhu et al., 2004; Sun et al., 2013) террейн бөгөөд хожуу протерозой, эсвэл хожуу ордовик-түрүү силүрээс хожуу карбонь цаг үед метаморфизмд автсан гэж үздэг. Харин дараагийн загвар нь Шилийнхот метакомплекс бол урьдкембрийн террейн биш бөгөөд палеозойн гнейсийн бүсийн нэг хэсэг (Tang and Zhang, 1991) эсвэл деформацид эрчимтэй автсан нумын арын хотгорын хурдас (Shi et al., 2003; Chen et al., 2009a; Xue et al., 2009) гэж үздэг. Тус метакомплексыг зарим судлаачид Хянган бичилтив буюу блокийн хэсэг болох Шилийнхот блок гэж үздэг (Ge et al., 2011; Sun et al., 2013) байхад зарим судлаачид түүнийг Суньяо блокийн нэг хэсэг (Liu et al., 2016) бөгөөд гнейсжсэн гранитын 4 дээжинд 1397–1360 с.ж-ийн талсжилтын нас тогтоогдсонд (Sun et al., 2013b) үндэслэн эртний эх газрын царцдасын үлдэц гэж үздэг (Han et al., 2016).

Бидний явуулсан судалгаа нэг талаас өмнөх судлаачдын Хутаг-Уулын блокийн суурь бүрдэлд тооцож ирсэн Хутаг-Уул метакомплекс ба Цээл формацын насыг баталгаажуулж, үндэслэлийг сайжруулсанаас гадна нөгөө талаас тус блокийн гарал үүслийн талаар зарим таамаглал дэвшүүлэх боломж бүрдэж байна.

Сүүлийн жилүүдийн олон улсын түвшинд хүлээн зөвшөөрөгдсөн судалгаануудаас авч үзвэл тунамал чулуулгийн эх үүсвэрийн судалгаа, ялангуяа эртний хурдсын зөөгдмөл цирконуудын геохронологийн судалгаагаар эх үүсвэрийн муж, эртний кратонуудын хамаарлыг тогтоодог (Darby and Gehrels, 2006; Cawood et al., 2007). Иймээс бид Хутаг-уулын блокийн Хутаг-Уул метакомплекс ба Цээл формацын хэмжээнд бий болсон зөөгдмөл цирконуудын өгөгдлүүдийг Тарим, Зүүн Хойд Гондвана, Сибирь болон Умард Хятадын кратонуудын өгөгдлүүдтэй харьцуулж үзлээ (Зураг 231).

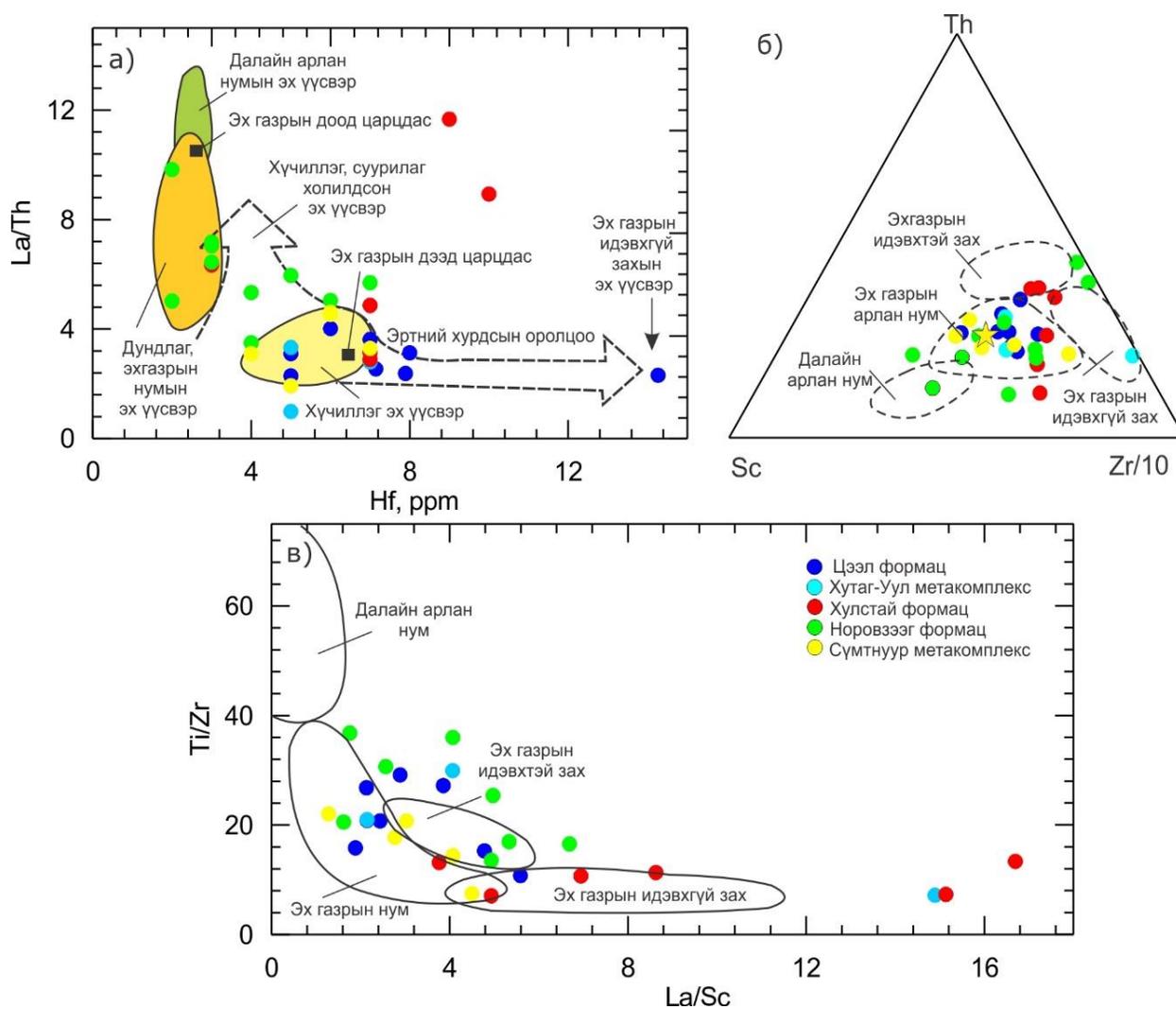
Хутаг уулын блокийн хэмжээнд гол пикүүд ~1141 с.ж, ~1218 - 1280 сж, ~1450 – 1690 с.ж ба ~1770 с.ж орчимд төвлөрч байгаа нь ерөнхийдөө Таримын кратоныхтой нийцэж байна. Таримын кратоны хэмжээнд 790 с.ж, 930 сж, 1000 с.ж, 1060 с.ж, 1410 с.ж дээр голлох пикүүд төвлөрөх бөгөөд мөн 1766 с.ж, 1908 с.ж ба 2368 с.ж дээр бусад пикүүд байрлана. Энэхүү харьцуулалтаас авч үзэхэд Хутаг уулын блок нь Таримын блокийн хэсэг байх ихээхэн магадлалтай байгаа нь өмнөх судлаачдын таамаглалтай нийцэж байна.

Таримын кратоны хамгийн эртний циркон 3.6 тэрбум жилийн настай болох нь тогтоогдсноос гадна 2800 -2500 с.ж настай ортогнейс, 2450 - 2350 с.ж-ийн настай суурьлаг ба хүчиллэг интрузив тогтоогдсон бөгөөд 2000 – 1800 с.ж-д гранулитийн фаацын метаморфизмд орсон (Lu et al., 2008; Long et al., 2010). Мөн сүүлийн үеийн судалгаагаар кратоны царцдасын ихэнх хэсгийг 2100 – 1700 с.ж хооронд үүссэн гэж үздэг (Hu et al., 2000) бөгөөд 1005 ба 900 с.ж хооронд эртний суурь талст чулуулаг ба хучаас бүрдлийн хооронд үл нийцлэг харьцаа тогтоогджээ (Gao et al., 1993). Таримийн кратоны онцлог шинж болох Гренвиллийн буюу 1300 – 1000 с.ж настай орогенд хамаарагдах габбро ба гранитын үнэмлэхүй нас  $1048 \pm 19$  ба  $933 \pm 11$  с.ж хооронд хэлбэлздэг (Shu et al., 2012). Таримын кратоныг Родиниа супертивийн бүрэлдэхүүнд багтаж байсан бөгөөд 820 ба 740 с.ж-ийн хооронд явагдсан рифтийн процессын үр дүнд задарсан гэж үздэг (Lu et al., 2008).

Геохимийн шинжилгээний дүнд үндэслэн Хутаг-Уул метакомплекс ба Цээл формацуудын метаморф чулуулгуудад хүчиллэг эх үүсвэрээс үүсэлтэй, эх газрын царцдас ба эх газрын нумын хэмжээнд илэрдэг нийтлэг онцлог илэрч байгаад үндэслэн тэдгээрийн протолитийг эх газрын хаяа-эх газрын нумын нөхцөлд үүссэн гэж үзэж болохоор байна (Зураг 232). Мөн Цээл формацад тогтоогдсон 1000 – 1300 с.ж настай цирконуудын эх үүсвэрийг тухайн цаг үед явагдсан гренвиллийн орогентой холбон тайлбарлаж болохоор байна. Харин Холбоонуур бүрдэлд ангилагдсан 960 – 920 с.ж-ийн настай ортогнейсүүдийн хувьд эх газрын царцдасын хөгжил дууссаны дараа явагдсан тэлэлтийн үр дүнд үүсдэг фракцлагдсан гранитын онцлог илрэхээс гадна тэдэгээрийн зарим сарнимал элементүүдийн онцлог нь синколлизийн нөхцлийг илэрхийлж байна. Иймээс бид судалгааны өнөөгийн түвшинд уг асуудлыг нээлттэй үлдээж цаашдын нэмэлт судалгаагаар шийдвэрлэх нь зүйтэй гэж үзлээ.

Цагаан уулын дүүрэгт бидний явуулсан геохронологийн судалгаагаар Хатанбулагийн эртний массивын Цагаан уулын блокийн суурь хэмээн үзэж ирсэн палеопротерозойн ангилагдаагүй зузаалгийн хоёр гялтгануурт парагнейсийн

цирконуудын бүрэлдэхүүнд  $886 \pm 18$  ба  $970 \pm 20$  с.ж хооронд  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  нас нь хэлбэлзэх доод неопротерозойн циркон ихэнх хувийг эзлэх бөгөөд тэдгээрийн үнэмлэхүй насны дундаж болох  $925 \pm 12$  с.ж-ийн өгөгдлөөр хурдас хуримтлалын насны доод хязгаарыг тогтоож, харин дээд хязгаарыг тус зузаалгийг зүссэн аплитийн дайкийн настай (Козаков., 1986) харьцуулан 770 с.ж-ээр тогтоосон. Өөрөөр хэлбэл, тус гнейсийн зузаалгийн протолит нь 925 - 770 с.ж хооронд буюу доод неопротерозойн тонийн цаг үед хуримтлагджээ. Мөн тус гнейсийн цирконуудын бүрэлдэхүүнд 1188 с.ж ба 1833 с.ж дээр пик нь төвлөрөх цирконууд бага хэмжээгээр тохиолдох байгаа нь мөн хурдас хуримтлалд мезопротерозой ба палеопротерозойн настай эх үүсвэр оролцсон болохыг илтгэнэ. Геохимийн өгөгдлүүдэд тулгуурласан сэргээн босголтоор Цагаан Уулын блокийн доод неопротерозойн хурдас хуримтлал эх газрын идэвхгүй захын орчинд хүчиллэг эх үүсвэрээс үүссэн болох нь харагдаж байна.

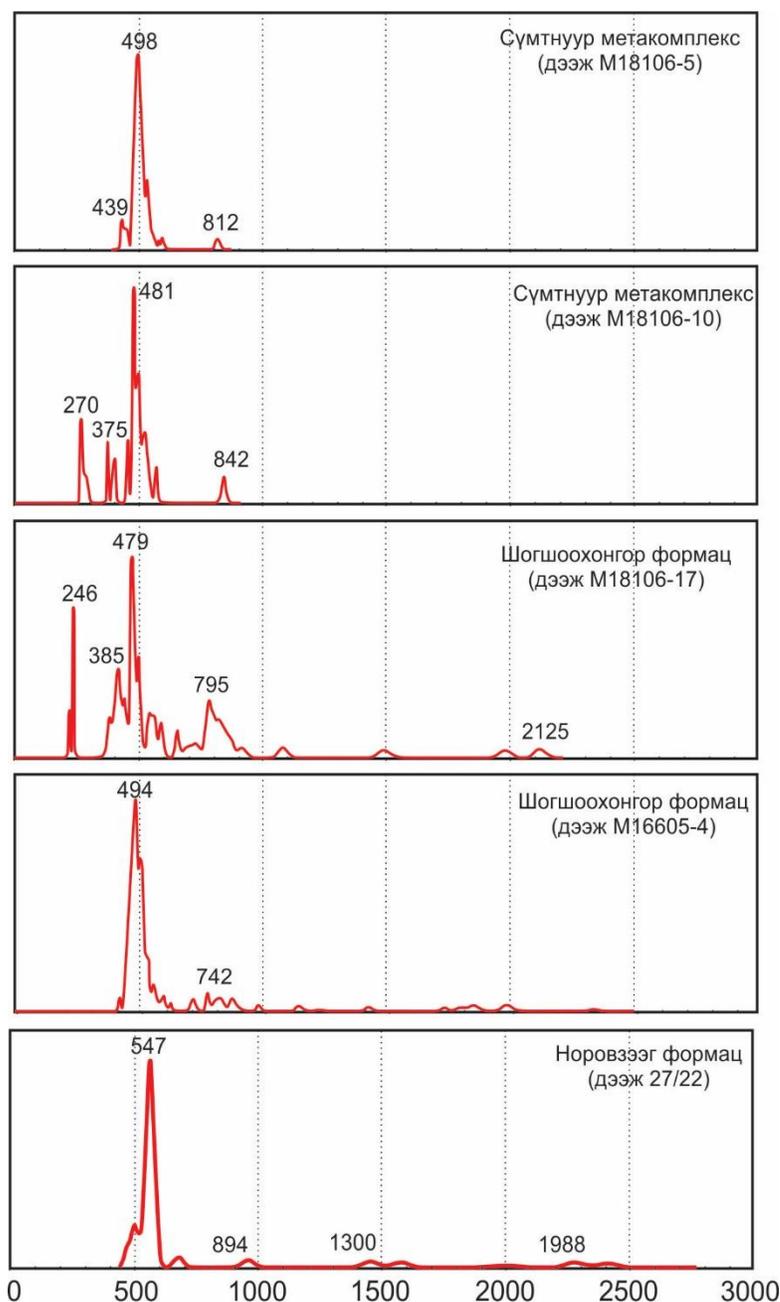


Зураг 232. Судалгаанд хамрагдсан метакомплекс ба формацуудын тунамал гаралтай метаморф чулуулгуудын эх үүсвэр, геодинамик орчныг тогтоох а) La/Th – Hf диаграмм (Floyd and Leveridge, 1987), б) Sc-Zr/10-Th гурвалжин диаграмм (Bhatia and Crook, 1986), в) Ti/Zr – La/Sc диаграмм (Bhatia and Crook, 1986).

Цагаан Уулын блокийн хэмжээнд эртний хурдсын зөөгдмөл цирконы ганцхан өгөгдөл байгаа нь зэргэлдээх Хутаг Уулын блоктой харьцуулахад учир дутагдалтай. Хэдийгээр гренвиллийн орогентой холбоотой байж болох 1188 с.ж настай цирконууд тогтоогдсоноороо Хутаг Уулын блоктой ижил боловч Хутаг уулын блокийн хэмжээнд Цагаан Уулын блокийн адилаар доод неопротерозойн хурдас хуримтлал явагдаагүй, харин энэ цаг үед гранитын интрузивүүдийн түрэлт явагдаж хурдас хуримтлалын тасалдал илэрч байгааг энд тэмдэглэх нь зүйтэй. Мөн бидний судалгаа явуулсан Хөрхийн нурууны дүүрэгт доод протерозой, доод неопротерозой гэх зэргээр ангилагдаж ирсэн вулканоген-терриген зузаалгийн насны асуудлыг шийдвэрлэж чадаагүй ч метабазальтууд нь далайн арлын болон далайн голч нурууны базальтын шинжтэй, харин тунамал хэсэг нь эх газрын арлан нум-эх газрын идэвхтэй захын нөхцөлд хүчиллэг эх үүсвэрээс үүссэн болохыг тогтоосон. Цаашид тус блокийн хэмжээнд судалгаанд хамрагдсан зузаалгуудын хэмжээнд нэмэлт судалгаа явуулах шаардлагатай.

Сүмтнуур метакомплекс нь Өмнөд Говийн эртний массивын Нүхтдавааны блокийн суурийг бүрдүүлдэг бөгөөд Монгол орны зүүн талд тогтоогдсон хамгийн эртний бүрдэлд тооцогддог (Доржнамжаа нар, 2011; Бямба, 2012; Махбадар нар., 1995, 4806ф; Эрдэнэчимэг нар., 2017, 8480ф). Тус дүүргийн хэмжээнд бидний явуулсан судалгаагаар Сүмтнуур метакомплексийн бүрэлдэхүүнд багтдаг метаэлсэн чулуу болон түүний дээд талд байрлах Шогшоохонгор формацын элсэн чулууны хурдас хуримтлалын насны доод хязгаар тус тус ~478 с.ж ба ~460 с.ж байгаад үндэслэн тус занаржсан метаэлсэн чулуутай нэгэн зузаалаг үүсгэн байрлаж буй занар, гнейс болон амфиболит зэргээс тогтох тус метакомплексийг палеопротерозой, эсвэл мезопротерозойд бус, харин доод ордовикийн үед хүчиллэг эх үүсвэрээс эх газрын нумын нөхцөлд үүссэн болохыг тогтоолоо (Зураг 232). Мөн Шогшоохонгор уулын орчимд Сүмтнуур метакомплексод ялгагдаж байсан кварцитийн зузаалгийн хурдас хуримтлалын насны доод хязгаар 421±8 с.ж байгаад үндэслэн тус зузаалгийг доод-дунд девоны Шогшоохонгор формацад ангилах нь зүйтэйг баталгаажуулсанаас гадна Холбоо Толгойн өмнөд талын тектоникийн блокт Шогшоохонгор формацад ангилагдсан элсэн чулууны хурдас хуримтлалын насны доод хязгаар 460±5 с.ж байгаад тулгуурлан тус зузаалгийг Нүхэтдавааны блокийн баруун ба зүүн талд тус тус ялгагддаг Хөөвөр ба Хартолгой формацуудын түвшинд буюу дунд-дээд ордовикт ангилах зүйтэй гэж үзлээ. Түүнчлэн Сүмтнуур метакомплексийн чулуулаг нь ойролцоогоор түрүү силурын үед амфиболитийн фаацын метаморфизмд автсан байх магадлалтай бөгөөд энэ үед альмандины бүлгийн иттрийн гранат үүссэн бол хожуу девон болон пермь-триасын үед идэвхжсэн гидротермал уусмалын нэвчилтийн нөлөөгөөр ГХЭ-ийн өндөр агуулга бүхий ксенотим ба монацит үүссэн болохыг илрүүлсэн юм. Мөн геохронологийн шинжилгээний дүнгээр зөөгдмөл цирконуудын бүрэлдэхүүнд 742 – 894 с.ж настай цирконууд бага хэмжээтэйгээр байнга тохиолдож байгаа нь хурдас хуримтлалд тухайн насны эх үүсвэрээс зөөгдөл хуримтлал явагдсан болох нь тодорхой байна (Зураг 233). Сүмтнуур метакомплексод ангилагдаж байсан тус зузаалаг нь зүүн тийш хөрш зэргэлдээ Хятадын нутагт тогтоогддог Улиастайн эх

газрын идэвхтэй захтай харьцуулагдах боломжтой байна. Энд нэмж тэмдэглэхэд, хил залгаа Хятадын нутагт ~490 с.ж-ийн хурдас хуримтлалын настай тунамал хурдас болон вулканоген зузаалаг тогтоогдсон байдаг бөгөөд түүнд агуулагдах шохойн чулууны мэшил нь шүр болон брахиопод агуулдаг гэсэн мэдээ бий (Badarch et al., 2002).



Зураг 233. Сүмтнуур метакомплекс ба Шогшоохонгор ба Норовзээг формацын тунамал зузаалгийн зөөгдмөл цирконуудын гистограмм

Бидний явуулсан судалгаагаар Алаг баян уулын дүүрэгт дээд неопротерозойн Норовзээг формацад ангилагдсан зузаалаг нь урьд өмнө Монгол орны террейний зурагт Хутаг Уулын террейнд ангилагдаж байсан (Badarch et al., 2002) бол сүүлийн үеийн тектоник мужлалаар Өмнөд Говийн массивын Нүхэтдавааны блокод ангилагдах

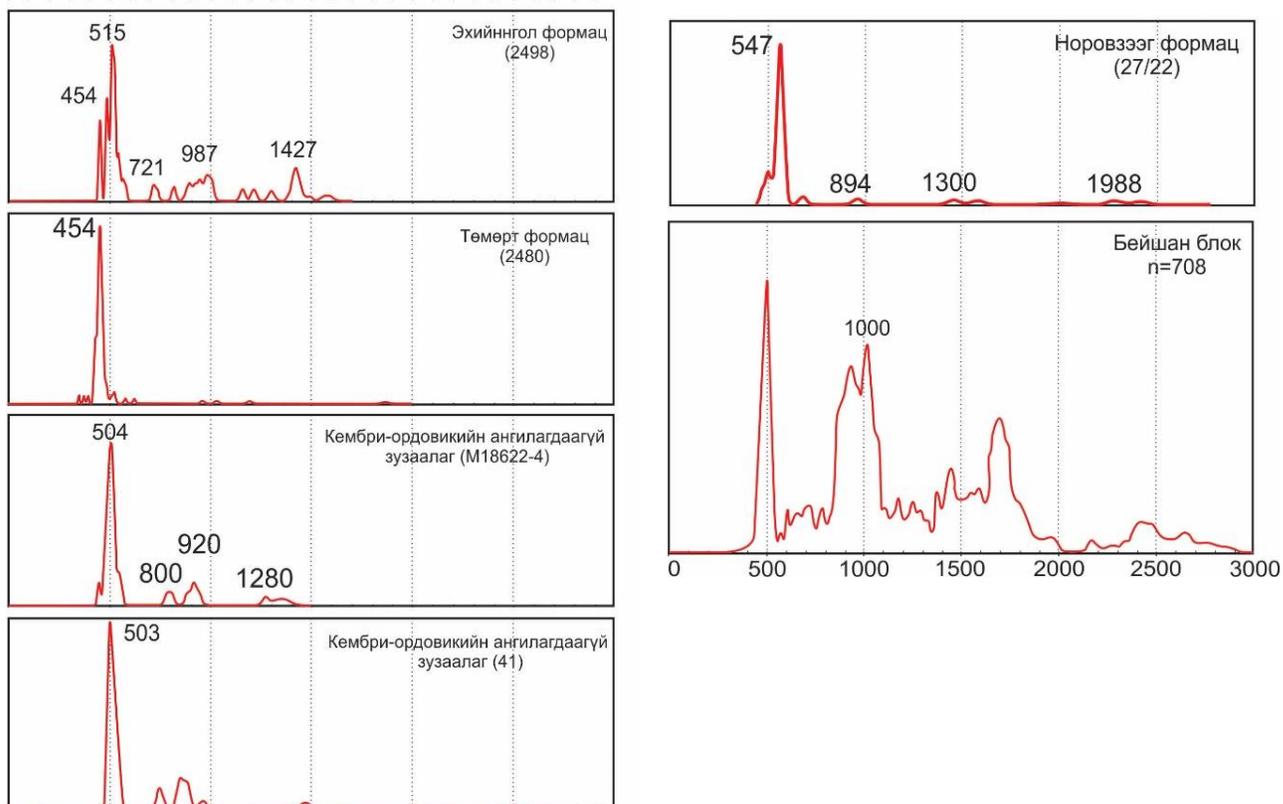
болсон ([Төмөртогоо, 2014, 2017](#)) талаар өмнө дурдсан. Насны хувьд ч уг зузаалаг нь ихээхэн маргаантай ирсэн байдгаас дурдвал, Дагва-Очир нар ([5384Ф](#)) 1:200000 масштабын геологийн зураглалын ажлаараа доод протерозойн Норовзээг бүрдэл болон доод-дунд рифейн Өргөн формацад тус тус ялгасан бол хожим нь УГЗ-200 төслийн ажлаар Норовзээг бүрдэлд ялгасан хэсгийг палеопротерозойн Хутагуул метакомплексод, харин Өргөн формацад зураглагдаж байсан хэсгийг дунд-дээд мезопротерозойн Норовзээг формацад тус тус ялгасан байдаг. Харин хамгийн сүүлд боловсруулагдсан Монгол орны 1:500000 масштабын геологийн зурагт тэдгээрийг нэгтгэн дээд болон доод хоёр мэмбэртэй палеозойн Хүрэнцав хэмээх формацад ангилжээ ([Эрдэнэчимэг нар., 2018, 8480Ф](#)). Ийнхүү өмнө хийгдсэн геологийн зураглалын ажлуудаар тус метаморф зузаалгийг тодорхой насны үндэслэлгүйгээр архейгаас палеозойн төвшинд, өөр өөр формац бүрдлүүдэд ангилж ирсэн байдаг.

Бидний явуулсан судалгаагаар тус зузаалаг нь амфиболитийн фаацын түвшинд хувиралд автсан гранат, пироксен агуулсан парагнейс, занаржсан шохойлог элсэн чулуу зонхилж бага хэмжээгээр амфиболит, кварцит, гантигний үе болон мэшил хэлбэрийн биет тохиолдохоос гадна тэдгээрийн дунд  $451.6 \pm 5.1$  с.ж-ийн настай гранулитийн будин ксенолитоор агуулагддаг болохыг тогтоолоо. Эдгээр чулуулгууд нь литологийн онцлогоороо өмнө талд байрлах Хутаг Уул ба Цагаан уулын блокуудын метаморф чулуулгуудаас эрс ялгаатай байдаг. Гарал үүслийн хувьд эдгээр метаморф зузаалаг нь хүчиллэг ба дундлаг найрлагатай эх үүсвэрээс эх газрын нумын нөхцөлд үүссэн байх магадлалтай ([Зураг 232](#)). Тус метаморф зузаалгийн насыг судалгааны өнөөгийн түвшинд дээд неопротерозойд ангилж Норовзээг формацад үлдээсэн бөгөөд мөн ийм төрлийн метаморфизмд автсан чулуулаг баруун тийш Говийн Тэнгэр уулын блокод тогтоогддоггүй тул бид уг зузаалгийг өмнөх Монгол орны террейний ангилалаар Норовзээг, Өргөн зэрэг формацууд илэрсэн Нүхэтдавааны блокод хэвээр үлдээх нь зүйтэй гэж үзэж байна. Иймд цаашид нэмэлт судалгаа явуулах зайлшгүй шаардлагатай.

Өмнөд говийн эртний массивын Говийн Тэнгэр уулын блокийн хэмжээнд атриат суурийн илрэлц одоогоор тогтоогдоогүй боловч тус блокийн баруун хэсэг, Атас богдын дүүрэгт палеозойгоос өмнөх насны талст суурийн метаморф чулуулгийн үлдэгдэл ангилагдах магадлалтай талаар мэдээлсэн нь бий ([Лхүндэв нар., 2013](#)). Иймээс бид блокийн хэмжээнд тус блокийн Атас Богд-Төмөртийн нуруу болон Цохиотын дүүрэгт тархалттай дүүргийн хэмжээнд хамгийн эртний хэмээн тооцогддог Төмөрт формацын вулканоген терриген хурдсын хэмжээнд төвлөрөн ажилласан. Уг судалгааны дүнд Атас Богдын нурууны өмнөд тал болон Төмөртийн нурууны дүүрэгт Төмөрт формацаар зураглагдсан зузаалгийн хэмжээнд кембри-ордовикийн хурдсыг шинээр ялгасан. Мөн Цохиотын дүүргийн Хан Богдын уулын өмнөд талд урьд өмнө Төмөрт, хожим нь Ундаан формацад ангилагдах болсон вулканоген зузаалгийн судалгааг явуулж тус зузаалгийг доод карбоны цаг үед болохыг тогтоон Цохиот формацад ялгасан болно.

Бидний судалгаагаар Төмөртийн бүсийн хэмжээнд анх удаа кембри-доод ордовикийн хурдсыг геохронологийн шинжилгээний дүнд үндэслэн тогтоосон нь нэг талаас бүс нутгийн геологийн зурагт бодитой тодотгол хийх боломжийг олгож

байгаагаас гадна нөгөө талаас зөөгдмөл цирконы бүрэлдэхүүнд доод неопротерозойгоос (741–900 сая жил) гадна мезопротерозой (1.3–1.4 тэрбум жил) ба палеопротерозойн (2.5 тэрбум жил) настай цирконууд тогтоогдож байгаа нь Өмнөд Говийн эртний массивын Говийн Тэнгэр уулын блокийн суурь бүрдэлд хэдийгээр одоогийн байдлаар гадаргуу дээр илэрсэн цухуйц тогтоогдоогүй боловч палеопротерозойгоос мезопротерозойн настай чулуулгууд оролцож байгаа болохыг батлан харууллаа (Зураг 234).



Зураг 234. Өмнөд говийн массивын Говийн Тэнгэр уулын блокийн кембри-ордовикийн ангилагдаагүй зузаалаг, Төмөрт ба Эхийнгол формацуудын тунамал чулуулгийн зөөгдмөл цирконуудын үнэмлэхүй насны тархалтын гистограмм. Харьцуулах зорилгоор Бейшан блокийн өгөөдлийг хамт үзүүлэв.

Төсөл хэрэгжих явцад судалгаанд хамрагдсан Хатанбулагийн ба Өмнөд говийн эртний массивуудын суурь ба хучаас бүрдлүүдийн хэмжээнд бий болсон шинэлэг өгөгдлүүдийг ашиглан бүс нутгийн давхрагазүйн ангилалд зарим шинэчлэл хийсэнийг Зураг 227; 229; 230-д тусган харуулсан болно.

## ЕРӨНХИЙ ДҮГНЭЛТ

- Төсөл хэрэгжихээс өмнө дөрөвхөн үнэмлэхүйн насны өгөгдөлтэй байсан Хатанбулаг ба Өмнөд Говийн эртний массивын Хутаг Уул, Цагаан Уул, Говийн Тэнгэр уул, Нүхтдавааны блокуудын суурь хэмээн үзэж ирсэн Хутаг-Уул, Сүмтнуур метакомплекс, палеопротерозойн ангилагдаагүй зузаалаг, Цээл, Норовзээг, Даргиат формацуудын метаморф хурдас болон тэдгээрийн хучаас болон холбогч бүрдлүүд болох палеозойн Хөөвөр, Хөхморьт, Төмөрт, Ундаан, Жирэм-Уул болон карбоны зарим вулканоген формацууд, ангилагдаагүй зузаалгийн хэмжээнд анх удаа геологи, петрографи, геохими ба геохронологийн судалгааг хослуулан явуулж үр дүнг нэгтгэн давхрагазүйн ангилалыг шинэчлэн боловсруулснаас гадна үүслийн геодинамик нөхцөл, гарал үүслийн асуудлыг шийдвэрлэх, улмаар өмнөх судалгааны өгөгдлүүдтэй харьцуулан бүс нутгийн хэмжээнд явагдсан маагмын идэвхшлийн үе шатуудыг тодруулах, хүдэржилтийн ерөнхий зүйтогтлыг илрүүлэх боломжийг бүрдүүлсэн олон тооны шинэлэг мэдлэг, мэдээлэлүүдийг бий болголоо.
- Хатанбулагийн эртний массивын Хутаг Уулын блокийн суурь болох Хутаг-Уул метакомплексыг дунд-дээд палеопротерозойд, Цээл формацыг дунд-дээд мезопротерозойд тус тус ангилсан бөгөөд тус блокийг зүүн тийш Хятадын нутагт тасалдалтайгаар илэрдэг Шилийнхот (Xilinhot) метакомплексын үргэлжлэл гэж үздэг судлаачдын таамаглалыг литологи, геохими, геохронологийн өгөгдлүүдээр батлан харууллаа. Мөн Хутаг-Уул метакомплексын бүрэлдэхүүнд нийтлэг тохиолддог цайвар саарал, хөхөвтөр саарал өнгийн ортогнейсүүдэд  $1010 \pm 9$  ба  $942 \pm 9.7$  с.ж хооронд нас нь хэлбэлзэх доод неопротерозойн талсжилтын нас тогтоогдсонд үндэслэн эдгээр ортогнейсүүдийг тус бүс нутагт ялгагддаг түрүү неопротерозойн Холбоонуур бүрдэлд ангилах нь зүйтэй гэж үзлээ. Эдгээр ортогнейсүүдийн геохимийн онцлог нь синколлизийн болон фракцлагдсан гранитийн шинжтэй бөгөөд магадгүй коллизийн дараах тэлэлтийн процессын явцад үүссэн байж болохоор байна. Цаашид нарийвчлан судлах шаардлагатай.
- Палеопротерозойд ангилагдаж байсан зузаалгийн протолитийг 925 - 770 с.ж хооронд буюу доод неопротерозойд үүссэн болохыг тогтоосноор нэг талаас Цагаан Уулын блокийн хэмжээнд эртний суурийн цухуйц оршин байгааг баталсан бөгөөд нөгөө талаас мезопротерозой ба палеопротерозойн настай чулуулаг тус бүс нутгийн хэмжээнд тогтоогдох боломжтой болохыг нотлон харууллаа. Энэхүү зузаалаг нь хил залгаа Хятадын нутагт Ягаан хувирмал цөм бүрдлийн хэмжээнд тогтоогдсон  $916 \pm 16$  с.ж настай гнейсийн хамт нэгэн эртний суурийн цухуйцыг илэрхийлнэ. Түүнчлэн геохронологийн шинжилгээний дүнгээр гренвиллийн орогентой холбоотой байж болох 1188 с.ж настай цирконууд тогтоогдсон боловч Хутаг уулын блокийн хэмжээнд Цагаан Уулын блокийн адилаар доод неопротерозойн хурдас хуримтлал явагдаагүй, харин энэ цаг үед гранитын интрузивүүдийн түрэлт явагдаж хурдас хуримтлалын тасалдал илэрч байгааг тогтоолоо. Иймээс судалгааны өнөөгийн түвшинд тус хоёр блокийг нэгэн эртний массивын хэсгүүд гэж үзэх найдвартай үндэслэл бий болоогүй болно.

- Өмнөд Говийн эртний массивын Нүхтдаваа блокийн суурийн цухуйц хэмээн үзэж палеопротерозой, мезопротерозой гэх зэргээр ангилж ирсэн Сүмтнуур метакомплексийн занаржсан метаэлсэн чулуу, занар, гнейс болон амфиболит зэргээс тогтох зузаалгийг доод ордовикийн (~478 - 460 с.ж) үед эх газрын нумын нөхцөлд үүссэн болохыг тогтоосон. Түүнчлэн Сүмтнуур метакомплексийн чулуулаг нь ойролцоогоор түрүү силүрийн үед амфиболитийн фаацын метаморфизмд автсан байх магадлалтай бөгөөд энэ үед альмандины бүлгийн иттрийн гранат үүссэн бол хожуу девон болон пермь-триасын үед идэвхжсэн гидротермал уусмалын нэвчилтийн нөлөөгөөр ГХЭ-ийн өндөр агуулга бүхий ксенотим ба монацит үүссэн болохыг илрүүлээ. Мөн геохронологийн шинжилгээний дүнгээр зөөгдмөл цирконуудын бүрэлдэхүүнд 742 – 894 с.ж настай цирконууд бага хэмжээтэйгээр байнга тохиолдож байгаа нь хурдас хуримтлалд тухайн насны эх үүсвэрээс зөөгдөл хуримтлал явагдсан болох нь тодорхой байна. Судалгааны өнөөгийн түвшинд Сүмтнуур метакомплексод ангилагдаж байсан тус зузаалаг нь зүүн тийш хөрш зэргэлдээ Хятадын нутагт тогтоогддог Улиастайн эх газрын идэвхтэй захтай харьцуулагдах боломжтой байна.
- Өмнөд Говийн эртний массивын Говийн Тэнгэр Уулын блокийн хэмжээнд зураглагддаг Төмөртийн бүсийн хэмжээнд анх удаа кембри-доод ордовикийн хурдсыг геохронологийн шинжилгээний дүнд үндэслэн тогтоосон нь нэг талаас бүс нутгийн геологийн зурагт бодитой тодотгол хийх боломжийг олгож байгаагаас гадна нөгөө талаас зөөгдмөл цирконы бүрэлдэхүүнд доод неопротерозойгоос (741–900 сая жил) гадна мезопротерозой (1.3–1.4 тэрбум жил) ба палеопротерозойн (2.5 тэрбум жил) настай цирконууд тогтоогдож байгаа нь Өмнөд Говийн эртний массивын Говийн Тэнгэр уулын блокийн суурь бүрдэлд хэдийгээр одоогийн байдлаар гадаргуу дээр илэрсэн цухуйц тогтоогдоогүй боловч палеопротерозойгоос мезопротерозойн настай чулуулгууд оролцож байгаа болохыг батлан харууллаа. Геохронологийн шинжилгээний дүнгээр илэрсэн цирконуудын насны өгөгдлийг эртний кратонууд болон блокуудын өгөгдлүүдтэй харьцуулж үзвэл Хятадын нутагт тогтоогддог Бейшан блокоос эх үүсвэртэй байж болохоор байна.
- Төслийн гүйцэтгэгчид төслийн талбайн судалгааны ажлын үр дүнг ашиглан кембрийн өмнөх болон палеозойн метаморф, вулканоген, тунамал хурдас болон интрузив бүрдлийн петрографи, геохими, геохронологи, микропалеонтологийн чиглэлээр олон улсын мэргэжлийн сэтгүүлд 3, үндэсний мэргэжлийн сэтгүүлд 9, нийт 12 эрдэм шинжилгээний бүрэн хэмжээний өгүүлэл хэвлүүлж 5 эрдэм шинжилгээний илтгэлийг хэлэлцүүлсэн бөгөөд 2 залуу судлаач магистрийн зэрэг хамгаалж, 4 судлаач докторантурт суралцаж байна. Одоогийн байдлаар төслийн үр дүнгээр 4-5 эрдэм шинжилгээний бүрэн хэмжээний өгүүлэл боловсруулан хэвлүүлж олон улсын болон үндэсний мэргэжлийн сэтгүүлүүдэд хэвлүүлэн нийтийн хүртээл болгохоор ажиллаж байгаа болно.

## ХАВСРАЛТ 1. ХҮСНЭГТИЙН ЖАГСААЛТ

- Хүснэгт 1. Баян-Овоо дүүргийн протерозойн метаморф чулуулгуудын гол ислүүдийн агуулга
- Хүснэгт 2. Баян-Овоо дүүргийн протерозойн метаморф чулуулгуудын голлох элементүүдийн агуулга
- Хүснэгт 3. Баян-Овоо дүүргийн Хутаг-Уул метакомплексор зураглагдсан кварц-биотитот гнейсийн SM1868-13 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн
- Хүснэгт 4. Баян-Овоо дүүргийн Хутаг-Уул метакомплексор зураглагдсан гнейсийн SM1868-15 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн
- Хүснэгт 5. Баян-Овоо дүүргийн Жирэм-Уул формацын тунамал чулуулгуудын гол ислүүдийн агуулга
- Хүснэгт 6. Баян-Овоо дүүргийн Жирэм-Уул формацын тунамал чулуулгуудын голлох элементүүдийн агуулга
- Хүснэгт 7. Баян-Овоо дүүргийн Жирэмуул формацын элсэн чулууны SM17611 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн
- Хүснэгт 8. Даргиат уулын дүүргийн тунамал чулуулгуудын гол ислүүдийн агуулга
- Хүснэгт 9. Даргиат уулын дүүргийн тунамал чулуулгуудын голлох элементүүдийн агуулга
- Хүснэгт 10. Цагаан уулын дүүргийн протерозойн гранат агуулсан хоёр гялтгануурт парагнейсийн 2509 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн
- Хүснэгт 11/1-2. Хөрхийн нурууны дүүргийн тунамал-вулканоген чулуулгуудын гол ислүүдийн агуулга
- Хүснэгт 12. Хөрхийн нурууны дүүргийн тунамал-вулканоген чулуулгуудын голлох элементүүдийн агуулга
- Хүснэгт 13/1-2. Алаг баян уулын дүүргийн Хутаг-Уул метакомплекс ба Норовзээг формац тунамал-вулканоген чулуулгуудын гол ислүүдийн агуулга
- Хүснэгт 14/1-2. Алаг баян уулын дүүргийн Хутаг-Уул метакомплекс ба Норовзээг формац тунамал-вулканоген чулуулгуудын голлох элементүүдийн агуулга
- Хүснэгт 15/1-2. Цохиотын дүүргийн Ундаан формацын вулканоген чулуулгуудын гол ислүүдийн агуулга
- Хүснэгт 16. Цохиотын дүүргийн Ундаан формацын вулканоген чулуулгуудын голлох элементүүдийн агуулга
- Хүснэгт 17. Цохиотын дүүргийн M17622-1 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн
- Хүснэгт 18. Цохиотын дүүргийн M17622-13 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн
- Хүснэгт 19/1-6. Цохиотын дүүргийн девоны баянбулаг болон карбоны формацууд гол ислүүдийн болон голлох элементүүдийн агуулга
- Хүснэгт 20. Цохиотын дүүргийн 16Z10 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн
- Хүснэгт 21. Цохиотын дүүргийн 16Z26 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн
- Хүснэгт 22. Цохиотын дүүргийн 16Z27 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн
- Хүснэгт 23. Цохиотын дүүргийн 16Z36 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн
- Хүснэгт 24. Цохиотын дүүргийн 16Z45 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн
- Хүснэгт 25. Цохиотын дүүргийн 16Z50 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн
- Хүснэгт 26. Цохиотын дүүргийн 16Z57 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн
- Хүснэгт 27. Цохиотын дүүргийн 16Z61 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн
- Хүснэгт 28. Цохиотын дүүргийн 16Z64 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн
- Хүснэгт 29. Цохиотын дүүргийн 16Z66 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн
- Хүснэгт 30. Цохиотын дүүргийн 16Z76 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн
- Хүснэгт 31. Цохиотын дүүргийн 16Z77 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн
- Хүснэгт 32. Цохиотын дүүргийн 16Z79 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн

Баян-Овоо дүүргийн протерозойн метаморф чулуулгуудын гол ислүүдийн агуулга (жин.%)

Хүснэгт 1

Элемент/дээж	SM1868-12	SM1868-13	SM1868-14	SM1868-15	SM1868-10
	Занар	Гнейс	Занар	Гранит гнейс	Элсжин
SiO <sub>2</sub>	69.46	69.73	61.83	70.35	74.16
TiO <sub>2</sub>	1.02	0.54	0.91	0.33	0.62
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.81	12.52	18.68	14.93	13.3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.27	2.95	6.43	2.3	3.59
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0.03	0.03	0.05	0.02	0.01
MgO	1.7	1.46	2	0.75	1.11
CaO	1.5	1.37	0.36	0.69	0.26
Na <sub>2</sub> O	2.65	3.21	0.67	3.35	3.29
K <sub>2</sub> O	4.34	2.18	4.97	6.14	1.75
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.06	0.07	0.1	0.12	0.17
L.O.I	1.17	1.21	3.26	0.67	2.08
Total	100.01	95.27	99.26	99.65	100.34
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +MgO	4.97	4.41	8.43	3.05	4.78
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /SiO <sub>2</sub>	0.21	0.18	0.30	0.21	0.18
(K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O)	0.21	-0.17	0.87	0.26	-0.27
Si	336.19	393.07	268.49	359.95	441.95
(Al+Fm)- (C+Alk)	32.81	32.73	63.49	19.17	45.39
Ca+Mg	69.74	64.49	58.38	31.23	-
Fe+Al+Ti	327.70	288.06	435.78	314.72	-

Баян-Овоо дүүргийн протерозойн метаморф чулуулгуудын голлох элементүүдийн агуулга (ppm)

Хүснэгт 2

Элемент/дээж	SM1868-12	SM1868-13	SM1868-14	SM1868-15	SM1868-10
	Занар	Гнейс	Занар	Гранит гнейс	Элсжин
Rb	141.0	87.1	219.0	373.0	51.0
Ba	627.0	526.0	690.0	523.0	448.0
La	50.9	27.0	35.8	71.1	23.8
Ce	111.0	59.4	74.7	160.0	45.7
Pr	12.4	6.6	9.3	18.8	5.1
Nd	44.7	24.0	33.7	63.6	19.2
Sm	8.0	5.0	6.9	14.0	4.1
Eu	2.1	1.3	1.5	0.7	1.1
Gd	7.3	4.7	6.8	12.3	3.3
Tb	1.2	0.8	1.2	2.1	0.5
Dy	6.9	4.7	7.4	13.2	3.0
Ho	1.5	1.0	1.6	2.8	0.7
Er	4.3	2.7	4.5	8.0	1.8
Tm	0.6	0.4	0.7	1.2	0.3
Yb	4.0	2.5	4.2	7.2	2.0
Lu	0.6	0.4	0.6	1.0	0.3
Sr	144.0	166.0	36.0	95.0	128.0
Th	16.7	13.9	19.2	60.9	4.6
U	3.2	2.6	3.4	6.8	1.4
Zr	335.0	260.0	256.0	222.0	189.0
Hf	8.0	6.0	5.0	7.0	5.0
Y	35.1	21.8	33.9	70.1	16.0
Nb	15.0	7.0	13.0	20.0	7.0
Sc	15.0	8.0	18.0	6.0	9.0
V	80.0	47.0	120.0	22.0	79.0
Cr	181.0	84.0	109.0	126.0	113.0
Co	7.5	5.8	15.7	3.9	8.7
Cu	14.0	10.0	15.0	10.0	10.0
Ni	21.0	80.0	41.0	121.0	37.0
Zn	25.0	30.0	59.0	44.0	51.0
LREE	236.4	127.91	168.64	340.5	102.25
HREE	19.11	12.56	20.15	35.55	8.58
ΣREE	255.51	140.47	188.79	376.05	110.83
LREE/HREE	12.370	10.184	8.369	9.578	11.917

Баян-Овоо дүүргийн Хутаг-Уул метакомплексор зураглагдсан кварц-биотитот гнейсийн SM1868-13 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн

Хүснэгт 3

Мөхлөг	Харьцаа						Нас, сая жил						
	no.	Th/U	207Pb/206Pb	1σ	207Pb/235U	1σ	206Pb/238U	1σ	207Pb/206Pb	1σ	207Pb/235U	1σ	206Pb/238U
SM1868-13-61	0.6	0.0530	0.0030	0.2026	0.0099	0.0294	0.0006	328	130	187	8	187	3
SM1868-13-54	0.78	0.0537	0.0023	0.2842	0.0095	0.0383	0.0004	367	96	254	7	242	2
SM1868-13-28	0.70	0.0507	0.0017	0.3015	0.0097	0.0431	0.0004	228	76	268	8	272	2
SM1868-13-69	0.50	0.0528	0.0017	0.3234	0.0098	0.0443	0.0004	320	68	284	8	279	3
SM1868-13-01	0.3	0.0587	0.0014	0.6479	0.0152	0.0795	0.0007	566	52	507	9	493	4
SM1868-13-05	0.8	0.0593	0.0022	0.6654	0.0259	0.0807	0.0006	589	82	518	16	500	4
SM1868-13-46	0.8	0.0628	0.0012	0.8956	0.0170	0.1028	0.0010	700	41	649	9	631	6
SM1868-13-03	0.46	0.0677	0.0019	1.4477	0.0399	0.1542	0.0014	859	-142	909	17	924	8
SM1868-13-29	0.7	0.0790	0.0017	1.8856	0.0404	0.1725	0.0012	1172	41	1076	14	1026	7
SM1868-13-25	0.3	0.0796	0.0019	2.2146	0.0547	0.2004	0.0017	1187	48	1186	17	1178	9
SM1868-13-20	0.64	0.0808	0.0029	2.2440	0.0790	0.2004	0.0022	1217	72	1195	25	1178	12
SM1868-13-24	1.1	0.0767	0.0025	2.2306	0.0726	0.2096	0.0022	1114	63	1191	23	1227	12
SM1868-13-31	0.4	0.0811	0.0020	2.3527	0.0648	0.2100	0.0028	1233	50	1228	20	1229	15
SM1868-13-48	0.7	0.0831	0.0022	2.4296	0.0655	0.2104	0.0019	1272	52	1251	19	1231	10
SM1868-13-35	0.7	0.0812	0.0018	2.3612	0.0534	0.2105	0.0019	1225	49	1231	16	1232	10
SM1868-13-13	0.8	0.0775	0.0020	2.2746	0.0575	0.2112	0.0020	1144	50	1204	18	1235	11
SM1868-13-17	0.72	0.0807	0.0021	2.4101	0.0620	0.2152	0.0021	1213	52	1246	18	1257	11
SM1868-13-70	0.7	0.0869	0.0022	2.6195	0.0672	0.2173	0.0019	1358	49	1306	19	1268	10
SM1868-13-51	0.4	0.0818	0.0018	2.4781	0.0554	0.2183	0.0019	1240	44	1266	16	1273	10
SM1868-13-50	0.7	0.0826	0.0022	2.5074	0.0671	0.2185	0.0019	1261	58	1274	19	1274	10
SM1868-13-15	0.7	0.0862	0.0018	2.6250	0.0552	0.2191	0.0021	1343	41	1308	16	1277	11
SM1868-13-67	1.6	0.0853	0.0028	2.6033	0.0823	0.2206	0.0025	1322	63	1302	23	1285	13
SM1868-13-06	0.6	0.0852	0.0019	2.6065	0.0594	0.2210	0.0020	1320	43	1302	17	1287	10
SM1868-13-55	0.5	0.0783	0.0018	2.4069	0.0555	0.2216	0.0020	1154	47	1245	17	1291	10
SM1868-13-68	1.4	0.0877	0.0021	2.7539	0.0619	0.2262	0.0018	1377	45	1343	17	1315	9
SM1868-13-10	1.4	0.0886	0.0024	2.7751	0.0746	0.2269	0.0025	1395	56	1349	20	1318	13
SM1868-13-11	0.6	0.0811	0.0019	2.5708	0.0606	0.2287	0.0019	1233	47	1292	17	1327	10
SM1868-13-04	0.5	0.0825	0.0018	2.6984	0.0603	0.2361	0.0022	1257	44	1328	17	1367	11
SM1868-13-32	0.9	0.0869	0.0022	2.8392	0.0743	0.2366	0.0025	1358	48	1366	20	1369	13
SM1868-13-09	1.2	0.0871	0.0022	2.8876	0.0712	0.2401	0.0024	1361	44	1379	19	1387	13
SM1868-13-12	0.5	0.0886	0.0022	3.0546	0.0766	0.2483	0.0023	1395	48	1421	19	1430	12
SM1868-13-22	0.54	0.0893	0.0024	3.0933	0.0820	0.2496	0.0023	1413	52	1431	20	1436	12
SM1868-13-58	0.29	0.0887	0.0021	3.1124	0.0754	0.2518	0.0025	1398	45	1436	19	1448	13
SM1868-13-18	0.8	0.0874	0.0021	3.0747	0.0730	0.2531	0.0023	1369	47	1426	18	1454	12
SM1868-13-23	1.0	0.0916	0.0021	3.2366	0.0728	0.2546	0.0022	1458	44	1466	17	1462	11
SM1868-13-63	0.45	0.0940	0.0022	3.3562	0.0756	0.2565	0.0023	1507	43	1494	18	1472	12
SM1868-13-42	0.7	0.0874	0.0020	3.1357	0.0688	0.2582	0.0024	1369	44	1441	17	1481	12
SM1868-13-38	0.9	0.0914	0.0022	3.3203	0.0783	0.2624	0.0025	1455	45	1486	18	1502	13
SM1868-13-57	0.7	0.0929	0.0021	3.4253	0.0756	0.2658	0.0024	1485	43	1510	17	1519	12
SM1868-13-40	0.07	0.1023	0.0021	3.7965	0.0777	0.2671	0.0023	1666	38	1592	16	1526	12
SM1868-13-41	0.6	0.0929	0.0024	3.4803	0.0891	0.2697	0.0031	1487	53	1523	20	1539	16
SM1868-13-16	0.5	0.0988	0.0019	3.9831	0.0789	0.2899	0.0029	2000	36	1631	16	1641	14
SM1868-13-08	0.9	0.1041	0.0025	4.1853	0.1007	0.2908	0.0025	1698	44	1671	20	1645	13
SM1868-13-27	0.7	0.1006	0.0023	4.1028	0.0937	0.2946	0.0025	1635	41	1655	19	1664	13
SM1868-13-26	0.6	0.1011	0.0024	4.1630	0.1034	0.2968	0.0028	1644	44	1667	20	1676	14
SM1868-13-07	0.2	0.1047	0.0024	4.3100	0.1015	0.2971	0.0027	1709	36	1695	19	1677	14
SM1868-13-53	0.4	0.1072	0.0023	4.4742	0.1006	0.3009	0.0031	1752	34	1726	19	1696	15
SM1868-13-14	0.7	0.1112	0.0024	4.7023	0.1045	0.3040	0.0032	1820	39	1768	19	1711	16
SM1868-13-45	0.1	0.1059	0.0020	4.5144	0.0836	0.3064	0.0026	1731	34	1734	15	1723	13
SM1868-13-34	1.0	0.1069	0.0021	4.5427	0.0934	0.3071	0.0025	1747	36	1739	17	1726	12
SM1868-13-39	1.0	0.1099	0.0022	4.7442	0.0951	0.3112	0.0028	1798	37	1775	17	1747	14
SM1868-13-65	0.40	0.1123	0.0026	4.9848	0.1147	0.3194	0.0031	1836	43	1817	19	1787	15
SM1868-13-52	0.8	0.1086	0.0024	4.9870	0.1105	0.3310	0.0029	1776	8	1817	19	1843	14
SM1868-13-21	0.2	0.1564	0.0031	9.5305	0.1935	0.4376	0.0038	2417	33	2390	19	2340	17

Баян-Овоо дүүргийн Хутаг-Уул метакомплексор зураглагдсан гнейсийн SM1868-15 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн

Хүснэгт 4

Мөхлөг но.	Харьцаа						Нас, сая жил						
	Th/U	207Pb/206Pb	1σ	207Pb/235U	1σ	206Pb/238U	1σ	207Pb/206Pb	1σ	207Pb/235U	1σ	206Pb/238U	1σ
SM1668-15-22	0.46	0.0566	0.0023	0.3732	0.0166	0.0467	0.0005	476	91	322	12	294	3
SM1668-15-05	0.52	0.0575	0.0019	0.6287	0.0197	0.0786	0.0006	509	77	495	12	487	4
SM1668-15-07	1.15	0.0594	0.0027	0.6336	0.0230	0.0789	0.0010	583	98	498	14	490	6
SM1668-15-23	0.16	0.0617	0.0012	0.7139	0.0151	0.0837	0.0008	663	43	547	9	518	5
SM1668-15-09	0.46	0.0639	0.0015	0.7559	0.0167	0.0851	0.0008	739	52	572	10	527	4
SM1668-15-16	0.59	0.0660	0.0014	0.9397	0.0198	0.1030	0.0010	806	44	673	10	632	6
SM1668-15-13	0.74	0.0657	0.0017	0.9599	0.0236	0.1064	0.0014	798	56	683	12	652	8
SM1668-15-06	0.60	0.0734	0.0019	1.1048	0.0290	0.1073	0.0010	1025	52	756	14	657	6
SM1668-15-19	0.45	0.0655	0.0015	0.9814	0.0233	0.1084	0.0009	791	48	694	12	663	5
SM1668-15-18	0.42	0.0703	0.0017	1.0657	0.0269	0.1093	0.0012	937	51	737	13	669	7
SM1668-15-20	0.18	0.0679	0.0014	1.0674	0.0246	0.1135	0.0011	866	38	737	12	693	6
SM1668-15-04	0.82	0.0656	0.0015	1.0575	0.0243	0.1156	0.0013	792	46	733	12	705	7
SM1668-15-14	0.23	0.0696	0.0015	1.1447	0.0257	0.1186	0.0011	917	43	775	12	722	6
SM1668-15-01	0.82	0.0636	0.0018	1.0532	0.0287	0.1203	0.0021	728	27	730	14	732	12
SM1668-15-11	0.18	0.0693	0.0014	1.1698	0.0253	0.1213	0.0011	909	43	787	12	738	6
SM1668-15-03	0.58	0.0783	0.0017	1.3943	0.0306	0.1275	0.0013	1167	38	887	13	773	7
SM1668-15-12	0.48	0.0680	0.0015	1.2526	0.0289	0.1324	0.0013	869	40	825	13	802	8
SM1668-15-02	0.45	0.0707	0.0016	1.3135	0.0311	0.1332	0.0013	948	46	852	14	806	8
SM1668-15-10	0.48	0.0714	0.0014	1.3371	0.0261	0.1346	0.0011	969	40	862	11	814	6
SM1668-15-17	0.46	0.0690	0.0014	1.3092	0.0284	0.1370	0.0012	898	42	850	12	828	7
SM1668-15-15	0.62	0.0657	0.0015	1.2457	0.0278	0.1373	0.0011	798	55	821	13	830	6
SM1668-15-08	0.67	0.0728	0.0018	1.5550	0.0376	0.1532	0.0016	1009	46	952	15	919	9
SM1668-15-21	0.69	0.0897	0.0016	2.7796	0.0537	0.2242	0.0022	1420	35	1350	14	1304	12

Баян-Овоо дүүргийн Жирэм-Уул формацын тунамал чулуулгуудын гол ислүүдийн агуулга (жин.%)

Хүснэгт 5

Дээж/элемент	SM31-4	SM31-4-1	SM31-4-2	SM31-4-3	SM17611-3.2	SM17611-3.3
SiO2	52.76	62.06	43.82	52.86	87.24	81.58
TiO2	0.41	0.40	0.41	0.36	0.11	0.40
Al2O3	3.21	3.20	3.01	3.16	6.43	8.96
Fe2O3	2.78	3.11	2.15	1.85	1.12	2.08
MnO	0.07	0.07	0.07	0.06	0.01	0.01
MgO	0.91	0.95	1.67	1.78	0.41	0.58
CaO	21.57	15.75	26.45	21.43	1.06	0.77
Na2O	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	1.21
K2O	0.88	0.77	0.64	0.71	1.89	2.69
P2O5	0.06	0.08	0.04	0.08	0.04	0.07
LOI	17.92	13.61	22.19	18.33	2.26	2.05
SUM	100.44	100.00	100.32	100.47	100.48	100.42
Fe2O3/K2O	0.49	0.60	0.52	0.41	-0.22	-0.11
SiO2/Al2O3	1.21	1.28	1.16	1.22	1.13	0.95
Fe2O3+MgO	3.69	4.06	3.82	3.63	1.53	2.66
CaO+Na2O	22.45	16.52	27.09	22.14	2.95	3.46
ICV	8.16	6.45	10.29	8.17	0.69	0.81
CIA	7.40	9.80	5.80	7.40	62.30	59.40

Баян-Овоо дүүргийн Жирэм-Уул формацын тунамал чулуулгуудын голлох элементүүдийн агуулга  
(ppm)

Хүснэгт 6

Дээж/элемент	SM31-4	SM31-4-1	SM31-4-2	SM31-4-3	SM17611-3.2	SM17611-3.3
Rb	43.8	38.5	28.8	29.5	71.3	99.4
Ba	95.0	734.0	132.0	124.0	158.0	291.0
La	11.6	12.8	13.5	14.3	10.4	15.6
Ce	26.9	31.4	31.5	33.9	17.8	26.3
Pr	3.7	4.4	3.9	4.2	2.1	3.1
Nd	16.0	18.6	16.1	17.9	8.1	11.5
Sm	3.7	4.3	3.5	4.3	1.6	2.2
Eu	0.8	1.0	0.7	0.8	0.4	0.6
Gd	3.6	4.0	3.5	4.3	1.4	2.1
Tb	0.6	0.7	0.6	0.7	0.2	0.3
Dy	3.3	3.9	3.6	4.2	1.4	1.8
Ho	0.7	0.7	0.7	0.8	0.3	0.4
Er	2.0	2.2	2.1	2.2	0.9	1.3
Tm	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.2
Yb	1.7	1.9	2.0	2.1	0.8	1.1
Lu	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.2
Sr	113.0	110.0	122.0	124.0	26.0	69.0
Th	2.2	2.1	2.3	1.6	6.4	7.1
U	0.8	0.9	0.9	1.0	0.7	1.3
Zr	93.0	120.0	189.0	55.7	294.0	785.0
Hf	3.0	4.0	5.0	2.0	1.0	4.0
Y	18.4	20.1	19.0	23.2	6.8	8.7
Nb	3.0	3.0	5.0	3.0	3.0	7.0
Sc	7.0	7.0	5.0	5.0	5.0	5.0
V	53.0	50.0	35.0	31.0	18.0	28.0
Cr	64.0	79.0	32.0	37.0	215.0	184.0
Co	7.6	10.5	7.4	7.5	2.5	3.1
Cu	10.0	10.0	10.0	26.0	12.0	10.0
Ni	11.0	22.0	9.0	12.0	15.0	14.0
Zn	16.0	119.0	24.0	28.0	14.0	19.0
LREE	66.2	76.4	72.7	79.7	41.8	61.3
HREE	8.8	9.9	9.5	10.7	3.8	5.2
ΣREE	75.0	86.3	82.2	90.4	45.6	66.5
LREE/HREE	7.5	7.7	7.6	7.4	11.0	11.8
Th/Sc	0.3	0.3	0.5	0.3	1.3	1.4
Zr/Sc	13.3	17.1	37.8	11.1	58.8	157.0
Th/U	0.7	0.6	0.7	0.4	2.4	1.4
La/Sc	1.7	1.8	2.7	2.9	2.1	3.1
Ti/Zr	0.002	0.001	0.001	0.003	0.0002	0.0002

**Баян-Овоо дүүргийн Жирэмуул формацын элсэн чулууны SM17611 дээжний үнэмлэхүй насны  
шинжилгээний дүн**

*Хүснэгт 7*

Мөхлөг	Харьцаа						Нас, сая жил						
	Th/U	207Pb/206Pb	1σ	207Pb/235U	1σ	206Pb/238U	1σ	207Pb/206Pb	1σ	207Pb/235U	1σ	206Pb/238U	1σ
S17611-73	0.9	0.0552	0.0024	0.3369	0.0143	0.0443	0.0005	420	99	295	11	279	3
S17611-17	0.9	0.0555	0.0027	0.4030	0.0169	0.0524	0.0006	432	140	344	12	329	4
S17611-02	1.2	0.0529	0.0031	0.3832	0.0209	0.0541	0.0008	324	133	329	15	340	5
S17611-38	0.8	0.0593	0.0022	0.4441	0.0155	0.0541	0.0005	589	80	373	11	340	3
S17611-33	0.6	0.0532	0.0035	0.3978	0.0230	0.0542	0.0010	345	145	340	17	340	6
S17611-36	0.6	0.0587	0.0043	0.4283	0.0288	0.0543	0.0010	567	161	362	20	341	6
S17611-82	0.7	0.0559	0.0021	0.4195	0.0152	0.0545	0.0006	456	83	356	11	342	4
S17611-53	0.7	0.0553	0.0020	0.4187	0.0148	0.0548	0.0006	433	81	355	11	344	4
S17611-39	0.6	0.0563	0.0034	0.4268	0.0256	0.0548	0.0009	465	133	361	18	344	6
S17611-01	0.7	0.0552	0.0017	0.4218	0.0127	0.0551	0.0006	420	67	357	9	346	4
S17611-47	0.9	0.0533	0.0026	0.4105	0.0193	0.0555	0.0006	343	109	349	14	348	4
S17611-56	0.6	0.0568	0.0031	0.4311	0.0227	0.0557	0.0009	483	116	364	16	350	5
S17611-34	0.8	0.0521	0.0020	0.4059	0.0153	0.0562	0.0005	300	81	346	11	352	3
S17611-76	1.1	0.0561	0.0016	0.4361	0.0120	0.0564	0.0005	454	63	368	9	354	3
S17611-04	0.6	0.0537	0.0014	0.4196	0.0112	0.0565	0.0005	367	61	356	8	354	3
S17611-75	0.7	0.0523	0.0023	0.4148	0.0184	0.0571	0.0006	302	98	352	13	358	4
S17611-26	0.7	0.0550	0.0019	0.4356	0.0147	0.0571	0.0006	409	78	367	10	358	4
S17611-43	0.8	0.0529	0.0027	0.4154	0.0204	0.0572	0.0007	324	112	353	15	359	4
S17611-95	1.0	0.0543	0.0019	0.4294	0.0143	0.0575	0.0006	383	78	363	10	360	4
S17611-25	0.5	0.0540	0.0031	0.4328	0.0218	0.0579	0.0007	372	128	365	15	363	4
S17611-50	0.5	0.0534	0.0016	0.4318	0.0125	0.0585	0.0006	346	69	364	9	367	3
S17611-100	0.6	0.0521	0.0029	0.4276	0.0224	0.0595	0.0007	300	121	361	16	373	4
S17611-21	0.5	0.0539	0.0022	0.4572	0.0192	0.0610	0.0008	369	93	382	13	382	5
S17611-54	0.7	0.0509	0.0041	0.4288	0.0313	0.0637	0.0007	235	183	362	22	398	4
S17611-59	0.2	0.0551	0.0014	0.4869	0.0120	0.0639	0.0006	417	53	403	8	399	3
S17611-13	0.6	0.0571	0.0019	0.5090	0.0162	0.0640	0.0006	498	74	418	11	400	4
S17611-05	0.6	0.0584	0.0026	0.5168	0.0213	0.0647	0.0006	546	100	423	14	404	3
S17611-41	0.7	0.0608	0.0021	0.5516	0.0182	0.0654	0.0006	632	68	446	12	408	4
S17611-79	0.6	0.0586	0.0025	0.5291	0.0225	0.0655	0.0008	554	99	431	15	409	5
S17611-37	0.9	0.0470	0.0138	0.5587	0.1329	0.0660	0.0012	50	581	451	87	412	7
S17611-77	0.8	0.0556	0.0019	0.5079	0.0172	0.0665	0.0007	435	78	417	12	415	5
S17611-03	0.5	0.0626	0.0031	0.5710	0.0263	0.0666	0.0009	694	107	459	17	415	5
S17611-29	0.6	0.0565	0.0016	0.5217	0.0142	0.0666	0.0007	472	95	426	9	416	4
S17611-97	0.4	0.0561	0.0017	0.5224	0.0155	0.0672	0.0006	457	67	427	10	419	4
S17611-78	0.6	0.0556	0.0015	0.5185	0.0134	0.0675	0.0007	439	53	424	9	421	4
S17611-71	0.5	0.0577	0.0028	0.5372	0.0257	0.0675	0.0007	517	107	437	17	421	4
S17611-58	0.2	0.0561	0.0016	0.5240	0.0145	0.0675	0.0006	457	61	428	10	421	4
S17611-93	0.5	0.0569	0.0018	0.5325	0.0160	0.0678	0.0006	487	69	433	11	423	4
S17611-60	0.4	0.0586	0.0014	0.5586	0.0130	0.0689	0.0006	550	54	451	9	430	3
S17611-83	0.7	0.0595	0.0017	0.5678	0.0158	0.0693	0.0006	583	68	457	10	432	4
S17611-62	0.7	0.0600	0.0022	0.5779	0.0209	0.0697	0.0008	611	80	463	13	434	5
S17611-10	0.5	0.0556	0.0018	0.5362	0.0163	0.0699	0.0007	435	72	436	11	436	4
S17611-46	0.6	0.0589	0.0028	0.5724	0.0232	0.0701	0.0007	565	104	460	15	437	4
S17611-27	0.5	0.0561	0.0016	0.5474	0.0158	0.0702	0.0006	457	65	443	10	437	4
S17611-40	0.7	0.0613	0.0018	0.5999	0.0170	0.0707	0.0007	650	69	477	11	441	4
S17611-69	0.7	0.0535	0.0014	0.5272	0.0133	0.0708	0.0007	350	53	430	9	441	4
S17611-30	0.5	0.0566	0.0018	0.5522	0.0167	0.0708	0.0007	472	38	446	11	441	4
S17611-18	0.5	0.0564	0.0021	0.5537	0.0197	0.0710	0.0007	478	81	447	13	442	4

S17611-35	0.7	0.0607	0.0018	0.6000	0.0178	0.0712	0.0007	628	68	477	11	443	4
S17611-64	0.6	0.0629	0.0018	0.6173	0.0161	0.0713	0.0008	706	61	488	10	444	5
S17611-96	0.7	0.0549	0.0019	0.5398	0.0181	0.0713	0.0008	409	80	438	12	444	5
S17611-31	1.0	0.0622	0.0027	0.6183	0.0195	0.0719	0.0007	683	93	489	12	447	4
S17611-74	0.3	0.0609	0.0040	0.5949	0.0364	0.0719	0.0011	635	141	474	23	448	7
S17611-94	0.6	0.0583	0.0021	0.5780	0.0198	0.0720	0.0007	539	78	463	13	448	4
S17611-92	0.6	0.0606	0.0031	0.6036	0.0291	0.0725	0.0010	628	105	480	18	451	6
S17611-81	0.5	0.0608	0.0020	0.6137	0.0224	0.0726	0.0010	632	70	486	14	452	6
S17611-07	0.8	0.0504	0.0021	0.5090	0.0209	0.0733	0.0009	213	92	418	14	456	5
S17611-80	0.8	0.0535	0.0018	0.5446	0.0189	0.0735	0.0007	350	81	441	12	457	4
S17611-68	0.5	0.0521	0.0017	0.5323	0.0172	0.0736	0.0008	287	76	433	11	458	5
S17611-09	0.5	0.0587	0.0026	0.6043	0.0234	0.0738	0.0009	567	96	480	15	459	5
S17611-20	0.6	0.0569	0.0018	0.5843	0.0177	0.0740	0.0008	487	75	467	11	460	5
S17611-84	0.7	0.0586	0.0020	0.6008	0.0204	0.0744	0.0008	550	81	478	13	463	5
S17611-16	0.2	0.0598	0.0032	0.6173	0.0321	0.0745	0.0009	594	119	488	20	463	5
S17611-14	0.3	0.0571	0.0016	0.5935	0.0162	0.0748	0.0007	494	69	473	10	465	4
S17611-67	0.6	0.0548	0.0027	0.5847	0.0326	0.0757	0.0011	467	111	467	21	470	7
S17611-63	0.6	0.0567	0.0032	0.5878	0.0321	0.0760	0.0011	480	131	469	21	472	6
S17611-15	0.3	0.0597	0.0019	0.6313	0.0187	0.0762	0.0007	591	67	497	12	473	4
S17611-11	0.5	0.0573	0.0029	0.6001	0.0285	0.0765	0.0009	502	113	477	18	475	5
S17611-48	0.6	0.0635	0.0028	0.7879	0.0299	0.0898	0.0010	724	94	590	17	554	6
S17611-06	0.5	0.0600	0.0018	0.8135	0.0252	0.0979	0.0011	606	63	604	14	602	6
S17611-51	0.3	0.0596	0.0023	0.9341	0.0358	0.1134	0.0012	587	85	670	19	693	7
S17611-85	0.5	0.0671	0.0021	1.1129	0.0354	0.1200	0.0012	840	67	760	17	730	7
S17611-12	0.3	0.0651	0.0022	1.1087	0.0272	0.1262	0.0019	776	75	758	13	766	11
S17611-24	1.3	0.0676	0.0045	1.2150	0.0688	0.1332	0.0025	857	134	807	32	806	14
S17611-61	0.5	0.0680	0.0022	1.2563	0.0407	0.1338	0.0014	878	-100	826	18	810	8
S17611-32	0.5	0.0706	0.0018	1.4271	0.0366	0.1459	0.0013	946	53	900	15	878	7
S17611-45	0.5	0.0733	0.0016	1.5154	0.0314	0.1491	0.0016	1033	38	937	13	896	9
S17611-22	0.3	0.0703	0.0020	1.4616	0.0410	0.1494	0.0014	939	57	915	17	898	8
S17611-28	0.4	0.0693	0.0015	1.4414	0.0297	0.1498	0.0014	909	43	906	12	900	8
S17611-44	0.4	0.0688	0.0016	1.4370	0.0330	0.1505	0.0013	900	49	904	14	904	7
S17611-49	0.3	0.0743	0.0020	1.5555	0.0391	0.1520	0.0020	1050	56	953	16	912	11
S17611-90	0.1	0.0725	0.0018	1.5552	0.0398	0.1546	0.0018	1011	50	953	16	927	10
S17611-57	0.6	0.0737	0.0017	1.6415	0.0387	0.1607	0.0014	1035	46	986	15	961	8
S17611-55	1.9	0.0745	0.0023	1.6703	0.0498	0.1619	0.0015	1057	61	997	19	967	8
S17611-88	1.6	0.0761	0.0023	1.7843	0.0526	0.1692	0.0016	1098	64	1040	19	1008	9
S17611-42	0.7	0.0820	0.0031	2.1365	0.0780	0.1887	0.0023	1256	75	1161	25	1114	13
S17611-86	0.2	0.0827	0.0020	2.2576	0.0546	0.1971	0.0017	1262	48	1199	17	1160	9
S17611-91	0.6	0.0846	0.0028	2.5755	0.0840	0.2197	0.0021	1307	66	1294	24	1280	11
S17611-98	0.4	0.0895	0.0020	2.9663	0.0664	0.2393	0.0020	1415	43	1399	17	1383	11
S17611-08	0.8	0.0928	0.0023	3.1324	0.0781	0.2440	0.0023	1484	48	1441	19	1408	12
S17611-23	0.4	0.0931	0.0022	3.2369	0.0726	0.2497	0.0023	1500	39	1466	17	1437	12
S17611-89	0.5	0.0940	0.0020	3.2561	0.0651	0.2498	0.0019	1507	6	1471	16	1437	10
S17611-66	0.3	0.0975	0.0023	3.8023	0.0878	0.2798	0.0026	1577	45	1593	19	1590	13
S17611-65	0.9	0.1008	0.0027	4.1170	0.1080	0.2942	0.0033	1639	50	1658	21	1663	16
S17611-19	0.5	0.1215	0.0032	6.0587	0.1501	0.3593	0.0033	1989	46	1984	22	1979	16
S17611-87	0.8	0.1666	0.0036	9.9573	0.2077	0.4312	0.0032	2524	36	2431	19	2311	14

Даргиат уулын дүүргийн тунамал чулуулгуудын гол ислүүдийн агуулга (жин.%)

Хүснэгт 8

Дээж/элемент	SM01-2	SM01-3	SM01-4	SM01-5	SM01-5/1	SM01-6	SM01-7
SiO <sub>2</sub>	75.53	92.61	63.30	79.02	85.63	87.55	82.72
TiO <sub>2</sub>	0.52	0.08	0.86	0.60	0.49	0.38	0.54
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.20	2.18	14.61	9.53	6.55	5.21	7.68
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.93	2.55	6.28	3.79	2.74	2.07	2.79
MnO	0.05	0.02	0.14	0.01	0.01	0.01	0.02
MgO	1.62	0.07	2.04	0.63	0.44	1.11	1.65
CaO	0.37	0.16	4.20	0.33	0.26	0.17	0.29
Na <sub>2</sub> O	2.97	0.74	3.61	0.01	0.01	0.05	0.61
K <sub>2</sub> O	1.66	0.03	1.54	2.29	1.68	1.22	1.91
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.19	0.12	0.20	0.12	0.11	0.11	0.13
LOI	1.85	0.66	2.07	2.68	1.78	1.21	1.74
SUM	99.92	99.20	98.90	99.01	99.64	99.12	100.11
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.82	1.62	0.63	0.91	1.11	1.22	1.03
Na <sub>2</sub> O/K <sub>2</sub> O	0.25	1.39	0.36	-2.35	-2.22	-1.38	-0.49
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /K <sub>2</sub> O	0.37	1.92	0.61	0.21	0.21	0.22	0.16
F1	-2.82	-5.58	2.89	-4.87	-6.39	-8.03	-7.56
F2	-1.66	-6.17	0.23	-4.06	-4.82	-6.21	-4.88
ICV	0.94	1.63	1.21	0.74	0.78	0.88	0.94
CIA	61.90	63.80	37.50	77.20	76.30	78.30	70.00

Даргиат уулын дүүргийн тунамал чулуулгуудын голлох элементүүдийн агуулга (ppm)

Хүснэгт 9

Дээж/элемент	SM01-2	SM01-3	SM01-4	SM01-5	SM01-5/1	SM01-6	SM01-7
Rb	81.6	1.8	30.1	100.0	76.8	51.2	80.4
Ba	333.0	30.0	346.0	422.0	355.0	303.0	383.0
La	37.3	8.6	20.6	31.1	33.2	29.1	35.2
Ce	48.9	20.9	45.6	57.4	48.6	35.2	37.6
Pr	6.1	1.9	5.0	6.1	5.6	5.1	5.8
Nd	25.6	9.0	22.2	24.0	25.6	22.9	25.9
Sm	5.2	2.3	6.2	5.0	5.6	4.8	5.5
Eu	1.0	0.5	1.8	1.0	1.0	0.8	1.1
Gd	3.6	1.8	5.3	4.2	4.2	3.6	5.1
Tb	0.4	0.2	0.9	0.5	0.5	0.3	0.5
Dy	2.6	1.7	5.2	3.9	3.5	2.8	4.5
Ho	0.5	0.3	1.2	0.7	0.7	0.5	0.9
Er	1.4	0.9	3.3	2.1	1.9	1.5	2.6
Tm	0.2	0.1	0.5	0.4	0.3	0.2	0.3
Yb	1.4	1.0	3.7	2.5	2.1	1.4	2.2
Lu	0.2	0.2	0.5	0.4	0.3	0.2	0.3
Sr	46.0	16.0	433.0	31.0	26.0	19.0	26.0
Th	9.9	0.9	2.8	10.1	8.8	6.8	8.8
U	1.5	0.3	0.8	2.2	2.1	1.2	1.6
Zr	137.0	7.0	144.0	209.0	179.0	136.0	210.0
Hf	4.0	1.0	4.0	5.0	5.0	3.0	5.0
Y	14.6	7.9	30.4	21.4	19.9	14.5	26.4
Nb	10.0	2.0	4.0	10.0	8.0	7.0	9.0
Sc	7.0	5.0	19.0	8.0	5.0	5.0	6.0
V	56.0	5.0	134.0	65.0	47.0	35.0	52.0
Cr	86.0	126.0	36.0	100.0	121.0	100.0	113.0
Co	4.5	3.4	8.3	7.9	5.0	3.8	7.3
Cu	12.0	13.0	51.0	18.0	16.0	10.0	12.0
Ni	12.0	14.0	5.0	22.0	11.0	7.0	14.0
Zn	205.0	13.0	66.0	60.0	26.0	146.0	52.0
LREE	127.7	45.1	106.7	128.7	123.8	101.5	116.3
HREE	6.7	4.5	15.3	10.4	9.3	6.8	11.4
ΣREE	134.4	49.5	121.9	139.1	133.0	108.3	127.7
LREE/HREE	19.0	10.1	7.0	12.4	13.3	14.9	10.2
Zr/Sc	19.6	1.4	7.6	26.1	35.8	27.2	35.0
Th/Sc	1.4	0.2	0.1	1.3	1.8	1.4	1.5
Th/Co	2.2	0.3	0.3	1.3	1.8	1.8	1.2
La/Sc	5.3	1.7	1.1	3.9	6.6	5.8	5.9

Цагаан уулын дүүргийн протерозойн гранат агуулсан хоёр гялтгануурт парагнейсийн 2509 дээжний  
үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн

Хүснэгт 10

	Th/U	Харьцаа						Нас, сая жил					
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	
		Ratio	1 $\sigma$	Ratio	1 $\sigma$	Ratio	1 $\sigma$	Age	1 $\sigma$	Age	1 $\sigma$	Age	1 $\sigma$
3	0.33	0.0802	0.0016	1.9476	0.0431	0.1763	0.0038	1201	40	1098	15	1201	40
4	0.62	0.0870	0.0018	2.7951	0.0621	0.2331	0.0051	1361	39	1354	17	1361	39
8	0.52	0.1140	0.0023	4.7901	0.1063	0.3050	0.0067	1864	36	1783	19	1864	36
10	0.43	0.0830	0.0017	2.0834	0.0465	0.1823	0.0040	1269	39	1143	15	1269	39
12	0.31	0.0809	0.0016	1.9692	0.0437	0.1767	0.0039	1219	39	1105	15	1219	39
17	0.14	0.0914	0.0019	2.8613	0.0640	0.2274	0.0050	1454	38	1372	17	1454	38
21	0.52	0.1058	0.0022	4.4097	0.1005	0.3026	0.0067	1729	38	1714	19	1729	38
22	0.51	0.0950	0.0019	3.2462	0.0727	0.2481	0.0055	1528	38	1468	17	1528	38
5	0.61	0.0719	0.0015	1.4913	0.0330	0.1506	0.0033	982	41	927	13	904	18
6	0.16	0.0713	0.0015	1.5660	0.0350	0.1594	0.0035	967	42	957	14	953	19
7	0.36	0.0686	0.0014	1.3940	0.0309	0.1474	0.0032	888	42	886	13	886	18
1	0.25	0.0707	0.0014	1.5410	0.0341	0.1582	0.0034	948	41	947	14	947	19
2	0.29	0.0707	0.0015	1.4932	0.0332	0.1534	0.0033	948	41	928	14	920	19
9	0.49	0.0707	0.0014	1.4518	0.0322	0.1490	0.0033	950	41	911	13	895	18
11	0.10	0.0715	0.0015	1.5985	0.0355	0.1624	0.0036	971	41	970	14	970	20
13	0.22	0.0702	0.0014	1.4820	0.0330	0.1533	0.0034	933	41	923	14	920	19
14	0.22	0.0707	0.0014	1.5414	0.0344	0.1584	0.0035	947	41	947	14	948	19
15	0.49	0.0730	0.0015	1.5745	0.0350	0.1565	0.0034	1015	40	960	14	938	19
16	0.09	0.0723	0.0015	1.5209	0.0339	0.1528	0.0034	994	41	939	14	917	19
18	0.41	0.0682	0.0014	1.4554	0.0326	0.1550	0.0034	873	42	912	13	929	19
19	0.21	0.0733	0.0015	1.5918	0.0356	0.1577	0.0035	1022	41	967	14	944	19
20	0.10	0.0693	0.0014	1.4097	0.0316	0.1477	0.0033	907	41	893	13	888	18
23	0.40	0.0709	0.0015	1.5500	0.0351	0.1588	0.0035	954	42	951	14	950	20
24	0.37	0.0729	0.0015	1.5465	0.0347	0.1541	0.0034	1010	41	949	14	924	19
25	0.14	0.0705	0.0014	1.5243	0.0342	0.1570	0.0035	943	41	940	14	940	19
26	0.12	0.0683	0.0014	1.3907	0.0312	0.1478	0.0033	878	41	885	13	889	18
27	0.13	0.0704	0.0014	1.5025	0.0337	0.1550	0.0034	940	41	931	14	929	19

Хөрхийн нурууны дүүргийн тунамал-вулканоген чулуулгуудын гол ислүүдийн агуулга (жин.%)

Хүснэгт 11-1

Дээж/элемент	2538	2539	2540	2541	2542	2543-2	2544
SiO <sub>2</sub>	47.78	47.58	51.49	49.45	48.33	46.85	44.72
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.08	14.05	13.54	14.06	17.71	16.98	17.06
TiO <sub>2</sub>	2.4	1.73	1.72	2.04	2.68	2.68	2.87
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.45	14.02	12.82	15.02	10.72	10.5	11.88
MnO	0.11	0.18	0.15	0.17	0.11	0.12	0.12
MgO	4.17	6.48	6.03	2.63	5.44	4.53	4.8
CaO	6.95	10.06	8.01	5.74	3.76	7.71	7.72
Na <sub>2</sub> O	4.68	3.23	4.28	6.07	4.5	4.48	4.15
K <sub>2</sub> O	3.23	0.09	0.54	0.22	2.03	0.99	0.82
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.41	0.18	0.22	0.41	0.45	0.42	0.4
LOI	3.06	2.58	1.35	4.38	4.57	4.99	5.84
SUM	100.49	100.23	100.19	100.21	100.37	100.32	100.46
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /TiO <sub>2</sub>	7.12	8.12	7.87	6.89	6.61	6.34	5.94
Na <sub>2</sub> O/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.27	0.23	0.32	0.43	0.25	0.26	0.24
K <sub>2</sub> O/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.19	0.01	0.04	0.02	0.11	0.06	0.05
MgO/CaO	0.60	0.64	0.75	0.46	1.45	0.59	0.62
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /TiO <sub>2</sub>	0.17	0.10	0.13	0.20	0.17	0.16	0.14
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	8.13	3.40	4.88	6.57	6.82	5.74	5.26
100*K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	40.84	2.65	11.27	3.50	31.09	18.12	16.54
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O+CaO	15.28	13.71	12.99	12.56	10.75	13.84	13.42
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +MgO	-	-	-	-	-	-	-
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	-	-
CIA	-	-	-	-	-	-	-
CIW	-	-	-	-	-	-	-
A	10.97	9.04	9.23	10.87	12.78	11.15	11.25
C	15.30	15.24	15.12	15.97	11.86	14.74	14.34
F	3.73	5.73	5.64	3.16	5.36	4.11	4.40
Si	124.86	111.72	129.38	138.09	132.86	123.35	114.52
(Al+Fm)- (C+Alk)	26.64	34.44	34.32	32.04	46.78	30.34	34.39

Хөрхийн нурууны дүүргийн тунамал-вулканоген чулуулгуудын гол ислүүдийн агуулга (жин.%)

Хүснэгт 11-2

Дээж/элемент	2547	2547-1	D25-1/1	D25-1/2	D25-5	D25-6	D25-7
SiO <sub>2</sub>	65.91	48.83	54.99	54.34	67.85	65.43	69.46
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.01	16.67	16.6	16.89	14.63	15.18	13.2
TiO <sub>2</sub>	0.75	1.41	0.89	0.5	0.75	0.86	0.84
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.16	9.73	9.11	7.89	5.25	5.84	5.57
MnO	0.07	0.13	0.10	0.15	0.04	0.05	0.05
MgO	3.12	5.81	5.33	4.87	2.6	2.72	2.41
CaO	1.76	7.93	2.26	4.57	0.56	0.78	1.3
Na <sub>2</sub> O	3.12	3.55	5.12	4.15	4.01	3.76	4.09
K <sub>2</sub> O	1.53	0.41	1.09	3.44	1.66	1.88	1.06
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.18	0.4	0.29	0.31	0.17	0.19	0.17
LOI	3.79	5.41	3.56	2.44	2.28	2.55	2.06
SUM	100.42	100.32	99.37	99.64	99.82	99.23	100.21
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /TiO <sub>2</sub>	-	11.82	-	33.78	-	-	-
Na <sub>2</sub> O/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.22	0.21	-	-	-	-	-
K <sub>2</sub> O/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.11	0.02	-	-	-	-	-
MgO/CaO	1.77	0.73	-	-	-	-	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /TiO <sub>2</sub>	0.24	0.28	-	-	-	-	-
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	4.81	4.17	-	-	-	-	-
100*K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	32.85	10.31	-	-	-	-	-
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O+CaO	6.64	12.53	8.84	12.52	6.39	6.64	6.57
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +MgO	9.61	-	15.08	-	8.05	8.85	8.13
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.70	-	3.31	-	4.64	4.31	5.26
CI <sub>A</sub>	59.45	-	56.05	-	61.90	62.31	57.31
CI <sub>W</sub>	63.94	-	58.37	-	66.99	67.98	60.32
A	14.88	11.06	13.28	11.98	15.91	15.95	14.79
C	10.60	13.73	10.96	13.37	10.23	10.12	11.47
F	4.52	5.20	5.76	4.65	3.86	3.93	3.73
Si	280.78	128.17	167.99	158.08	308.18	283.19	321.17
(Al+Fm)- (C+Alk)	49.88	35.99	50.66	35.37	49.65	50.86	44.23

Хөрхийн нурууны дүүргийн тунамал-вулканоген чулуулгуудын голлох элементүүдийн агуулга (ppm)

Хүснэгт 12

Дээж/элемент	2538	2539	2540	2541	2542	2543-2	2544	2547-1	D25-1-2	D25-1/1	D25-5	D25-6	D25-7	2547
Rb	116	0.2	9.7	3.5	50.9	22.9	16.5	16.2	86.8	26.2	70.6	83.6	44.2	54.5
Ba	1028	21	72	69	437	276	223	163	549	218	323	280	174	176
La	55.7	5.9	5.9	34.8	37.6	31.9	32.9	14.5	8.4	12.7	24.2	23.8	28.9	26.9
Ce	106	15.5	15.8	70	71.5	64.2	66.6	34.8	18.3	27.1	39	32.5	39.7	54.4
Pr	11.1	2.41	2.5	8.14	8.01	7.39	7.82	4.54	1.81	2.75	5.31	4.79	5.84	6.64
Nd	38.4	12.6	12.4	31.2	29.5	29.1	30.7	20.2	8.6	12.7	21.3	21.9	25.8	25
Sm	6.9	4.4	4.2	6	5.9	5.8	6.2	4.7	2.2	3.6	5	5	5.8	5.3
Eu	2.42	1.54	1.42	1.89	1.86	1.87	2	1.69	0.84	1.05	1.21	1.2	1.29	1.1
Gd	5.53	5.56	5.71	5.98	5.7	5.47	5.7	4.74	2.06	3.28	4.37	4.66	4.45	4.61
Tb	0.85	1.04	0.95	0.87	0.83	0.8	0.88	0.75	0.34	0.46	0.59	0.58	0.55	0.68
Dy	4.79	7.05	6.65	5.09	5.07	4.67	5.29	4.29	2.4	3.41	3.86	4.23	4.34	4.12
Ho	0.94	1.56	1.42	1.07	1.01	0.89	1.06	0.9	0.51	0.6	0.85	0.84	0.92	0.88
Er	2.61	4.48	4.03	2.87	2.77	2.32	2.86	2.46	1.5	1.79	2.32	2.28	2.54	2.45
Tm	0.37	0.65	0.59	0.42	0.37	0.3	0.39	0.34	0.24	0.27	0.32	0.36	0.39	0.33
Yb	2.1	4	3.6	2.6	2.1	1.8	2.1	2.1	1.7	1.9	2.5	2.6	2.5	2.1
Lu	0.3	0.59	0.52	0.37	0.32	0.26	0.3	0.29	0.25	0.27	0.39	0.36	0.37	0.32
Sr	427	178	143	474	250	585	420	631	282	225	123	121	142	57
Th	13.2	2.7	1.7	5.7	6.9	5	4.9	2.8	3.1	2.1	7.2	8.1	8.6	9.2
U	1.61	0.19	0.19	0.5	1.4	1.35	1.02	0.7	0.81	0.61	1.97	2.07	2.18	3.26
Zr	258	107	94.8	185	214	184	174	131	55.8	77.9	103	121	114	136
Hf	5	3	2	4	5	4	4	3	2	2	3	4	4	3
Y	20.4	34.8	33.1	23.9	21.5	18.9	22	20	13.9	16.4	21.1	26	24.4	19.4
Nb	63	4	4	29	43	33	33	5	3	7	7	8	7	7
Sc	2.6	0.1	0.7	0.3	1.6	2.3	0.5	1.1	0.6	25	13	14	12	14
V	276	371	347	297	284	323	317	209	164	245	100	121	113	97
Cr	223	101	89	49	52	41	60	91	76	142	96	111	155	128
Co	32.7	47.6	42.2	30	41.4	38.7	43.4	39.6	23.5	22.5	14.5	15.7	13.2	13.9
Cu	61	53	67	25	28	24	23	34	48	74	18	10	10	15
Ni	106	95	76	35	47	85	121	167	17	43	30	34	31	136
Zn	79	106	88	57	102	83	102	102	83	91	110	107	89	89
LREE	226.1	47.9	47.9	158.0	160.1	145.7	151.9	85.2	42.2	63.2	100.4	93.9	111.8	124.0
HREE	12.0	19.4	17.8	13.3	12.5	11.0	12.9	11.1	6.9	8.7	10.8	11.3	11.6	10.9
ΣREE	238.0	67.3	65.7	171.3	172.5	156.8	164.8	96.3	49.2	71.9	111.2	105.1	123.4	134.8
LREE/HREE	18.9	2.5	2.7	11.9	12.8	13.2	11.8	7.7	6.1	7.3	9.3	8.3	9.6	11.4
Nb/Y	3.1	0.1	0.1	1.2	2.0	1.7	1.5	0.3	0.2	-	-	-	-	-
La/Smn	5.2	0.9	0.9	3.7	4.1	3.6	3.4	2.0	2.5	-	-	-	-	-
Gd/Ybn	2.2	1.1	1.3	1.9	2.2	2.5	2.2	1.9	1.0	-	-	-	-	-
La/Ybn	19.0	1.1	1.2	9.6	12.8	12.7	11.2	5.0	3.5	-	-	-	-	-
Zr/Nb	4.1	26.8	23.7	6.4	5.0	5.6	5.3	26.2	18.6	-	-	-	-	-
Nb/Yb	30.0	1.0	1.1	11.2	20.5	18.3	15.7	2.4	1.8	-	-	-	-	-
Th/Yb	6.3	0.7	0.5	2.2	3.3	2.8	2.3	1.3	1.8	-	-	-	-	-
Gd/Ybn	2.1	1.1	1.3	1.9	2.2	2.5	2.2	1.8	1.0	-	-	-	-	-
Gdn	9.3	9.3	9.6	10.0	9.6	9.2	9.6	8.0	3.5	-	-	-	-	-
Ybn	4.4	8.3	7.5	5.4	4.4	3.7	4.4	4.4	3.5	-	-	-	-	-
Cr/Zr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.8	0.9	0.9	1.4	0.9
Zr/Sc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.1	7.9	8.6	9.5	9.7
Th/Sc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.6	0.6	0.7	0.7
Th/Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.5	0.5	0.7	0.7
La/Sc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	1.9	1.7	2.4	1.9

Алаг баян уулын дүүргийн Хутаг-Уул метакомплекс ба Норовзээг формац тунамал-вулканоген чулуулгуудын гол ислүүдийн агуулга (жин.%)

Хүснэгт 13-1

Дээж/элемент	SM27-1	SM27-2	SM27-5	2566	2567	2567-1	2567-3	2567-4	SM27-13
SiO <sub>2</sub>	74.29	70.18	44.95	64.98	75.48	70.87	66.75	69.72	33.31
TiO <sub>2</sub>	0.38	0.43	1.48	0.44	0.42	0.47	0.50	0.02	0.40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.98	15.40	15.07	17.18	10.16	14.60	15.55	15.72	7.18
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.73	2.36	12.91	3.24	3.26	3.02	4.27	0.68	3.22
MnO	0.07	0.07	0.15	0.03	0.05	0.05	0.10	0.06	0.08
MgO	1.85	1.10	8.82	1.73	1.14	0.74	1.15	0.09	2.85
CaO	1.52	0.90	11.13	0.87	1.49	1.21	2.34	0.34	32.77
Na <sub>2</sub> O	3.76	3.56	2.30	2.41	2.65	3.88	4.84	2.19	0.98
K <sub>2</sub> O	1.40	4.20	1.05	6.83	1.65	4.36	1.83	9.54	1.29
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.15	0.09	0.05	0.09	0.11	0.07	0.19	0.05	0.13
LOI	0.37	1.10	1.12	1.06	0.61	0.55	0.92	0.48	17.77
SUM	99.48	99.45	99.02	99.00	97.04	99.89	98.48	98.98	99.97
Si	394.19	357.46	96.31	285.24	490.42	357.03	296.20	376.40	69.63
(Al+Fm)- (C+Alk)	34.59	27.77	36.50	33.09	32.23	21.06	25.79	7.48	-54.14
C	12.57	12.47	14.50	11.95	12.88	13.76	13.55	14.35	25.53
A	14.39	15.96	8.69	15.87	14.78	15.11	14.85	15.51	2.93

Хүснэгт 13-2

Дээж/элемент	SM27-14	SM27-22	2551	2551-1	2551-2	2551-3	2552	2552-1
SiO <sub>2</sub>	65.59	73.58	76.91	49.22	81.37	31.99	58.92	66.20
TiO <sub>2</sub>	0.57	0.18	0.37	1.49	0.25	0.39	0.95	0.80
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.83	13.96	7.19	14.28	5.45	8.08	16.37	15.81
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.34	1.57	4.81	12.81	6.95	3.84	7.06	5.65
MnO	0.07	0.03	0.20	0.20	0.72	0.08	0.20	0.08
MgO	3.93	0.49	1.70	5.90	1.12	2.72	2.36	2.28
CaO	5.91	0.70	3.98	9.32	1.70	31.02	13.05	2.97
Na <sub>2</sub> O	2.80	4.21	1.90	3.11	0.24	1.09	0.56	3.59
K <sub>2</sub> O	1.76	3.74	0.30	0.77	0.69	1.88	0.09	1.81
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.12	0.06	0.11	0.14	0.10	0.12	0.21	0.19
LOI	1.17	0.94	1.75	1.43	1.64	19.21	0.47	0.83
SUM	99.11	99.52	99.23	98.71	100.42	100.48	100.29	100.22
Si	242.31	423.55	456.53	121.56	616.12	67.71	177.36	266.45
(Al+Fm)- (C+Alk)	24.90	16.96	25.27	33.39	62.25	-50.17	12.25	37.11
C	15.08	13.65	15.81	15.16	11.09	25.11	16.70	12.34
A	10.34	15.57	10.64	9.46	14.28	3.37	11.05	14.71

Алаг баян уулын дүүргийн Хутаг-Уул метакомплекс ба Норовзээг формац тунамал-вулканоген чулуулгуудын голлох элементүүдийн агуулга (ppm)

Хүснэгт 14-1

Дээж/элемент	SM27-1	SM27-2	SM27-5	2566	2567	2567-1	2567-3	2567-4	SM27-13
Rb	73.9	116.0	16.9	176.0	107.0	153.0	125.0	267.0	49.6
Ba	86.0	817.0	59.0	1041.0	411.0	741.0	319.0	679.0	187.0
La	34.8	69.6	4.9	60.2	32.0	55.6	44.4	10.3	23.1
Ce	49.5	76.2	13.0	117.0	66.5	113.0	89.1	27.9	45.9
Pr	6.7	11.8	1.6	11.0	7.5	12.3	10.2	2.3	4.8
Nd	28.3	48.9	8.1	37.4	28.4	47.0	38.1	8.5	18.4
Sm	6.4	9.4	2.8	6.3	5.8	9.5	7.5	2.1	4.4
Eu	1.5	1.8	1.0	1.2	1.2	1.6	1.1	1.1	1.0
Gd	4.8	6.7	2.9	4.9	5.1	8.2	6.4	2.2	3.6
Tb	0.6	0.7	0.5	0.8	0.8	1.3	1.0	0.4	0.5
Dy	4.4	5.7	3.0	4.5	4.5	7.3	5.9	3.6	3.3
Ho	0.9	1.2	0.6	1.0	0.9	1.6	1.2	0.9	0.6
Er	2.5	3.6	1.8	3.0	2.6	4.4	3.6	3.1	2.1
Tm	0.4	0.5	0.2	0.4	0.4	0.6	0.5	0.5	0.3
Yb	2.6	3.8	1.6	3.2	2.5	4.5	3.8	3.7	2.1
Lu	0.4	0.5	0.2	0.5	0.4	0.6	0.5	0.6	0.3
Sr	192.0	290.0	459.0	215.0	201.0	307.0	285.0	230.0	2139.0
Th	5.4	9.7	0.8	10.1	6.0	7.9	7.8	3.6	4.6
U	1.3	3.1	0.1	5.8	2.7	4.5	5.4	2.6	2.0
Zr	90.5	122.0	78.8	163.0	154.0	462.0	227.0	34.8	95.2
Hf	3.0	3.0	2.0	5.0	4.0	12.0	7.0	2.0	2.0
Y	23.6	33.7	15.8	24.9	23.3	40.7	32.1	23.2	18.8
Nb	4.0	19.0	3.0	16.0	5.0	12.0	13.0	2.0	6.0
Sc	7.0	5.0	30.0	9.0	6.0	7.0	9.0	5.0	9.0
V	46.0	25.0	278.0	48.0	51.0	30.0	52.0	5.0	56.0
Cr	174.0	91.0	227.0	106.0	143.0	200.0	252.0	154.0	79.0
Co	8.9	3.8	51.0	5.9	6.5	4.6	7.6	0.8	8.3
Cu	12.0	10.0	64.0	18.0	54.0	11.0	14.0	10.0	10.0
Ni	17.0	5.0	105.0	14.0	26.0	11.0	17.0	6.0	15.0
Zn	56.0	68.0	121.0	56.0	53.0	76.0	108.0	5.0	210.0
LREE	132.0	224.4	34.3	238.0	146.4	247.1	196.8	54.3	101.1
HREE	11.9	16.1	8.0	13.3	12.0	20.4	16.6	12.8	9.2
ΣREE	143.8	240.6	42.3	251.2	158.4	267.5	213.4	67.1	110.4
LREE/HREE	11.1	13.9	4.3	17.9	12.2	12.1	11.9	4.2	10.9

Алаг баян уулын дүүргийн Хутаг-Уул метакомплекс ба Норовзээг формац тунамал-вулканоген чулуулгуудын голлох элементүүдийн агуулга (ppm)

Хүснэгт 14-2

Дээж/элемент	SM27-14	SM27-22	2551	2551-1	2551-2	2551-3	2552	2552-1
Rb	66.6	49.2	11.7	19.6	16.5	67.1	3.0	65.3
Ba	228.0	717.0	66.0	131.0	157.0	361.0	162.0	203.0
La	20.4	30.4	12.0	3.9	28.5	17.6	24.6	22.7
Ce	40.3	40.7	40.2	11.6	79.7	34.5	56.2	47.8
Pr	4.6	6.1	3.6	1.8	7.1	3.9	6.6	5.7
Nd	19.3	26.5	15.2	10.1	28.7	15.3	27.5	22.9
Sm	4.5	6.3	3.7	3.8	6.4	3.3	6.4	4.9
Eu	0.9	1.3	0.9	1.1	1.3	0.8	1.5	1.2
Gd	3.7	4.7	3.6	5.0	5.9	2.8	6.0	4.7
Tb	0.5	0.6	0.6	0.9	1.0	0.5	1.0	0.7
Dy	3.4	4.6	3.3	5.7	5.3	2.6	5.7	4.3
Ho	0.7	0.9	0.7	1.3	1.0	0.5	1.2	0.9
Er	2.1	2.6	1.8	3.6	2.9	1.5	3.5	2.6
Tm	0.3	0.4	0.3	0.5	0.4	0.2	0.5	0.4
Yb	2.1	2.6	1.8	3.6	2.3	1.4	3.7	2.5
Lu	0.3	0.4	0.3	0.5	0.3	0.2	0.5	0.4
Sr	559.0	205.0	244.0	483.0	49.0	1508.0	333.0	268.0
Th	6.8	8.7	4.9	3.8	2.9	2.5	4.7	4.5
U	1.4	2.1	1.1	0.4	4.8	1.5	3.5	2.6
Zr	129.0	135.0	73.3	100.0	42.5	78.3	215.0	235.0
Hf	3.0	4.0	2.0	3.0	1.0	3.0	6.0	6.0
Y	19.1	26.1	15.4	31.0	21.1	13.8	31.8	24.1
Nb	8.0	8.0	5.0	3.0	3.0	5.0	8.0	8.0
Sc	15.0	5.0	9.0	46.0	7.0	10.0	14.0	14.0
V	103.0	14.0	69.0	330.0	59.0	66.0	125.0	95.0
Cr	232.0	134.0	257.0	158.0	347.0	97.0	188.0	166.0
Co	15.3	14.6	13.8	46.6	12.3	9.6	14.7	12.8
Cu	10.0	10.0	17.0	17.0	176.0	20.0	10.0	42.0
Ni	64.0	5.0	29.0	56.0	33.0	44.0	19.0	35.0
Zn	90.0	94.0	56.0	116.0	18.0	263.0	76.0	112.0
LREE	93.7	116.0	79.2	37.3	157.7	78.1	128.8	109.8
HREE	9.4	12.0	8.7	16.1	13.1	6.8	16.0	11.9
ΣREE	103.1	128.0	87.8	53.4	170.8	85.0	144.8	121.7
LREE/HREE	10.0	9.7	9.1	2.3	12.0	11.4	8.0	9.3

Цохиотын дүүргийн Ундаан формацын вулканоген чулуулгуудын гол ислүүдийн агуулга (жин.%)

Хүснэгт 15-1

Дээж/элемент	SM1861-7/2	S17622-5	S17622-6	S17623-2	SM1861-4
SiO <sub>2</sub>	49.72	58.71	59.16	55.72	73.11
TiO <sub>2</sub>	0.81	0.79	0.91	0.72	0.27
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.58	16.95	16.52	15.27	13.96
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.82	6.68	7.69	8.24	1.75
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0.26	0.18	0.15	0.13	0.02
MgO	4.13	2.69	2.44	5.06	0.11
CaO	5.85	5.15	2.47	6.43	0.37
Na <sub>2</sub> O	5.47	4.15	6.16	3.36	4.35
K <sub>2</sub> O	0.5	2.36	1.88	2.54	4.5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.19	0.27	0.29	0.35	0.13
LOI	6.91	2.07	2.32	2.26	1.28
Total	100.29	100.47	100.32	100.29	100.23
Mg#	48.31	47.23	41.35	57.71	12.25
CaO/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.35	0.3	0.14	0.42	0.02

Цохиотын дүүргийн Ундаан формацын вулканоген чулуулгуудын гол ислүүдийн агуулга (жин.%)

Хүснэгт 15-2

Дээж/элемент	S17623-3	S17622-10	S17622-13	S17622-14	S17623-7
SiO <sub>2</sub>	73.43	58.15	63.82	68.6	49.27
TiO <sub>2</sub>	0.26	0.74	0.76	0.53	0.72
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.93	17.33	16.53	14.56	16.66
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.44	6.7	4.77	4.4	11.14
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0.04	0.19	0.19	0.05	0.19
MgO	0.18	2.42	1.03	0.97	5.29
CaO	0.11	5.14	2.73	3.6	9.26
Na <sub>2</sub> O	4.75	3.82	4.41	3.24	2.91
K <sub>2</sub> O	4.86	2.68	3.7	2.1	1.97
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.03	0.28	0.24	0.19	0.22
LOI	0.76	2.57	1.82	1.73	2.52
Total	99.89	100.16	100.12	100.05	100.2
Mg#	21.74	44.53	32.43	32.88	51.34
CaO/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.007	0.29	0.16	0.24	0.55

Цохиотын дүүргийн Ундаан формацын вулканоген чулуулгуудын голлох элементүүдийн агуулга (ppm)

Хүснэгт 16

Дээж/элемент	SM1861-7/2	S17622-5	S17622-6	S17623-2	SM1861-4	S17623-3	S17622-10	S17622-13	S17622-14	S17623-7
La	6.5	28.7	18.6	14.6	20.8	19.51	20.92	23.33	16.06	4.4
Ce	14.3	52.5	37.7	31.7	45.8	41.61	41.65	48.25	30.26	9.6
Pr	2.03	6.17	5	4.1	4.95	4.72	5.09	5.84	3.59	1.37
Nd	10	23.8	22.6	18	19.8	17.83	20.54	23.67	13.66	6.9
Sm	2.7	4.7	5.4	3.9	4.2	3.46	4.3	4.727	2.5	2
Eu	1.15	1.46	1.74	1.31	1	0.59	1.17	1.16	0.65	1.3
Gd	3.7	4.17	5.73	3.89	3.99	3.03	4.04	4.3	2.2	2.64
Tb	0.65	0.61	0.9	0.54	0.64	0.49	0.62	0.64	0.32	0.52
Dy	3.58	3.54	5.44	3.08	4.06	2.92	3.61	3.68	1.82	2.77
Ho	0.77	0.72	1.12	0.59	0.83	0.6	0.77	0.76	0.37	0.56
Er	2.31	2.15	3.6	1.74	2.56	1.72	2.15	2.12	1.03	1.68
Tm	0.36	0.32	0.5	0.25	0.41	0.26	0.32	0.31	0.15	0.23
Yb	2.1	2.2	3.5	1.8	2.7	1.78	2.1	2.04	0.99	1.7
Lu	0.32	0.46	0.63	0.36	0.54	0.28	0.33	0.31	0.15	0.23
Sc	26	15	23	26	6	4.43	11.88	11.86	7.16	34
Co	24.7	15	15.4	25	0.8	0.8	12.88	11.47	5.87	44.6
Cs	0.5	1.1	0.7	1.7	1.3	0.7	2.03	0.84	1.86	0.8
Hf	2	4	4	3	7	4.68	3.51	4.47	2.5	1
Ta	0.5	1.1	0.5	0.5	1	0.67	0.6	0.57	0.37	0.5
Th	1	6.6	2.7	2.6	9.3	7.04	4.65	5.85	4.42	0.5
U	0.78	2.45	1.17	1.26	3.05	1.77	1.48	2.19	1.46	0.51
Ba	199	865	596	743	1056	528.2	897.7	1022.7	465.3	378
Rb	11	46.8	29.9	40.1	76.2	59.07	48.56	81.01	32.57	33.2
Sr	356	612	291	862	84	33.53	553.8	571.9	468.3	472
Y	19.7	20	30	16.4	23.2	16.79	21.72	21.6	10.77	15.4
Zr	63.3	-	-	-	-	161.2	129.7	167.3	95.3	34.6
Nb	2	13	5	3	12	9.29	9.64	8.53	4.73	1
Nb/Y	0.1	0.65	0.16	0.18	0.51	0.55	0.44	0.39	0.43	0.06
La/Yb	3.09	13.04	5.31	8.11	7.7	10.92	9.92	11.4	16.14	2.58
Th/Nb	0.5	0.5	0.54	0.86	0.77	0.75	0.48	0.68	0.93	0.5
Ta/Yb	0.23	0.5	0.14	0.27	0.37	0.38	0.28	0.28	0.37	0.29
Th/Yb	0.47	3	0.77	1.44	3.44	3.94	2.2	2.86	4.44	0.29
(La/Sm)n	1.55	3.94	2.22	2.41	3.19	3.63	3.13	3.18	4.14	1.42
(Gd/Yb)n	1.45	1.56	1.35	1.78	1.22	1.4	1.58	1.74	1.83	1.28
(La/Yb)n	2.22	9.35	3.81	5.81	5.52	7.83	7.11	8.17	11.57	1.85
(Ce/Yb)pm	1.89	6.62	2.99	4.89	4.71	6.47	5.48	6.54	8.44	1.56
(Nb/La)pm	0.29	0.43	0.25	0.19	0.55	0.45	0.44	0.35	0.28	0.21
(Th/La)pm	1.24	1.85	1.17	1.43	3.61	2.91	1.79	2.02	2.22	0.91
(Nb/Th)pm	0.23	0.23	0.22	0.13	0.15	0.15	0.24	0.17	0.12	0.23

Цохиотын дүүргийн Ундаан формацын M17622-1 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн

Хүснэгт 17

	Харьцаа						Нас, сая жил					
	ratio	1σ	ratio	1σ	ratio	1σ	age	1σ	age	1σ	age	1σ
	Pb207/Pb206		Pb207/U235		Pb206/U238		Pb207/Pb206		Pb207/U235		Pb206/U238	
S17622-1-1	0.0530	0.0021	0.3782	0.0147	0.0518	0.0006	327.3	88.74	325.7	10.84	325.6	3.85
S17622-1-12	0.0519	0.0023	0.3705	0.0157	0.0518	0.0007	279.3	96.75	320	11.6	325.8	4.01
S17622-1-14	0.0551	0.0018	0.3934	0.0125	0.0518	0.0006	417.6	71.63	336.9	9.09	325.4	3.44
S17622-1-15	0.0544	0.0025	0.3895	0.0170	0.0519	0.0007	388.2	97.45	334	12.41	326.3	4.16
S17622-1-17	0.0529	0.0011	0.3776	0.0075	0.0518	0.0005	322.9	47.71	325.3	5.56	325.7	2.82
S17622-1-18	0.0519	0.0018	0.3703	0.0126	0.0518	0.0006	278.8	78.64	319.9	9.31	325.7	3.5
S17622-1-19	0.0548	0.0016	0.3902	0.0112	0.0517	0.0005	403	64.9	334.5	8.15	324.8	3.24
S17622-1-2	0.0553	0.0022	0.3950	0.0149	0.0518	0.0006	424.4	84.37	338	10.81	325.7	3.82
S17622-1-20	0.0531	0.0015	0.3778	0.0104	0.0516	0.0005	333.7	64.12	325.4	7.66	324.3	3.16
S17622-1-22	0.0521	0.0019	0.3719	0.0134	0.0518	0.0006	290.6	82.86	321.1	9.9	325.3	3.61
S17622-1-23	0.0529	0.0017	0.3771	0.0115	0.0517	0.0005	323.7	70.61	324.9	8.47	325.2	3.31
S17622-1-24	0.0541	0.0021	0.3863	0.0146	0.0518	0.0006	374	85.17	331.6	10.69	325.7	3.76
S17622-1-25	0.0547	0.0009	0.3891	0.0059	0.0516	0.0004	400.1	37.5	333.7	4.31	324.3	2.61
S17622-1-26	0.0550	0.0027	0.3901	0.0186	0.0515	0.0007	412.6	105.9	334.4	13.55	323.4	4.37
S17622-1-28	0.0546	0.0016	0.3892	0.0110	0.0517	0.0005	395.7	64.49	333.8	8.07	325.1	3.21
S17622-1-29	0.0539	0.0010	0.3840	0.0063	0.0517	0.0004	367	40.06	330	4.62	324.8	2.64
S17622-1-3	0.0544	0.0023	0.3875	0.0160	0.0517	0.0007	388	92.52	332.5	11.72	324.7	4.02
S17622-1-31	0.0540	0.0015	0.3854	0.0099	0.0518	0.0005	369.3	59.42	331	7.22	325.7	3.05
S17622-1-32	0.0540	0.0023	0.3815	0.0157	0.0513	0.0006	370.6	92.66	328.1	11.56	322.2	3.91
S17622-1-5	0.0541	0.0019	0.3848	0.0131	0.0516	0.0006	374.2	77.55	330.5	9.62	324.5	3.57
S17622-1-6	0.0546	0.0010	0.3892	0.0064	0.0517	0.0004	396.4	39.24	333.8	4.67	324.9	2.72
S17622-1-7	0.0537	0.0012	0.3824	0.0079	0.0516	0.0005	359.8	48.86	328.8	5.79	324.5	2.88
S17622-1-9	0.0548	0.0021	0.3891	0.0146	0.0515	0.0006	404	84.36	333.7	10.7	323.8	3.77

## Цохиотын дүүргийн Ундаан формацын M17622-13 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн

Хүснэгт 18

	Харьцаа						Нас, сая жил					
	ratio	1σ	ratio	1σ	ratio	1σ	age	1σ	age	1σ	age	1σ
	Pb207/Pb206		Pb207/U235		Pb206/U238		Pb207/Pb206		Pb207/U235		Pb206/U238	
S17622-13-1	0.0540	0.0017	0.3946	0.0118	0.0530	0.0006	369.5	68.67	333.1	3.48	337.7	8.62
S17622-13-10	0.0517	0.0022	0.3782	0.0158	0.0531	0.0007	271.1	95.88	333.6	4.13	325.7	11.66
S17622-13-11	0.0520	0.0020	0.3797	0.0140	0.0530	0.0006	283.5	84.69	333.1	3.72	326.8	10.31
S17622-13-13	0.0513	0.0023	0.3752	0.0159	0.0531	0.0007	255.5	97.57	333.3	4.15	323.5	11.77
S17622-13-14	0.0543	0.0022	0.3971	0.0158	0.0531	0.0007	383.4	89.27	333.4	4.07	339.5	11.49
S17622-13-15	0.0508	0.0022	0.3723	0.0155	0.0532	0.0007	229.9	96	334.4	3.98	321.3	11.47
S17622-13-17	0.0528	0.0024	0.3858	0.0167	0.0531	0.0007	318.9	98.23	333.4	4.25	331.3	12.22
S17622-13-18	0.0542	0.0020	0.3969	0.0142	0.0532	0.0006	378.2	80.53	334.1	3.82	339.4	10.3
S17622-13-2	0.0535	0.0017	0.3915	0.0116	0.0531	0.0006	348.5	68.08	333.6	3.46	335.5	8.45
S17622-13-21	0.0549	0.0031	0.4003	0.0219	0.0529	0.0008	408	121.06	332.5	5.07	341.9	15.9
S17622-13-23	0.0535	0.0025	0.3895	0.0177	0.0529	0.0007	347.9	102.53	332.4	4.4	334	12.96
S17622-13-24	0.0534	0.0022	0.3899	0.0152	0.0530	0.0007	346.1	88.66	332.9	3.99	334.3	11.13
S17622-13-3	0.0535	0.0020	0.3904	0.0140	0.0529	0.0006	351.4	81.81	332.3	3.8	334.7	10.26
S17622-13-5	0.0519	0.0021	0.3806	0.0152	0.0532	0.0007	282.4	91.48	334	4.03	327.5	11.18
S17622-13-6	0.0543	0.0032	0.3999	0.0228	0.0535	0.0009	382.4	126.14	335.7	5.24	341.6	16.51
S17622-13-7	0.0544	0.0020	0.3992	0.0144	0.0532	0.0006	388.4	80.81	334.3	3.84	341.1	10.42
S17622-13-9	0.0534	0.0025	0.3905	0.0178	0.0531	0.0007	344.3	102.88	333.6	4.42	334.7	13.03

Цохиотын дүүргийн девоны баянбулаг болон карбоны формацууд гол ислүүдийн (жин.%) болон голлох элементүүдийн (ppm) агуулга

Хүснэгт 19-1

Дээж	16Z01	16Z02	16Z03	16Z05	16Z06	16Z08	16Z10	16Z13	16Z14	16Z15
SiO <sub>2</sub>	50.38	51.25	49.63	48.05	54.03	49.48	62.21	55.31	55.16	55.18
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.19	17.05	17.52	19.23	15.91	18.33	17.45	18.1	19.88	19.39
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.98	10.37	11.37	10.89	10.63	9.44	5.18	8.11	7.39	7.97
CaO	8.11	8.5	8.03	9.49	6.72	9.75	4.9	7.44	7.13	6.89
MgO	4.11	3.78	4.32	3.75	3.85	4.85	1.69	3.54	2.44	2.03
K <sub>2</sub> O	0.55	0.62	0.91	0.35	0.92	0.74	1.83	0.74	0.78	1.17
Na <sub>2</sub> O	3.87	3.89	3.88	3.62	4.32	3.36	3.87	3.73	4.29	4.21
MnO	0.16	0.14	0.15	0.17	0.17	0.14	0.12	0.17	0.13	0.11
TiO <sub>2</sub>	1.33	1.3	1.39	1.37	1.53	1.01	0.73	1.01	0.86	0.89
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.29	0.31	0.31	0.32	0.46	0.2	0.3	0.3	0.33	0.31
LOI	2.86	2.63	2.3	2.61	1.28	2.54	1.55	1.39	1.47	1.68
Total	99.83	99.83	99.81	99.84	99.83	99.84	99.83	99.85	99.85	99.83
Li	13.18	13.38	13.32	11.46	11.78	11.59	10.98	8.72	9.86	6.95
Be	0.59	0.58	0.62	0.75	0.83	0.46	1.06	0.61	0.71	0.64
P	1338.15	1422.72	1508.59	1551.27	2097.37	974.33	1407.66	1434.75	1541.54	1385.9
Sc	19.5	31.26	31.41	33.26	33.56	30.51	10.71	24.19	16.51	15.97
Ti	7756.76	7612.31	8464.44	8620.22	9384.76	6243.38	4399.26	6279.39	5420.16	5359.83
V	322.3	282.9	258.2	330.97	290.86	257.91	64.6	237.81	121.2	180.48
Mn	1310.76	1089.85	1237.39	1298.44	1395.67	1150.7	983.67	1374.87	1039.73	922.45
Co	28.9	25.67	31.24	27.78	21.52	30.18	9.34	23.48	17.67	18.34
Cu	170.01	154.72	151.6	174.36	123.13	115.61	42.88	79.63	40.66	28.52
Ga	19.87	18.75	19.83	22.83	21.76	20.23	19.34	20.61	20.9	19.62
Rb	3.98	7.08	13	4.2	8.69	10.5	24.82	5.7	8.65	12.29
Sr	664.12	648.79	779.41	690.71	701.57	834.61	677.3	640.54	738.99	786.49
Y	17.07	19.58	20.87	20.96	26.27	14.19	22.54	18.69	18.57	17.51
Zr	57.73	55.19	65.27	56.05	72.99	44.52	140.35	67.2	74.42	67.74
Nb	1.81	1.65	1.94	1.79	2.15	1.08	4.03	1.99	1.99	2.17
Cs	5.76	5.7	1.7	3.4	0.16	3.55	0.24	0.11	0.28	0.68
Ba	311.36	395.37	377.44	213.15	364.53	216.7	605.15	342.85	399.68	454.44
La	5.12	5.68	6.11	6.16	7.86	5.75	14.71	6.88	7.97	7.2
Ce	14.04	14.9	17.02	15.8	21.29	14.09	34.63	17.91	20.05	18.39
Pr	2.08	2.34	2.48	2.4	3.15	1.96	4.57	2.5	2.75	2.63
Nd	11.33	12.08	13.22	12.84	16.7	10.14	19.89	12.8	13.74	12.65
Sm	3.28	3.42	3.78	3.66	4.72	2.71	4.49	3.4	3.48	3.23
Eu	1.22	1.26	1.38	1.35	1.74	1.02	1.44	1.26	1.28	1.23
Gd	3.64	3.8	4.16	4.06	5.18	2.93	4.57	3.65	3.7	3.49
Tb	0.6	0.61	0.67	0.65	0.83	0.45	0.7	0.58	0.57	0.54
Dy	3.62	3.7	4.02	3.92	5.04	2.75	4.1	3.48	3.41	3.24
Ho	0.74	0.75	0.81	0.8	1.02	0.55	0.84	0.71	0.69	0.65
Er	2.06	2.1	2.27	2.23	2.86	1.55	2.4	2.02	1.95	1.85
Tm	0.29	0.3	0.32	0.32	0.41	0.22	0.36	0.29	0.28	0.27
Yb	1.85	1.88	2.04	2.01	2.59	1.39	2.38	1.9	1.84	1.75
Lu	0.28	0.29	0.31	0.31	0.4	0.21	0.38	0.29	0.28	0.27
Hf	1.79	1.75	1.97	1.81	2.34	1.42	4.04	2.02	2.19	2
Ta	0.05	0.09	0.1	0.43	0.12	0.09	0.19	0.2	0.1	0.36
Pb	0.46	0.52	3.63	--	--	1.7	2.63	0.52	--	--
Th	0.27	0.31	0.3	0.29	0.41	0.65	1.97	0.35	0.37	0.33
U	0.06	0.1	0.13	--	0.04	0.11	0.55	0.12	0.05	0.09

Дээж	16Z17	16Z19	16Z21	16Z22	16Z23	16Z24	16Z26	16Z27	16Z30	16Z31
SiO2	68.09	62.39	73.03	55.95	65.39	47.43	70.9	72.28	74.27	50.07
Al2O3	14.61	15.23	13.44	13.87	14.86	18.1	15.04	13.22	12.48	16.1
Fe2O3	4.28	6.38	2.34	10.7	5.88	10.88	1.98	2.24	2.34	12.37
CaO	0.96	3.76	0.8	5.76	1.5	7.52	1.07	1.03	1.04	7.35
MgO	0.89	1.81	0.49	2.96	1.03	5.02	0.14	0.68	0.32	4.79
K2O	1.84	0.47	2.97	1.64	2.33	0.6	4.74	3.22	4.98	0.69
Na2O	6.53	6.03	4.87	4.45	6.2	4.62	4.11	4.1	2.43	4.59
MnO	0.16	0.14	0.08	0.13	0.15	0.16	0.03	0.04	0.11	0.19
TiO2	0.7	0.99	0.43	1.43	0.79	1.17	0.56	0.46	0.42	1.53
P2O5	0.17	0.29	0.07	0.32	0.23	0.19	0.09	0.06	0.09	0.33
LOI	1.62	2.44	1.32	2.52	1.5	4.19	1.19	2.55	1.4	1.84
Total	99.86	99.93	99.86	99.72	99.87	99.87	99.85	99.88	99.89	99.85
Li	5.28	7.71	6.92	5.12	5.93	12.74	14.46	26.03	24.52	12.82
Be	1.24	1.14	1.1	0.55	1.24	0.43	1.87	1.28	0.88	0.7
P	815.89	1287.68	155.85	1430.08	939.66	886.86	452.77	368.33	463.08	1455.9
Sc	15.12	13.85	6.53	34.82	7.7	24.29	5.86	9.33	7.46	41.13
Ti	4150.29	5689.12	2380.63	8566.32	4524.05	7141.23	3286.92	2704.04	2539.3	9111.94
V	14.16	88.12	24.8	270.74	23.57	245.84	30.54	29.7	33.58	176.02
Mn	1255.2	1068.45	599.16	1035.85	1139.79	1206.29	238.44	297.52	864.05	1491.38
Co	2.05	7.64	2.22	23.36	3	31.75	1.52	1.47	2.75	33.39
Cu	3.39	16.99	5.09	32.37	2.7	19.44	5.42	5.13	5.7	90.79
Ga	18.15	19.26	15.2	11.91	15.27	17.37	15.43	15.98	12.61	20.86
Rb	29.03	6.54	45.75	27.22	7.43	5.53	121.79	55.84	67.54	6.31
Sr	244.96	248.88	134.99	1755.88	167.09	671.02	119.87	73.71	81.78	512.63
Y	36.46	29.5	22.35	20.25	28.89	12.66	28.9	28.39	21.7	25.04
Zr	170.86	126.51	204.85	52.72	155.28	32.78	308.66	166.97	169.95	77.49
Nb	3.47	3.48	4.24	1.73	3.25	1.19	8.9	4.61	3.93	1.67
Cs	0.35	0.1	0.81	2.05	0.14	0.62	2.91	0.59	0.5	0.51
Ba	651.68	94.85	773.27	476.84	501.53	152.1	959.32	744.03	737.23	271.22
La	16.68	11.14	12.88	5.11	9.1	3.49	25.58	14.15	11.68	6.85
Ce	39.15	29.42	29.54	13.69	33.1	9.34	54.56	32.86	27.59	18.38
Pr	5.19	3.64	3.73	2.13	3.26	1.5	6.71	4.36	3.5	2.78
Nd	23.87	17.46	15.8	11.27	16.09	8.06	27.15	19.1	14.84	13.98
Sm	5.99	4.58	3.79	3.32	4.39	2.38	5.75	4.67	3.54	3.98
Eu	1.81	1.44	0.89	1.39	1.39	0.98	1.32	1.3	1.04	1.52
Gd	6.41	5.14	4.03	3.89	4.97	2.7	5.72	5.03	3.73	4.63
Tb	1.06	0.83	0.68	0.63	0.84	0.43	0.86	0.81	0.6	0.76
Dy	6.58	5.22	4.31	3.96	5.38	2.65	5.18	5.02	3.76	4.77
Ho	1.38	1.1	0.92	0.81	1.14	0.54	1.07	1.05	0.8	0.99
Er	4.08	3.26	2.83	2.3	3.46	1.51	3.17	3.14	2.45	2.79
Tm	0.61	0.48	0.44	0.32	0.52	0.21	0.48	0.48	0.37	0.4
Yb	4.09	3.22	3.04	2.05	3.43	1.36	3.24	3.2	2.58	2.55
Lu	0.64	0.51	0.49	0.31	0.54	0.21	0.51	0.5	0.42	0.39
Hf	5.14	3.83	6	1.62	4.75	1.09	8.59	4.96	4.87	2.26
Ta	0.2	0.27	0.22	0.15	0.08	0.12	0.5	0.23	0.16	0.07
Pb	7.27	14.18	15.24	--	2.24	--	8.43	4.06	3.87	--
Th	2.56	1.71	2.45	0.26	1.9	0.15	8.33	2.43	2.29	0.37
U	0.95	0.73	0.97	--	0.78	--	1.96	1.14	0.95	0.02

Дээж	16Z32	16Z33	16Z35	16Z36	16Z37	16Z38	16Z40	16Z41	16Z42	16Z44
SiO2	50.86	69.31	55.51	64.97	62.19	66.91	69.23	71.97	68.18	62.45
Al2O3	15.57	15.13	17.3	14.9	14.65	15.15	14.66	13.34	14.27	16.5
Fe2O3	12.03	2.35	8.85	4.83	6.64	4.25	3.75	3.48	4.85	5.23
CaO	6.44	1.37	6.17	2.96	1.55	2.62	0.71	1.07	1.24	3.39
MgO	4.79	0.31	3.21	1.56	2.11	1.11	1.33	0.71	1.18	3.62
K2O	0.97	4.61	1.04	0.92	1.36	1.67	1.86	1.87	1.88	0.57
Na2O	5.05	4.66	3.89	6.36	7.02	5.8	5.88	5.54	5.86	4.53
MnO	0.21	0.08	0.17	0.1	0.16	0.14	0.09	0.08	0.1	0.09
TiO2	1.51	0.57	0.96	0.86	1.24	0.78	0.59	0.62	0.68	0.68
P2O5	0.34	0.11	0.23	0.29	0.44	0.23	0.13	0.14	0.14	0.23
LOI	2.05	1.35	2.5	2.11	2.42	1.2	1.65	1.09	1.51	2.51
Total	99.82	99.83	99.84	99.87	99.8	99.86	99.87	99.91	99.88	99.79
Li	13.92	20.54	19.89	17.18	20.37	10.03	27.69	5.64	10.67	18.89
Be	0.7	1.59	0.7	1.24	1.05	1.44	0.93	1.05	1.3	1.21
P	1509.58	500.11	1080.9	1390.4	2066.43	1042.18	665.17	664.33	700.79	953.75
Sc	39.29	7.45	21.99	11.43	20.49	8	10.57	5.8	12.34	11.23
Ti	9201.92	3474.95	5836.36	5185.01	7396.6	4639.77	3482.31	3577.5	3960.77	4023.76
V	211.7	27.75	243.73	81.69	70.34	56.81	56.36	61.01	64.05	30.84
Mn	1615.62	605.27	1183.55	778.03	1296.1	1114.03	666.44	619.74	763.04	695.52
Co	30.99	1.41	21.54	5.77	5.19	3.98	5.7	4.27	6.22	20.34
Cu	78.88	6.31	45.21	8.67	2.52	6.06	10.81	15.23	27.48	108.51
Ga	18.94	16.56	17.78	20.38	19.66	19.58	16.63	11.6	14.38	17.95
Rb	8.12	116.04	13.55	13.79	15.25	22.07	32.94	27.6	31.41	7.56
Sr	619.12	168.01	614.38	241.16	326.41	339.24	347.83	109.58	194.36	1083.78
Y	25.99	27.43	20.38	36.97	39.32	34.73	21.96	21.45	26.88	17.6
Zr	84.32	293.43	87.69	183.84	161.59	199.71	131.57	122.45	133.49	125.41
Nb	2.38	9.5	2.45	4.37	4.42	4.66	3.63	3.17	3.44	4.93
Cs	0.17	2.11	0.68	0.29	0.35	0.58	4.72	0.75	1.04	0.3
Ba	472.94	1017.07	395.81	336.97	675.63	519.18	569.98	483.96	613.43	424.62
La	7.14	22.77	8.55	11.46	12.38	9.75	9.2	8.64	11.31	13.13
Ce	19.67	48.64	21.44	33.03	31.74	30.91	22.45	21.51	26.38	31.45
Pr	2.8	6.17	2.75	4.12	4.68	3.55	2.94	2.83	3.78	4.28
Nd	14.47	25.15	13.26	19.96	23.3	16.68	13.28	13.11	16.94	18.44
Sm	4.15	5.37	3.46	5.36	6.37	4.49	3.37	3.24	4.29	4.13
Eu	1.58	1.4	1.22	1.69	2.06	1.48	1.02	0.95	1.28	1.25
Gd	4.78	5.24	3.83	6.03	7.24	5.22	3.73	3.53	4.67	4.27
Tb	0.79	0.8	0.62	1.01	1.19	0.9	0.62	0.57	0.77	0.63
Dy	4.89	4.81	3.77	6.48	7.36	5.84	3.92	3.63	4.83	3.49
Ho	1.01	0.99	0.77	1.38	1.52	1.25	0.83	0.77	1.01	0.67
Er	2.91	2.98	2.24	4.16	4.43	3.85	2.51	2.39	3.02	1.79
Tm	0.42	0.45	0.33	0.63	0.64	0.59	0.38	0.36	0.45	0.24
Yb	2.68	3.05	2.15	4.24	4.24	4	2.58	2.51	3.1	1.47
Lu	0.41	0.48	0.34	0.67	0.66	0.64	0.4	0.4	0.48	0.22
Hf	2.52	8.16	2.56	5.35	4.69	5.71	4.03	3.8	4.15	3.44
Ta	0.03	0.52	0.08	0.19	0.27	0.21	0.16	0.11	0.13	0.28
Pb	2.7	9.51	0.71	9.85	1.91	0.73	2.53	3	4.14	4.27
Th	0.44	7.93	1.29	1.16	1.03	1.2	1.63	1.44	1.74	2.11
U	0.13	2.52	0.39	1.2	2.06	0.43	1.67	0.67	0.87	0.83

Дээж	16Z45	16Z47	16Z48	16Z50	16Z52	16Z53	16Z54	16Z55	16Z56	16Z57
SiO2	58.5	61.64	60.87	69.79	56.57	57	54.2	52.94	53.63	69.17
Al2O3	17.19	16.5	16.6	14.38	16.41	16.57	16.14	17.33	16.94	14.49
Fe2O3	5.73	5.28	5.28	2.93	7.15	7.09	7.39	8.27	6.01	3.1
CaO	5.13	5.88	5.82	0.93	7.4	7.41	8.79	7.56	9.24	2.4
MgO	3.81	3.23	3.32	0.74	3.87	3.92	0.96	1.41	0.96	1.32
K2O	0.7	2.1	1.91	3.76	0.91	0.83	2.35	1.67	2.42	2.12
Na2O	3.48	2.89	3.48	4.76	3.67	3.28	3.06	4.06	3.83	4.01
MnO	0.11	0.09	0.09	0.06	0.13	0.11	0.1	0.13	0.09	0.07
TiO2	0.71	0.64	0.63	0.65	1.01	1	1.12	1.18	1.15	0.43
P2O5	0.19	0.2	0.2	0.1	0.45	0.44	0.44	0.46	0.46	0.1
LOI	4.28	1.38	1.57	1.72	2.16	2.06	5.27	4.78	5.08	2.64
Total	99.82	99.83	99.77	99.82	99.72	99.71	99.82	99.78	99.8	99.87
Li	47.39	11.37	13.1	12.22	5.43	4.52	22.85	34.61	18.31	23.69
Be	0.84	1.01	0.96	1.54	1.41	1.41	1.53	1.2	1.56	1.19
P	923.49	930.47	936.11	501.99	1915.58	1874.74	1874.61	1988.52	1946.7	489.51
Sc	12.02	12.67	12.57	8.02	16.05	15.62	18.34	19.16	18.66	5.9
Ti	4380.83	3790.53	3827.18	3841.65	6106.02	5971.85	6874.37	7072.82	6863.7	2511.28
V	117.87	122.96	117.02	24.6	179.32	171.43	184.07	214.77	189.16	54.57
Mn	853.33	712.62	729.81	485.64	1029.55	914.36	759	966.35	642	521.26
Co	19.87	16.16	16.72	2.67	22.22	21.59	18.71	19.4	15.81	5.86
Cu	2.95	41.99	73.37	8.2	76.28	62.7	83.95	65.71	39.47	21.52
Ga	19.24	17.21	17.62	15.2	19.08	18.96	18.6	19.05	18.94	14.02
Rb	11.03	38.12	38.7	75.38	16.73	21.35	46.68	33.37	43.64	53.78
Sr	898.85	636.08	660.62	216.97	1299.13	1304.7	620.94	873.72	732.35	368.52
Y	10.39	13.23	13.3	29.69	16.12	16.1	19.61	20.11	20.63	14.23
Zr	110	124.43	126.34	273.78	155.5	152.86	167.52	176.59	169.5	152.35
Nb	4.59	5.66	5.41	9.25	10.04	9.72	9.51	9.86	9.66	4.21
Cs	0.66	0.52	0.51	1.61	14.62	14.43	2.19	1.42	0.81	1.19
Ba	416.99	605.48	617.56	1037.55	806.98	842.82	519.52	698.75	652.55	550.29
La	10.25	15.25	14.98	24.08	22.2	21.95	21.85	22.81	22.45	12.89
Ce	24.57	32.46	32.26	54	47.03	46.48	46.78	49.04	47.57	28.4
Pr	3.17	3.88	3.84	6.87	5.76	5.68	5.82	6.05	5.94	3.43
Nd	13.21	15.65	15.46	28.36	23.42	22.94	24.18	25.09	24.7	13.81
Sm	2.79	3.27	3.21	6.15	4.6	4.56	5.03	5.15	5.16	2.77
Eu	0.93	1.01	0.99	1.55	1.47	1.45	1.55	1.64	1.62	0.8
Gd	2.71	3.25	3.23	6.01	4.42	4.36	4.99	5.15	5.13	2.75
Tb	0.38	0.46	0.45	0.91	0.6	0.59	0.71	0.72	0.72	0.41
Dy	2.13	2.55	2.55	5.37	3.23	3.21	3.86	4	4	2.42
Ho	0.41	0.5	0.49	1.1	0.61	0.61	0.75	0.77	0.78	0.5
Er	1.15	1.41	1.38	3.2	1.7	1.67	2.09	2.15	2.18	1.53
Tm	0.16	0.2	0.2	0.49	0.23	0.23	0.29	0.3	0.3	0.24
Yb	1.09	1.33	1.31	3.26	1.52	1.49	1.89	1.94	1.97	1.65
Lu	0.16	0.2	0.2	0.5	0.23	0.23	0.28	0.29	0.29	0.27
Hf	3.08	3.31	3.34	7.6	3.85	3.84	4.17	4.44	4.26	4.33
Ta	0.28	0.38	0.35	0.43	0.56	0.56	0.51	0.53	0.52	0.21
Pb	7.23	5.57	5.69	7.52	7.93	13.89	4.96	2.96	4.64	7.39
Th	1.84	2.65	2.58	4.96	2.72	2.66	3.14	3.41	3.21	3.68
U	0.55	0.86	0.82	1.92	1.02	0.88	0.91	1.27	1.03	1.34

Дээж	16Z61	16Z62	16Z64	16Z65	16Z66	16Z67	16Z68	16Z69	16Z70	16Z71
SiO2	71.63	65.9	66.2	64.77	65.39	65.35	61.32	70.4	67.74	67.9
Al2O3	13.27	15.21	15.2	16.93	16.3	16.25	17.44	15.16	16.43	16.66
Fe2O3	4.2	5.49	3.67	3.44	3.51	5	5.4	2.19	2.12	2.47
CaO	1.96	2.76	2.65	1.23	1.28	2.99	3.37	2.93	3.75	2.54
MgO	1.16	1.7	1.05	0.83	0.8	1.73	2.15	0.97	0.43	0.75
K2O	3.55	3.6	4.87	5.12	5.47	1.15	1.97	4.14	4.21	2.81
Na2O	1.69	2.1	2.66	5.42	4.89	4.56	5.41	1.43	2.68	4.77
MnO	0.1	0.13	0.08	0.07	0.08	0.06	0.08	0.06	0.07	0.05
TiO2	0.54	0.76	0.77	0.79	0.75	0.61	0.67	0.33	0.38	0.45
P2O5	0.05	0.11	0.17	0.22	0.2	0.24	0.21	0.08	0.46	0.24
LOI	1.67	2.04	2.23	1.01	1.17	1.89	1.78	2.12	1.55	1.18
Total	99.81	99.8	99.54	99.83	99.84	99.83	99.79	99.8	99.82	99.82
Li	23.33	30.31	22.07	11.14	11.56	19.22	15.26	11.52	8.89	10.65
Be	1.03	1.27	2.24	2.1	2	1.2	1.14	1.48	1.57	1.26
P	254.23	510.63	117.21	984.71	929.46	1019.3	934.29	392.58	1920	1042.81
Sc	9.73	13.33	4.19	8.56	8.62	8.03	9.22	2.99	2.79	4.94
Ti	3200.63	4248.11	648.83	4633.38	4418.18	3550.71	4009.91	1921.52	2264.49	2651.07
V	82.33	119.03	35.02	60.08	59.37	54.98	114.61	28.71	48.97	61.6
Mn	781.81	1007.46	612.11	536.87	605.53	510.14	601.2	459.69	526.69	365.75
Co	11.89	9.84	5.78	5.71	4.9	10.07	14.11	3.17	2.77	5.28
Cu	48.12	64.48	15.3	23.59	20.65	8.25	43.43	10.52	13.94	50.06
Ga	14.76	17.14	13.41	15.36	17.9	18.71	20.25	17.13	17.66	17.25
Rb	81.27	68.18	50.98	103.46	114.44	38.64	40.03	71.99	60.3	47.38
Sr	628.14	553.61	965.67	244.96	204.4	598.12	646.8	512.11	577.36	455.97
Y	13.31	15.33	18.15	23.92	22.59	10.9	9.96	8.34	24.9	13.37
Zr	129.22	128.42	257.97	268.32	257.18	94.15	111.57	142.36	127.43	119.56
Nb	4.45	4.1	4.17	13.24	12.91	3.96	4.97	5.83	6.49	4.9
Cs	2.4	2	1.97	0.6	0.57	1.11	2.35	2.17	1.51	1.05
Ba	934.39	807.07	1915.7	951.32	922.69	647.09	770.35	1219.5	940.19	962.38
La	9.01	11.85	17.1	26.87	27.21	18.94	16.44	17.23	29.04	27.4
Ce	19.27	27.91	37.37	57.36	56.8	35.55	32.21	32.82	58.42	49.27
Pr	2.33	3.49	4.87	7.06	6.88	5.1	3.89	3.76	7.07	5.67
Nd	9.15	14.66	19.89	27.91	26.9	21	15.35	14.02	26.61	20.63
Sm	2.03	3.26	4.34	5.67	5.49	3.82	2.96	2.41	4.17	3.36
Eu	0.85	1.06	1.71	1.44	1.41	1.17	1.09	0.86	1.18	0.99
Gd	2.21	3.37	4.21	5.44	5.23	3.34	2.81	2.16	4.37	3.13
Tb	0.37	0.51	0.63	0.78	0.75	0.44	0.38	0.28	0.59	0.41
Dy	2.35	2.96	3.71	4.45	4.23	2.28	2.07	1.52	3.34	2.21
Ho	0.5	0.59	0.75	0.89	0.84	0.42	0.4	0.31	0.71	0.45
Er	1.56	1.69	2.23	2.59	2.45	1.18	1.12	0.92	2.07	1.33
Tm	0.25	0.25	0.34	0.38	0.36	0.17	0.16	0.14	0.29	0.2
Yb	1.72	1.68	2.27	2.58	2.42	1.16	1.07	1.04	1.76	1.35
Lu	0.27	0.25	0.35	0.4	0.38	0.18	0.17	0.17	0.29	0.22
Hf	3.66	3.57	6.87	7.27	6.93	2.65	3.08	3.83	3.56	3.19
Ta	0.23	0.07	0.15	0.75	0.79	0.21	0.28	0.32	0.34	0.25
Pb	6.39	8.49	18.51	9.74	11.47	4.72	4.69	6.66	8.57	3.7
Th	3.7	2.95	5.81	9.1	8.74	1.99	3.31	3.5	2.91	2.39
U	1.27	1.49	2.77	3.4	3.1	1.2	0.75	1.16	1.51	1.02

Дээж	16Z72	16Z73	16Z74	16Z75	16Z76	16Z77	16Z78	16Z80	16Z81
SiO2	61.83	54.6	67.26	66.66	78.92	79.37	81.1	52.07	51.74
Al2O3	15.21	15.84	15.37	15.4	12.24	11.41	11.06	17.05	16.32
Fe2O3	4.2	7.94	3.66	3.68	1.23	1.24	0.42	9.13	8.57
CaO	3.91	5.28	2.29	2.29	0.05	0.2	0.55	6.12	5.06
MgO	1.69	3.02	0.87	0.94	0.02	0.01	0.03	5.16	4.96
K2O	4.08	1.04	3.55	3.93	2.54	2.13	1.01	2.09	2.51
Na2O	3.65	5.65	4.58	4.42	3.78	4.36	4.59	3.35	4.17
MnO	0.09	0.13	0.11	0.12	0.03	0	0.01	0.13	0.14
TiO2	0.64	0.83	0.75	0.75	0.09	0.1	0.07	1.33	1.35
P2O5	0.19	0.23	0.2	0.19	0	0	0	0.47	0.54
LOI	4.33	5.24	1.18	1.44	1.02	1.1	1.1	2.88	4.3
Total	99.81	99.81	99.84	99.83	99.93	99.94	99.95	99.78	99.66
Li	26.94	27.8	13.23	17.45	18.41	7.79	6.98	39.9	33.33
Be	1.46	1.25	1.57	1.49	1.89	1.5	1.34	1.62	1.57
P	839.87	334.93	885.08	875.45	55.73	74.28	72.38	2113.27	2486.43
Sc	12.24	19.43	10.91	10.96	3.87	2.03	1.41	14.99	19.02
Ti	3784.76	451.78	4420.35	4487.71	560.02	598.16	424.76	8222.36	8440.96
V	89.34	74.68	34.84	36.08	14.65	5.72	4.01	203.6	185.06
Mn	708.41	1035.53	879.92	951.62	244.78	33.25	37.14	1051.22	1092.8
Co	9.18	18.91	3.12	3.33	0.19	1.29	0.32	31.49	28.85
Cu	31.06	28.49	8.14	4.67	2.08	10.4	2.74	62.88	67.6
Ga	16.24	15.37	16.88	17.75	18.63	16.18	12.94	20.01	19.69
Rb	79.51	14.78	57.72	67.77	74.98	42.16	23.25	57.68	62.16
Sr	262.77	736.48	233.97	246.75	47.13	14.97	28.97	902.88	1044.19
Y	21.78	17.02	27.22	28.29	34.56	36.74	29.3	18.56	19.59
Zr	185.2	98.32	202.15	208.4	311.25	262.49	234.16	158.6	179.11
Nb	12.15	8.17	13.48	13.91	15.61	17.28	14.49	8.32	10.89
Cs	1.66	1.42	0.54	0.55	2.49	1.57	1.3	1.55	1.98
Ba	1035.57	585.65	1089.44	1021.12	145.78	114.33	87.58	610.18	1867.04
La	21.76	14.19	25.93	24.88	31.88	30.34	26.9	18.37	22.55
Ce	42.67	31.44	52.55	51.82	64.53	61.56	54.43	43.42	48.93
Pr	5.26	4.07	6.38	6.41	7.72	7.19	6.5	5.33	6.07
Nd	20.73	17.14	25.71	25.94	29.29	26.98	24.64	23.38	25.57
Sm	4.44	3.94	5.51	5.59	6.02	5.62	5.13	5.18	5.45
Eu	1.29	1.28	1.6	1.61	0.19	0.12	0.11	1.72	2
Gd	4.43	3.93	5.58	5.72	5.94	5.83	5.12	5.04	5.25
Tb	0.67	0.6	0.85	0.87	0.98	0.99	0.81	0.71	0.74
Dy	3.98	3.53	4.98	5.16	6.01	6.31	5.08	3.82	3.96
Ho	0.81	0.7	1.04	1.06	1.27	1.35	1.09	0.72	0.75
Er	2.4	2.03	3.03	3.06	3.87	4.11	3.38	1.91	2.01
Tm	0.37	0.29	0.45	0.46	0.61	0.64	0.53	0.26	0.28
Yb	2.46	1.94	3.03	3.05	4.14	4.33	3.67	1.61	1.76
Lu	0.38	0.3	0.47	0.47	0.66	0.66	0.57	0.24	0.26
Hf	5.06	2.74	5.54	5.72	8.36	7.88	7.01	3.89	4.26
Ta	0.74	0.52	0.74	0.74	0.86	0.93	0.95	0.42	0.61
Pb	6.66	2.68	7.9	8.39	7	10.06	2.3	5.67	5.79
Th	5.66	2.09	5.45	5.52	7.51	8.2	6.78	1.85	2.25
U	2.24	0.81	2.11	2.06	1.96	2.82	2.19	0.65	0.8

Цохиотын дүүргийн девоны Баянбулаг болон карбоны формацууд 16Z10 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн

Хүснэгт 20

	Th/U	Харьцаа						Нас, сая жил					
		<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	1s	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	1s	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1s
1	1.55	0.0540	0.0017	0.3976	0.0118	0.0534	0.0007	372	45	340	9	335	4
2	0.53	0.0557	0.0015	0.5011	0.0131	0.0652	0.0007	441	38	412	9	407	4
3	1.41	0.0892	0.0022	0.7437	0.0179	0.0605	0.0007	1408	29	565	10	378	4
4	1.99	0.0533	0.0017	0.3942	0.0118	0.0536	0.0007	342	45	337	9	337	4
5	1.37	0.0546	0.0024	0.4101	0.0173	0.0545	0.0009	394	66	349	12	342	5
6	1.18	0.0846	0.0022	0.7039	0.0179	0.0603	0.0007	1307	31	541	11	378	4
7	1.48	0.0876	0.0032	0.8483	0.0299	0.0702	0.0012	1374	43	624	16	437	7
8	1.32	0.0544	0.0015	0.4022	0.0106	0.0537	0.0006	386	38	343	8	337	4
9	1.79	0.0538	0.0015	0.3982	0.0107	0.0537	0.0006	362	40	340	8	337	4
10	1.51	0.0542	0.0016	0.4100	0.0115	0.0549	0.0007	379	42	349	8	344	4
11	1.48	0.0795	0.0021	0.6267	0.0157	0.0571	0.0007	1186	32	494	10	358	4
12	1.27	0.0559	0.0034	0.4192	0.0250	0.0544	0.0011	448	97	355	18	341	7
13	0.91	0.0524	0.0075	0.3922	0.0548	0.0543	0.0021	302	242	336	40	341	13
14	1.62	0.0618	0.0039	0.5451	0.0331	0.0639	0.0014	668	92	442	22	399	8
15	1.47	0.0537	0.0020	0.3995	0.0142	0.0539	0.0007	360	55	341	10	338	5
16	1.52	0.0534	0.0016	0.4091	0.0119	0.0556	0.0007	345	44	348	9	349	4
17	1.28	0.0548	0.0016	0.4016	0.0115	0.0532	0.0006	402	42	343	8	334	4
18	2.1	0.0563	0.0022	0.4215	0.0157	0.0543	0.0008	463	57	357	11	341	5
19	1.51	0.0557	0.0015	0.4193	0.0112	0.0546	0.0006	441	39	356	8	343	4
20	2.05	0.0580	0.0034	0.4325	0.0243	0.0541	0.0010	528	90	365	17	340	6

Цохиотын дүүргийн девоны Баянбулаг болон карбоны формацууд 16Z26 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн

Хүснэгт 21

	Th/U	Харьцаа						Нас, сая жил					
		<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	1s	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	1s	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1s
1	0.79	0.0516	0.0012	0.2855	0.0062	0.0402	0.0004	266	32	255	5	254	3
2	0.68	0.0539	0.0023	0.3999	0.0165	0.0538	0.0007	368	69	342	12	338	4
3	0.44	0.0531	0.0052	0.4053	0.0387	0.0554	0.0013	332	173	345	28	347	8
4	0.45	0.0698	0.0016	1.4513	0.0323	0.1509	0.0017	921	27	910	13	906	10
5	0.51	0.0541	0.0036	0.4035	0.0263	0.0541	0.0011	373	111	344	19	340	7
6	0.65	0.0542	0.0022	0.4035	0.0159	0.0540	0.0007	379	65	344	11	339	4
7	0.52	0.0538	0.0022	0.4015	0.0157	0.0542	0.0007	361	64	343	11	340	4
8	0.55	0.0528	0.0018	0.3973	0.0133	0.0546	0.0007	320	54	340	10	342	4
9	0.36	0.0702	0.0012	1.5011	0.0248	0.1551	0.0015	934	19	931	10	929	8
10	0.51	0.0505	0.0015	0.3781	0.0110	0.0543	0.0006	219	46	326	8	341	4
11	0.65	0.0532	0.0021	0.3993	0.0153	0.0544	0.0007	338	64	341	11	342	4
12	0.72	0.0532	0.0020	0.4036	0.0144	0.0550	0.0007	336	58	344	10	345	4
13	0.45	0.0536	0.0046	0.3989	0.0332	0.0540	0.0014	355	141	341	24	339	9
14	0.6	0.0653	0.0024	0.4441	0.0158	0.0493	0.0006	784	53	373	11	310	4
15	0.83	0.0525	0.0023	0.3959	0.0167	0.0547	0.0008	306	70	339	12	343	5
16	0.51	0.0516	0.0023	0.3907	0.0170	0.0549	0.0008	269	73	335	12	344	5
17	0.52	0.0523	0.0016	0.3964	0.0119	0.0549	0.0006	300	48	339	9	345	4
18	0.6	0.0567	0.0021	0.4103	0.0150	0.0525	0.0007	480	58	349	11	330	4
19	0.88	0.0530	0.0041	0.3964	0.0297	0.0542	0.0012	329	129	339	22	340	8
20	0.94	0.0683	0.0019	0.4141	0.0110	0.0440	0.0005	876	36	352	8	277	3
21	0.8	0.0532	0.0019	0.3999	0.0142	0.0545	0.0007	339	57	342	10	342	4
22	0.54	0.1587	0.0029	4.2966	0.0737	0.1963	0.0020	2442	16	1693	14	1155	11
23	0.5	0.0526	0.0031	0.3957	0.0225	0.0546	0.0009	311	99	338	16	343	6
24	0.89	0.0528	0.0019	0.3989	0.0136	0.0548	0.0007	321	53	341	10	344	4
25	1.11	0.0545	0.0016	0.4039	0.0110	0.0537	0.0006	393	40	344	8	337	4
26	0.74	0.0538	0.0025	0.3985	0.0177	0.0538	0.0008	361	74	341	13	338	5
27	0.42	0.0531	0.0021	0.3933	0.0152	0.0537	0.0007	331	64	337	11	337	4
28	0.63	0.0527	0.0021	0.3932	0.0150	0.0541	0.0007	315	64	337	11	340	4
29	0.6	0.0535	0.0033	0.4069	0.0242	0.0552	0.0011	349	99	347	17	346	7
30	0.48	0.0533	0.0028	0.3947	0.0199	0.0537	0.0009	343	85	338	14	337	5

Цохиотын дүүргийн девоны Баянбулаг болон карбоны формацууд 16Z27 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн

Хүснэгт 22

	Th/U	Харьцаа						Нас, сая жил					
		<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	1s	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	1s	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1s
1	0.39	0.0540	0.0092	0.4009	0.0669	0.0539	0.0022	370	299	342	48	338	13
2	0.5	0.0525	0.0039	0.3966	0.0291	0.0548	0.0010	309	133	339	21	344	6
3	0.73	0.0541	0.0038	0.4010	0.0279	0.0538	0.0010	375	123	342	20	338	6
4	0.61	0.0544	0.0066	0.4014	0.0478	0.0535	0.0018	387	205	343	35	336	11
5	0.35	0.0534	0.0045	0.4177	0.0343	0.0567	0.0010	346	154	354	25	356	6
6	0.58	0.0532	0.0036	0.4044	0.0271	0.0551	0.0009	338	122	345	20	346	6
7	0.37	0.0525	0.0111	0.4032	0.0837	0.0557	0.0028	308	340	344	61	349	17
8	0.63	0.0566	0.0025	0.4015	0.0175	0.0515	0.0008	475	70	343	13	324	5
9	0.61	0.0532	0.0022	0.4000	0.0162	0.0546	0.0008	335	67	342	12	343	5
10	0.74	0.0531	0.0044	0.3955	0.0320	0.0540	0.0013	334	140	338	23	339	8
11	0.7	0.0529	0.0062	0.3955	0.0450	0.0542	0.0018	323	196	338	33	341	11
12	0.47	0.0525	0.0083	0.3980	0.0617	0.0550	0.0023	306	270	340	45	345	14
13	0.57	0.0541	0.0017	0.4073	0.0126	0.0546	0.0007	373	48	347	9	343	4
14	0.44	0.0539	0.0026	0.4010	0.0191	0.0540	0.0008	366	80	342	14	339	5
15	0.48	0.0523	0.0042	0.3886	0.0304	0.0539	0.0010	298	143	333	22	338	6
16	0.41	0.0511	0.0032	0.4042	0.0250	0.0574	0.0009	243	114	345	18	360	5
17	0.59	0.0533	0.0035	0.4023	0.0254	0.0548	0.0011	340	108	343	18	344	6
18	0.48	0.0542	0.0039	0.4011	0.0284	0.0536	0.0009	381	129	342	21	337	6
19	0.4	0.0535	0.0035	0.4001	0.0256	0.0542	0.0010	349	112	342	19	341	6
20	0.61	0.0531	0.0027	0.3999	0.0195	0.0546	0.0008	332	83	342	14	343	5
21	0.59	0.0514	0.0028	0.3935	0.0210	0.0555	0.0008	259	96	337	15	348	5
22	0.44	0.0535	0.0026	0.3940	0.0187	0.0534	0.0008	348	81	337	14	336	5
23	0.45	0.0533	0.0059	0.4006	0.0429	0.0545	0.0017	342	184	342	31	342	10
24	0.26	0.0544	0.0019	0.2514	0.0084	0.0335	0.0004	388	53	228	7	212	3
25	0.49	0.0568	0.0028	0.4440	0.0210	0.0567	0.0008	485	79	373	15	355	5
26	0.91	0.0536	0.0062	0.4029	0.0453	0.0546	0.0017	353	197	344	33	342	10
27	0.41	0.0538	0.0046	0.3925	0.0331	0.0529	0.0012	362	150	336	24	332	7
28	0.37	0.0548	0.0082	0.4061	0.0598	0.0537	0.0019	406	267	346	43	337	12
29	0.47	0.0528	0.0041	0.4001	0.0305	0.0550	0.0010	319	140	342	22	345	6
30	0.38	0.0516	0.0035	0.3936	0.0265	0.0553	0.0009	269	125	337	19	347	5

Цохиотын дүүргийн девоны Баянбулаг болон карбоны формацууд 16Z36 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн

Хүснэгт 23

	Th/U	Харьцаа						Нас, сая жил					
		<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pt	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	1s	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pt	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	1s	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1s
1	0.82	0.0533	0.0050	0.3954	0.0365	0.0539	0.0011	340	172	338	27	338	7
2	1.35	0.0539	0.0030	0.3994	0.0219	0.0538	0.0008	367	96	341	16	338	5
3	0.61	0.0544	0.0088	0.3976	0.0638	0.0531	0.0014	386	310	340	46	333	9
4	0.82	0.0532	0.0058	0.3849	0.0415	0.0525	0.0010	336	207	331	30	330	6
5	0.82	0.0534	0.0057	0.3910	0.0408	0.0532	0.0014	345	186	335	30	334	9
6	0.74	0.0546	0.0046	0.4093	0.0343	0.0544	0.0010	395	157	348	25	341	6
7	0.74	0.0552	0.0065	0.3992	0.0460	0.0525	0.0014	420	210	341	33	330	9
8	0.85	0.0553	0.0072	0.4123	0.0522	0.0541	0.0019	424	221	351	37	340	11
9	0.7	0.0548	0.0106	0.4104	0.0776	0.0543	0.0025	404	334	349	56	341	15
10	0.65	0.0523	0.0084	0.3960	0.0623	0.0549	0.0020	298	282	339	45	345	12
11	1.06	0.0559	0.0045	0.4118	0.0318	0.0534	0.0013	450	128	350	23	335	8
12	0.81	0.0483	0.0053	0.3822	0.0415	0.0575	0.0012	112	203	329	31	360	7
13	0.89	0.0532	0.0056	0.3963	0.0413	0.0540	0.0011	339	200	339	30	339	7
14	0.84	0.0535	0.0070	0.4003	0.0512	0.0543	0.0019	350	222	342	37	341	12
15	0.59	0.0548	0.0216	0.4043	0.1574	0.0535	0.0040	403	600	345	114	336	24
16	0.85	0.0540	0.0051	0.3853	0.0359	0.0518	0.0010	369	176	331	26	326	6
17	0.85	0.0529	0.0046	0.3915	0.0336	0.0537	0.0012	325	155	335	25	337	7
18	0.79	0.0538	0.0065	0.4008	0.0476	0.0540	0.0016	364	213	342	35	339	10
19	0.72	0.0528	0.0078	0.3909	0.0565	0.0537	0.0016	320	266	335	41	337	10
20	0.69	0.0534	0.0070	0.4079	0.0529	0.0554	0.0016	346	239	347	38	348	10
21	0.68	0.0530	0.0183	0.3997	0.1361	0.0548	0.0041	327	503	341	99	344	25
22	0.65	0.0554	0.0094	0.4023	0.0670	0.0527	0.0020	428	300	343	49	331	12
23	0.93	0.0532	0.0046	0.4028	0.0341	0.0550	0.0010	336	158	344	25	345	6
24	0.61	0.0534	0.0096	0.3993	0.0708	0.0542	0.0018	348	319	341	51	340	11
25	0.79	0.0535	0.0057	0.4036	0.0423	0.0547	0.0014	350	189	344	31	343	9
26	0.81	0.0534	0.0073	0.4003	0.0540	0.0544	0.0016	346	250	342	39	341	10
27	0.52	0.0567	0.0234	0.4061	0.1656	0.0520	0.0038	478	647	346	120	327	23
28	0.58	0.0541	0.0083	0.4017	0.0603	0.0538	0.0018	376	276	343	44	338	11
29	0.91	0.0516	0.0077	0.3944	0.0580	0.0555	0.0019	267	263	338	42	348	12
30	0.54	0.0493	0.0092	0.3809	0.0709	0.0561	0.0015	161	309	328	52	352	9

Цохиотын дүүргийн девоны Баянбулаг болон карбоны формацууд 16Z45 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн

Хүснэгт 24

	Th/U	Харьцаа						Нас, сая жил					
		<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pt	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	1s	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pt	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	1s	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1s
1	0.65	0.0703	0.0201	0.4864	0.1372	0.0502	0.0027	937	507	402	94	316	17
2	0.63	0.0508	0.0247	0.3749	0.1812	0.0535	0.0034	233	750	323	134	336	21
3	0.45	0.0903	0.0232	0.6182	0.1560	0.0497	0.0028	1431	433	489	98	313	17
4	0.62	0.0542	0.0204	0.3769	0.1407	0.0504	0.0027	381	597	325	104	317	17
5	0.75	0.0525	0.0141	0.3616	0.0952	0.0500	0.0031	307	395	313	71	314	19
6	0.64	0.0508	0.0107	0.3620	0.0756	0.0517	0.0015	231	347	314	56	325	9
7	0.55	0.0527	0.0143	0.3700	0.0985	0.0509	0.0030	318	406	320	73	320	18
8	0.52	0.0529	0.0141	0.3644	0.0956	0.0500	0.0028	323	405	316	71	315	17
9	0.59	0.0527	0.0119	0.3715	0.0834	0.0512	0.0016	315	380	321	62	322	10
10	0.48	0.0530	0.0258	0.3710	0.1794	0.0508	0.0037	328	763	320	133	320	22
11	0.71	0.0525	0.0268	0.3678	0.1862	0.0509	0.0045	305	774	318	138	320	28
12	0.55	0.0525	0.0103	0.3763	0.0730	0.0521	0.0016	306	339	324	54	327	10
13	0.62	0.0536	0.0102	0.3765	0.0707	0.0510	0.0020	354	328	324	52	320	13
14	0.69	0.0514	0.0096	0.3630	0.0668	0.0513	0.0020	258	309	314	50	322	12
15	0.63	0.0513	0.0136	0.3656	0.0952	0.0517	0.0028	254	399	316	71	325	17
16	0.56	0.0526	0.0134	0.3597	0.0906	0.0496	0.0024	312	395	312	68	312	15
17	0.48	0.0532	0.0235	0.3565	0.1564	0.0487	0.0028	336	702	310	117	306	17
18	0.51	0.0546	0.0121	0.3693	0.0812	0.0491	0.0015	394	395	319	60	309	9
19	0.67	0.0556	0.0503	0.3938	0.3535	0.0514	0.0068	436	1155	337	258	323	42
20	0.58	0.0528	0.0126	0.3864	0.0913	0.0531	0.0017	322	399	332	67	333	10
21	0.66	0.0529	0.0357	0.3612	0.2416	0.0495	0.0050	325	1020	313	180	312	31
22	0.51	0.0534	0.0124	0.3738	0.0860	0.0508	0.0018	348	388	322	64	319	11
23	0.73	0.0534	0.0080	0.3728	0.0556	0.0507	0.0013	344	288	322	41	319	8
24	0.65	0.0536	0.0216	0.3589	0.1435	0.0486	0.0023	355	646	311	107	306	14
25	0.51	0.0527	0.0131	0.3670	0.0910	0.0506	0.0016	315	415	317	68	318	10
26	0.5	0.0564	0.0105	0.3802	0.0697	0.0490	0.0017	466	341	327	51	308	11
27	0.54	0.0518	0.0086	0.3679	0.0605	0.0515	0.0012	278	306	318	45	324	8
28	0.85	0.0557	0.0040	0.3839	0.0272	0.0500	0.0008	442	129	330	20	314	5
29	0.73	0.0531	0.0088	0.3754	0.0615	0.0513	0.0013	334	313	324	45	322	8
30	0.8	0.0521	0.0044	0.3756	0.0315	0.0523	0.0009	290	159	324	23	329	6

Цохиотын дүүргийн девоны Баянбулаг болон карбоны формацууд 16Z50 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн

Хүснэгт 25

	Th/U	Харьцаа						Нас, сая жил					
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1s	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1s	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1s	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1s	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1s	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1s
1	0.54	0.0523	0.0014	0.3536	0.0090	0.0491	0.0006	299	37	307	7	309	4
3	0.64	0.0542	0.0010	0.3710	0.0065	0.0497	0.0005	380	21	320	5	312	3
4	0.42	0.0513	0.0011	0.3619	0.0076	0.0512	0.0006	256	29	314	6	322	3
5	0.97	0.0530	0.0013	0.3668	0.0085	0.0502	0.0006	329	32	317	6	316	3
8	0.61	0.0549	0.0015	0.3833	0.0102	0.0507	0.0006	408	38	329	7	319	4
9	0.55	0.0551	0.0015	0.3816	0.0098	0.0502	0.0006	418	36	328	7	316	4
10	0.37	0.0542	0.0022	0.3753	0.0148	0.0502	0.0007	379	64	324	11	316	4
11	0.64	0.0523	0.0014	0.3727	0.0099	0.0517	0.0006	299	39	322	7	325	4
14	0.43	0.0520	0.0013	0.3617	0.0089	0.0505	0.0006	284	36	313	7	317	3
15	0.45	0.0522	0.0012	0.3621	0.0076	0.0503	0.0005	295	29	314	6	316	3
16	0.67	0.0547	0.0018	0.3753	0.0120	0.0498	0.0006	398	49	324	9	313	4
18	0.47	0.0538	0.0013	0.3770	0.0086	0.0509	0.0006	361	31	325	6	320	3
19	0.78	0.0544	0.0010	0.3850	0.0066	0.0513	0.0005	388	21	331	5	323	3
20	0.83	0.0524	0.0012	0.3518	0.0077	0.0487	0.0005	304	30	306	6	306	3
21	0.4	0.0551	0.0015	0.3732	0.0098	0.0492	0.0006	415	37	322	7	309	4
22	0.69	0.0545	0.0017	0.3737	0.0114	0.0498	0.0006	391	46	322	8	313	4
23	1.45	0.0540	0.0020	0.3807	0.0135	0.0512	0.0007	369	57	328	10	322	4

Цохиотын дүүргийн девоны Баянбулаг болон карбоны формацууд 16Z57 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн

Хүснэгт 26

	Th/U	Харьцаа						Нас, сая жил					
		<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1s	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	1s	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1s
1	0.49	0.0512	0.0094	0.3748	0.0682	0.0532	0.0018	250	376	323	50	334	11
2	0.54	0.0527	0.0040	0.3376	0.0254	0.0466	0.0008	314	140	295	19	293	5
3	0.73	0.0531	0.0024	0.3674	0.0161	0.0502	0.0007	333	75	318	12	316	4
4	0.85	0.0544	0.0021	0.3831	0.0142	0.0511	0.0006	389	60	329	10	321	4
5	0.66	0.0537	0.0054	0.3824	0.0377	0.0517	0.0014	359	173	329	28	325	9
6	0.78	0.0531	0.0018	0.3926	0.0132	0.0536	0.0006	335	55	336	10	337	4
7	0.9	0.0559	0.0021	0.3921	0.0145	0.0510	0.0006	447	60	336	11	320	4
8	0.53	0.0578	0.0030	0.3940	0.0198	0.0495	0.0008	522	83	337	14	311	5
9	0.6	0.0599	0.0027	0.4201	0.0184	0.0509	0.0007	599	70	356	13	320	5
10	0.51	0.0526	0.0031	0.3793	0.0217	0.0524	0.0008	309	101	327	16	329	5
11	0.93	0.0517	0.0017	0.3690	0.0116	0.0518	0.0006	271	51	319	9	326	4
12	0.65	0.0523	0.0026	0.3669	0.0180	0.0509	0.0007	299	87	317	13	320	4
13	0.5	0.0609	0.0038	0.4357	0.0265	0.0520	0.0009	634	102	367	19	327	5
14	0.5	0.0533	0.0055	0.3861	0.0393	0.0526	0.0011	343	192	332	29	330	7
15	0.74	0.0530	0.0031	0.3714	0.0210	0.0509	0.0007	329	102	321	16	320	5
16	0.65	0.0525	0.0035	0.3697	0.0239	0.0512	0.0009	305	117	319	18	322	5
17	0.45	0.0503	0.0048	0.3706	0.0346	0.0535	0.0011	207	173	320	26	336	7
18	0.77	0.0533	0.0030	0.3722	0.0206	0.0507	0.0008	341	97	321	15	319	5
19	0.81	0.0513	0.0027	0.3690	0.0191	0.0522	0.0007	256	93	319	14	328	5
20	0.52	0.0539	0.0046	0.3808	0.0314	0.0513	0.0012	368	146	328	23	322	7
21	0.42	0.0543	0.0055	0.3770	0.0379	0.0504	0.0010	384	190	325	28	317	6
22	0.66	0.0533	0.0033	0.3706	0.0225	0.0504	0.0008	343	110	320	17	317	5
23	0.79	0.0524	0.0044	0.3631	0.0297	0.0503	0.0009	302	153	315	22	316	6
24	0.88	0.0539	0.0014	0.3789	0.0095	0.0511	0.0006	365	37	326	7	321	3
25	0.74	0.0516	0.0027	0.3732	0.0192	0.0525	0.0007	268	92	322	14	330	5
26	0.66	0.0522	0.0032	0.3774	0.0223	0.0525	0.0010	295	101	325	16	330	6
27	0.89	0.0519	0.0045	0.3681	0.0313	0.0515	0.0013	282	147	318	23	323	8
28	0.64	0.0525	0.0030	0.3796	0.0212	0.0525	0.0009	307	95	327	16	330	6
29	0.42	0.0541	0.0051	0.3804	0.0353	0.0511	0.0013	374	162	327	26	321	8
30	0.64	0.0524	0.0024	0.3733	0.0163	0.0517	0.0008	303	73	322	12	325	5

Цохиотын дүүргийн девоны Баянбулаг болон карбоны формацууд 16Z61 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн

Хүснэгт 27

	Th/U	Харьцаа						Нас, сая жил					
		<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	1s	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	1s	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1s
1	0.28	0.0527	0.0017	0.3670	0.0115	0.0505	0.0006	314	72	317	9	318	4
2	0.54	0.0513	0.0016	0.3500	0.0109	0.0495	0.0006	252	72	305	8	312	4
3	0.63	0.0536	0.0020	0.3696	0.0136	0.0500	0.0007	354	83	319	10	315	4
4	0.7	0.0519	0.0012	0.3653	0.0084	0.0511	0.0006	279	54	316	6	321	4
5	0.51	0.0526	0.0015	0.3725	0.0103	0.0514	0.0006	310	64	322	8	323	4
7	0.45	0.0549	0.0017	0.3758	0.0113	0.0496	0.0006	408	67	324	8	312	4
8	0.48	0.0514	0.0015	0.3669	0.0102	0.0518	0.0006	260	65	317	8	325	4
9	0.41	0.0514	0.0028	0.3522	0.0189	0.0497	0.0008	258	121	306	14	313	5
10	0.4	0.0526	0.0015	0.3647	0.0101	0.0503	0.0006	312	63	316	7	316	4
11	0.37	0.0532	0.0019	0.3748	0.0129	0.0511	0.0007	337	78	323	10	321	4
12	0.46	0.0525	0.0017	0.3727	0.0118	0.0515	0.0007	308	72	322	9	324	4
13	0.5	0.0521	0.0018	0.3581	0.0119	0.0498	0.0006	290	76	311	9	314	4
14	0.39	0.0531	0.0020	0.3779	0.0141	0.0516	0.0007	333	85	326	10	325	4
15	0.43	0.0540	0.0014	0.3758	0.0093	0.0505	0.0006	369	56	324	7	318	4
16	0.5	0.0543	0.0019	0.3781	0.0130	0.0505	0.0007	382	77	326	10	318	4
17	0.39	0.0531	0.0016	0.3725	0.0112	0.0509	0.0006	333	68	322	8	320	4
18	0.48	0.0531	0.0019	0.3687	0.0129	0.0503	0.0007	335	79	319	10	317	4
20	0.42	0.0519	0.0018	0.3678	0.0121	0.0514	0.0007	282	76	318	9	323	4
21	0.61	0.0533	0.0029	0.3664	0.0191	0.0498	0.0009	342	116	317	14	314	5
22	0.48	0.0527	0.0018	0.3694	0.0124	0.0508	0.0007	317	77	319	9	320	4
23	0.4	0.0529	0.0025	0.3697	0.0168	0.0507	0.0008	326	102	319	12	319	5
24	0.57	0.0536	0.0020	0.3749	0.0133	0.0507	0.0007	356	80	323	10	319	4
25	0.32	0.0525	0.0018	0.3713	0.0124	0.0513	0.0007	306	76	321	9	323	4
27	0.4	0.0540	0.0028	0.3687	0.0184	0.0495	0.0009	371	111	319	14	312	5
28	0.65	0.0518	0.0015	0.3608	0.0101	0.0506	0.0006	274	64	313	8	318	4
29	0.63	0.0534	0.0019	0.3697	0.0131	0.0502	0.0007	345	80	319	10	316	4
30	0.59	0.0523	0.0020	0.3616	0.0133	0.0502	0.0007	297	83	313	10	316	4

Цохиотын дүүргийн девоны Баянбулаг болон карбоны формацууд 16Z64 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн

Хүснэгт 28

	Th/U	Харьцаа						Нас, сая жил					
		<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	1s	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	1s	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1s
1	0.78	0.0532	0.0082	0.4231	0.0642	0.0577	0.0020	336	274	358	46	362	12
2	0.51	0.0518	0.0022	0.4183	0.0176	0.0585	0.0008	278	73	355	13	367	5
3	0.66	0.0543	0.0025	0.4304	0.0192	0.0575	0.0008	383	76	363	14	360	5
4	0.62	0.0526	0.0038	0.4234	0.0301	0.0583	0.0009	313	135	358	21	365	5
5	0.99	0.0534	0.0024	0.4260	0.0188	0.0579	0.0008	344	76	360	13	363	5
6	0.73	0.0538	0.0023	0.4288	0.0182	0.0578	0.0008	361	72	362	13	362	5
7	1.19	0.0538	0.0016	0.4259	0.0123	0.0575	0.0007	361	45	360	9	360	4
8	0.51	0.0551	0.0039	0.4290	0.0297	0.0565	0.0010	414	122	362	21	354	6
9	0.58	0.0542	0.0040	0.4302	0.0313	0.0576	0.0011	377	130	363	22	361	7
10	0.64	0.0538	0.0014	0.4279	0.0106	0.0576	0.0006	364	36	362	8	361	4
11	0.93	0.0534	0.0019	0.4215	0.0147	0.0572	0.0007	348	57	357	11	359	4
12	0.62	0.0537	0.0013	0.3788	0.0087	0.0511	0.0005	359	33	326	6	321	3
13	1.34	0.0539	0.0022	0.4262	0.0166	0.0573	0.0007	367	64	360	12	359	5
14	0.8	0.0539	0.0021	0.4325	0.0167	0.0582	0.0007	367	65	365	12	365	4
15	0.29	0.0522	0.0017	0.2940	0.0096	0.0409	0.0005	293	53	262	7	258	3
16	0.62	0.0532	0.0032	0.4218	0.0244	0.0575	0.0009	336	102	357	17	361	6
17	0.8	0.0589	0.0024	0.5056	0.0204	0.0623	0.0008	563	66	415	14	389	5
18	0.69	0.0536	0.0027	0.4274	0.0212	0.0578	0.0008	356	87	361	15	362	5
19	1.21	0.0537	0.0025	0.4275	0.0192	0.0578	0.0008	357	76	361	14	362	5
20	0.6	0.0737	0.0163	0.5444	0.1171	0.0536	0.0031	1033	361	441	77	336	19

Цохиотын дүүргийн девоны Баянбулаг болон карбоны формацууд 16Z66 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн

Хүснэгт 29

	Th/U	Харьцаа						Нас, сая жил					
		<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	1s	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	1s	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1s
1	0.58	0.0536	0.0048	0.4229	0.0373	0.0572	0.0012	354	161	358	27	359	8
2	0.68	0.0534	0.0039	0.4277	0.0304	0.0581	0.0010	344	129	362	22	364	6
3	0.39	0.0541	0.0025	0.4301	0.0190	0.0576	0.0008	376	76	363	14	361	5
4	0.62	0.0543	0.0066	0.4321	0.0518	0.0577	0.0016	382	220	365	37	362	10
5	1.59	0.0536	0.0032	0.4282	0.0250	0.0579	0.0009	356	103	362	18	363	6
6	0.51	0.0545	0.0097	0.4311	0.0755	0.0574	0.0022	391	318	364	54	360	13
7	0.68	0.0536	0.0147	0.4287	0.1154	0.0580	0.0032	355	423	362	82	363	19
8	0.42	0.0532	0.0023	0.4271	0.0177	0.0582	0.0007	339	71	361	13	365	5
9	0.55	0.0541	0.0039	0.4308	0.0304	0.0578	0.0010	374	128	364	22	362	6
10	0.48	0.0540	0.0016	0.4309	0.0125	0.0579	0.0007	372	45	364	9	363	4
11	0.51	0.0584	0.0024	0.4698	0.0191	0.0583	0.0007	545	67	391	13	366	5
12	0.52	0.0542	0.0090	0.4237	0.0692	0.0567	0.0021	379	296	359	49	356	13
13	0.56	0.0534	0.0022	0.4208	0.0165	0.0571	0.0007	347	65	357	12	358	5
14	0.59	0.0539	0.0047	0.4320	0.0370	0.0581	0.0011	367	159	365	26	364	7
15	0.56	0.0540	0.0042	0.4297	0.0329	0.0577	0.0011	371	140	363	23	362	7
16	0.45	0.0544	0.0016	0.4277	0.0119	0.0570	0.0006	389	43	362	8	357	4
17	0.42	0.0546	0.0014	0.4308	0.0108	0.0573	0.0006	395	37	364	8	359	4
18	0.61	0.0537	0.0029	0.4213	0.0219	0.0569	0.0008	359	93	357	16	357	5
19	0.46	0.0536	0.0031	0.4228	0.0241	0.0572	0.0008	355	103	358	17	359	5
20	0.51	0.0540	0.0025	0.4283	0.0194	0.0575	0.0007	372	79	362	14	360	4
21	1.26	0.0542	0.0029	0.4228	0.0217	0.0566	0.0009	378	88	358	15	355	5
22	0.75	0.0544	0.0075	0.4278	0.0579	0.0571	0.0019	386	244	362	41	358	11
23	0.53	0.0547	0.0055	0.4292	0.0421	0.0569	0.0013	399	180	363	30	357	8
24	0.75	0.0543	0.0070	0.4279	0.0537	0.0571	0.0017	384	228	362	38	358	10
25	0.44	0.0850	0.0032	0.6739	0.0249	0.0575	0.0008	1316	51	523	15	360	5
26	0.44	0.0535	0.0031	0.4300	0.0244	0.0583	0.0009	348	101	363	17	366	5
27	0.53	0.0550	0.0052	0.3556	0.0326	0.0469	0.0011	413	166	309	24	295	7
28	0.78	0.0550	0.0014	0.4086	0.0099	0.0539	0.0006	411	35	348	7	339	4
29	1.05	0.0526	0.0016	0.4246	0.0129	0.0586	0.0007	311	48	359	9	367	4
30	1.11	0.0541	0.0016	0.4311	0.0121	0.0578	0.0006	377	43	364	9	362	4

Цохиотын дүүргийн девоны Баянбулаг болон карбоны формацууд 16Z76 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн

Хүснэгт 30

	Th/U	Харьцаа						Нас, сая жил					
		<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	1s	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1s	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1s
1	0.53	0.0603	0.0012	0.5011	0.0095	0.0603	0.0006	615	24	412	6	377	4
2	0.49	0.0538	0.0013	0.4240	0.0097	0.0572	0.0006	362	32	359	7	358	4
3	0.38	0.0538	0.0013	0.4267	0.0101	0.0575	0.0006	362	34	361	7	361	4
4	0.55	0.0737	0.0016	0.6025	0.0129	0.0593	0.0006	1032	26	479	8	371	4
5	0.33	0.0533	0.0012	0.4229	0.0089	0.0575	0.0006	342	29	358	6	361	4
6	0.47	0.0543	0.0037	0.4245	0.0283	0.0567	0.0010	384	117	359	20	355	6
7	0.49	0.0538	0.0017	0.4225	0.0132	0.0569	0.0007	364	49	358	9	357	4
8	0.59	0.0540	0.0011	0.4257	0.0081	0.0571	0.0006	372	25	360	6	358	4
9	1.2	0.2344	0.0036	2.1580	0.0310	0.0668	0.0007	3082	11	1168	10	417	4
10	0.65	0.0543	0.0012	0.4280	0.0088	0.0572	0.0006	383	28	362	6	359	4
11	0.58	0.0541	0.0024	0.4265	0.0184	0.0572	0.0008	374	72	361	13	359	5
12	0.45	0.0537	0.0023	0.4240	0.0175	0.0573	0.0008	356	69	359	12	359	5
13	0.68	0.0536	0.0013	0.4214	0.0101	0.0570	0.0006	356	35	357	7	357	4
14	0.42	0.0541	0.0012	0.4257	0.0093	0.0571	0.0006	375	31	360	7	358	4
15	0.43	0.0537	0.0013	0.4248	0.0096	0.0574	0.0006	358	32	359	7	360	4
16	0.46	0.0537	0.0011	0.4255	0.0082	0.0575	0.0006	357	25	360	6	361	4
17	0.46	0.0549	0.0054	0.4359	0.0421	0.0576	0.0014	408	173	367	30	361	9
18	0.38	0.0536	0.0012	0.4226	0.0095	0.0572	0.0006	353	32	358	7	359	4
19	0.43	0.0539	0.0057	0.4320	0.0448	0.0581	0.0015	367	186	365	32	364	9
20	0.48	0.0601	0.0013	0.5260	0.0113	0.0635	0.0007	606	29	429	8	397	4
21	0.46	0.0537	0.0019	0.4219	0.0141	0.0570	0.0007	359	54	357	10	357	4
22	0.76	0.0531	0.0013	0.4230	0.0100	0.0578	0.0006	333	34	358	7	362	4
23	0.55	0.0539	0.0013	0.4246	0.0098	0.0571	0.0006	367	33	359	7	358	4
24	1.03	0.0538	0.0026	0.4289	0.0206	0.0579	0.0008	361	83	362	15	363	5
25	0.5	0.0543	0.0073	0.4263	0.0556	0.0569	0.0018	385	235	361	40	357	11
26	0.41	0.0537	0.0026	0.4283	0.0202	0.0579	0.0008	357	81	362	14	363	5
27	0.34	0.0535	0.0014	0.4271	0.0109	0.0579	0.0006	350	38	361	8	363	4
28	0.66	0.0541	0.0010	0.4264	0.0077	0.0572	0.0006	375	23	361	5	358	3
29	0.45	0.0539	0.0013	0.4289	0.0099	0.0578	0.0006	365	33	362	7	362	4
30	0.43	0.0535	0.0013	0.4249	0.0100	0.0576	0.0006	352	34	360	7	361	4

Цохиотын дүүргийн девоны Баянбулаг болон карбоны формацууд 16Z77 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн

Хүснэгт 31

	Th/U	Харьцаа						Нас, сая жил					
		<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	1s	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	1s	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1s
1	0.59	0.1197	0.0021	0.9944	0.0164	0.0603	0.0006	1952	16	701	8	377	4
2	0.58	0.0528	0.0096	0.4227	0.0749	0.0581	0.0023	318	309	358	53	364	14
3	0.51	0.0540	0.0032	0.4236	0.0245	0.0569	0.0009	369	101	359	17	357	6
4	0.71	0.0540	0.0011	0.4285	0.0085	0.0576	0.0006	369	27	362	6	361	4
5	0.54	0.0536	0.0011	0.4231	0.0084	0.0572	0.0006	356	27	358	6	359	4
6	1.5	0.4478	0.0067	5.0077	0.0709	0.0811	0.0008	4078	10	1821	12	503	5
7	0.81	0.0538	0.0013	0.4213	0.0096	0.0568	0.0006	361	33	357	7	356	4
8	1.14	0.2586	0.0040	2.3801	0.0345	0.0668	0.0007	3238	11	1237	10	417	4
9	0.52	0.0612	0.0014	0.5205	0.0114	0.0617	0.0007	645	29	425	8	386	4
10	0.56	0.0544	0.0017	0.4295	0.0126	0.0573	0.0007	387	45	363	9	359	4
11	0.5	0.0532	0.0011	0.4217	0.0088	0.0575	0.0006	336	29	357	6	361	4
12	0.52	0.0538	0.0014	0.4215	0.0103	0.0569	0.0006	361	36	357	7	357	4
13	0.64	0.1395	0.0023	1.1866	0.0186	0.0617	0.0006	2221	14	794	9	386	4
14	0.87	0.0551	0.0018	0.4339	0.0137	0.0571	0.0007	415	49	366	10	358	4
15	0.79	0.0631	0.0014	0.5301	0.0112	0.0609	0.0006	713	27	432	7	381	4
16	0.28	0.0531	0.0014	0.4236	0.0111	0.0579	0.0006	333	39	359	8	363	4
17	0.56	0.0529	0.0016	0.4236	0.0122	0.0581	0.0007	323	45	359	9	364	4
18	1.39	0.4650	0.0075	4.8020	0.0722	0.0749	0.0008	4134	11	1785	13	466	5
19	0.39	0.0543	0.0013	0.4276	0.0100	0.0571	0.0006	384	33	361	7	358	4
20	0.56	0.0547	0.0011	0.4309	0.0087	0.0571	0.0006	402	27	364	6	358	4
21	0.57	0.0541	0.0016	0.4268	0.0124	0.0572	0.0007	375	45	361	9	359	4
22	0.59	0.0537	0.0011	0.4253	0.0083	0.0574	0.0006	359	26	360	6	360	4
23	0.46	0.0540	0.0015	0.4406	0.0115	0.0592	0.0007	371	39	371	8	371	4
24	0.47	0.0536	0.0024	0.4275	0.0187	0.0579	0.0008	352	74	361	13	363	5
25	0.6	0.0536	0.0013	0.4228	0.0099	0.0572	0.0006	355	34	358	7	359	4
26	0.46	0.0538	0.0015	0.4246	0.0113	0.0572	0.0006	364	40	359	8	359	4
27	0.55	0.0546	0.0031	0.4293	0.0239	0.0570	0.0009	397	96	363	17	357	6
28	0.49	0.0539	0.0012	0.4287	0.0092	0.0577	0.0006	368	30	362	7	361	4
29	0.68	0.1169	0.0020	0.9913	0.0164	0.0615	0.0006	1910	16	699	8	385	4

Цохиотын дүүргийн девоны Баянбулаг болон карбоны формацууд 16Z79 дээжний үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүн

Хүснэгт 32

	Th/U	Харьцаа						Нас, сая жил					
		<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pt	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	1s	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pt	1s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	1s	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1s
1	0.31	0.0537	0.0014	0.4211	0.0106	0.0569	0.0006	359	57	357	8	357	4
2	0.89	0.0540	0.0014	0.4266	0.0103	0.0574	0.0006	369	35	361	7	360	4
3	0.25	0.0536	0.0020	0.4258	0.0154	0.0576	0.0007	354	59	360	11	361	4
4	0.48	0.0532	0.0014	0.4265	0.0111	0.0582	0.0006	337	39	361	8	364	4
5	0.52	0.0537	0.0011	0.4284	0.0085	0.0579	0.0006	359	27	362	6	363	4
6	0.72	0.0540	0.0011	0.4311	0.0085	0.0580	0.0006	369	27	364	6	363	4
7	0.86	0.0537	0.0013	0.4284	0.0104	0.0579	0.0006	358	36	362	7	363	4
8	1.09	0.0538	0.0010	0.4281	0.0073	0.0577	0.0006	364	21	362	5	361	3
9	0.42	0.0544	0.0012	0.4311	0.0093	0.0575	0.0006	386	30	364	7	361	4
10	0.36	0.0533	0.0014	0.4244	0.0105	0.0577	0.0006	343	36	359	7	362	4
11	0.52	0.0536	0.0012	0.4233	0.0090	0.0573	0.0006	353	30	358	6	359	4
12	0.85	0.0538	0.0024	0.4305	0.0191	0.0581	0.0008	361	75	364	14	364	5
13	0.51	0.0577	0.0011	0.4814	0.0091	0.0606	0.0006	517	24	399	6	379	4
14	0.4	0.0536	0.0012	0.4241	0.0092	0.0574	0.0006	355	30	359	7	360	4
15	0.53	0.0541	0.0010	0.4278	0.0079	0.0574	0.0006	375	24	362	6	360	4
16	0.8	0.0533	0.0021	0.4235	0.0158	0.0576	0.0007	342	62	359	11	361	4
17	0.58	0.0537	0.0013	0.4258	0.0097	0.0575	0.0006	359	32	360	7	360	4
18	0.68	0.0538	0.0012	0.4271	0.0092	0.0576	0.0006	361	30	361	7	361	4
19	0.43	0.1523	0.0026	1.3781	0.0219	0.0656	0.0007	2372	14	880	9	410	4
20	0.47	0.0528	0.0010	0.4198	0.0074	0.0576	0.0006	322	23	356	5	361	3
21	0.46	0.0547	0.0018	0.4297	0.0138	0.0570	0.0007	398	51	363	10	357	4
22	0.53	0.0529	0.0010	0.4218	0.0079	0.0578	0.0006	325	25	357	6	362	4
23	0.53	0.0543	0.0014	0.4285	0.0109	0.0573	0.0006	384	38	362	8	359	4
24	0.42	0.0561	0.0012	0.4273	0.0085	0.0552	0.0006	457	26	361	6	347	3
25	0.91	0.0541	0.0010	0.4276	0.0078	0.0573	0.0006	376	23	361	6	359	4
26	0.53	0.0534	0.0013	0.4240	0.0096	0.0576	0.0006	345	32	359	7	361	4
27	0.53	0.0962	0.0016	0.7851	0.0120	0.0592	0.0006	1551	15	588	7	371	4
28	0.48	0.0540	0.0016	0.4250	0.0125	0.0571	0.0007	369	46	360	9	358	4
29	0.57	0.1236	0.0019	1.0841	0.0155	0.0636	0.0006	2009	13	746	8	398	4

## АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

### **Ганц сэдэвт бүтээл болон эрдэм шинжилгээний өгүүлэлүүд:**

- Albanesi, G.L., Bergström, S.M., Melchor, R.N. 2003. The San Jorge Formation, La Pampa Province, Argentina, dated by means of conodonts. *Ameghiniana* 40 (4), 77-78.
- Andersson, S., Wagner, T., Jonsson, E., Michallik, M. 2018. Mineralogy, paragenesis, and mineral chemistry of REEs in the Olserum-Djupedal REE-phosphate mineralization, SE Sweden, *American Mineralogist*, 103, 125-142
- 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, p. 87–110
- Bailey, E.H. & Ragnarsdottir, K.V. 1994. Uranium and thorium solubilities in subduction zone fluids. *Earth and Planetary Science Letters*, 124, 119-129
- Baiyegunhi, C., Liu, K., Gwavava, O. 2017. Geochemistry of sandstones and shales from the Ecca Group, Karoo Supergroup, in the Eastern Cape Province of South Africa: Implications for provenance, weathering and tectonic setting. *Open Geosciences*. 2017. 340-360
- Barker, F. 1979. Trondhjemite: Definition, Environment and Hypotheses of Origin, In: F. Barker, Ed., *Trondhjemites, Dacites, and Related Rocks, Developments in Petrology*, v. 6, 1-12
- Barnes, Christopher & Fahreus, Lars. 1975. Provinces, communities, and the proposed nekto-benthic habit of Ordovician conodontophorids. *Lethaia*. 8. 133-149.
- Belousova, E., Griffin, W.L., O'Reilly, S.Y., Fisher, N. 2002. Igneous zircon: trace element composition as an indicator of source rock type. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 143, 602 -622
- Bhatia, M.R. 1983. Plate Tectonics and Geochemical Composition of Sandstone. *The Journal of Geology*. 91. 611-627
- Bhatia, M.R. and Crook, K.A.W. 1986. Trace Element Characteristics of Graywackes and Tectonic Setting Discrimination of Sedimentary Basins. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 92, 181-193
- Blatt, H., Middleton, G.V. and Murray, R.C. 1980. *Origin of Sedimentary Rocks*. 2nd Ed., Prentice-Hall, New Jersey, 634
- Blight, J.H.S., Crowley, Q.G., Petterson, M.G., Cunningham, D., 2010. Granites of the Southern Mongolia Carboniferous Arc: new geochronological and geochemical constraints. *Lithos* 116 (1), 35–52.
- Bold, U., Crowley, J.L., Smith, E.F., Sambuu, O., Macdonald, F.A. 2016. Neoproterozoic to early Paleozoic tectonic evolution of the Zavkhan terrane of Mongolia: Implications for continental growth in the Central Asian orogenic belt. *Lithosphere* 8, 729–750
- Bold, U., Yukio, I., Shogo, A., Shuhei, S., Akira, I., Yusuke, S., Hikaru, S. 2019. Precambrian basement, provenance implication, and tectonic evolution of the Gargan block of the Tuva-Mongolia terranes, Central Asian Orogenic Belt. *Gondwana Research*. 75.

- Bracciali, L., Marroni, M., Pandolfi, L. and Rocchi, S. 2007. Geochemistry and petrography of Western Tethys Cretaceous sedimentary covers (Corsica and Northern Apennines): from source areas to configuration of margins. In: J. Arribas, S. Cretelli, and M. J. Johnson (Eds.) *Sedimentary Provenance and Petrogenesis: Perspective for Petrography and Geochemistry. Geological Society of American Special Paper*, 420. 73 -93
- Breiter, K., Lamarão, C. N., Borges, R. M. K., & Dall'Agnol, R. (2014). Chemical characteristics of zircon from A-type granites and comparison to zircon of S-type granites. *Lithos*, 192-195, 208–225.
- Brian J. Darby, B.J., Gehrels, G. 2006. Detrital zircon reference for the North China block, *Journal of Asian Earth Sciences*, 26, Issue 6, 637-648.
- Burenkhuu, E., Gotovsuren, A., Badarch G., Dagvatseren, A., 1995. Report of 1:200000 scale geological mapping, State Geological Fund of Mineral Resources and Petroleum Authority of Mongolia, No4877, Ulaanbaatar (in Mongolian).
- Buriánek, D., Schulmann, K, Hrdličková, K., Hanžl, P., Janoušek, V., Gerdes, A., Lexa, O. 2017. Geochemical and geochronological constraints on distinct Early-Neoproterozoic and Cambrian accretionary events along southern margin of the Baydrag Continent in western Mongolia. *Gondwana Research*. 200-227
- Cawood, P. A. & Buchan, C. 2007. Linking accretionary orogenesis with supercontinent assembly. *EarthScience Reviews*, 82, 217–256.
- Chappell, B.W. and White, A.J.R. 1974. Two Contrasting Granite Types. *Pacific Geology*, 8, 173-174
- Chen, X.Y., Wang, Y.J., Sun, L.H., Fan, W.M. 2009. Zircon SHRIMP U–Pb dating of the granitic gneisses from Bindaban and Laerdundaban (Tianshan Orogen) and their geological significances. *Geochimica* 38(5), 424–431 (in Chinese with English abstract).
- Christopher, M., Fedo, H., Wayne Nesbitt., Grant, M. Young. 1995. Unraveling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rocks and paleosols, with implications for paleoweathering conditions and provenance. *Geology* , 23 (10), 921–924.
- Condie K.C. 1993. Chemical composition and evolution of the upper continental crust: Constrasting result from surface samples and shales. *Chem. Geol* 104.1-37.
- Coney, P.J., Jones, D.L. and Monger, J.W.H., 1980. Cordilleran suspect terranes. *Nature*, 288: 329-333.
- Connelly, J.N., 2001. Degree of preservation of igneous zonation in zircon as a signpost for concordancy in U/Pb geochronology. *Chem. Geol.* 172, 25–39.
- Corfu, F., Hanchar, J. M., Hoskin, P. W. O. and Kinny, P. D. 2003. An atlas of zircon textures. In *Zircon* (eds. J. M. Hanchar and P. W. O. Hoskin) *Rev. in Mineralogy and Geochemistry. Mineralogical Society of America*. 53. 469-500
- Cornell, D. H., S. S. Schutte, and B. L. Eglington. 1996. The Ongeluk basaltic andesite formation in Griqualand West, South-Africa: Submarine alteration in a 2222 Ma Proterozoic sea, *Precambrian Res.*,79, 101–123.

- Cox, R., Lowe, D.R., Cullers, R.L. 1995. The influence of sediment recycling and basement composition on evolution of mudrock chemistry in the southwestern United States. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59, 2919-2940
- Cullers, R.I., Barret, T., Carlson, R. & Robinson, B. 1987. Rare earth element and mineralogical changes in Holocene soil and stream sediment: a case study in the Wet Mountains, Colorado, USA. *Chemical Geology*, 63, 275–295.
- Cullers, R.L. 2002. Implications of Elemental Concentrations for Provenance, Redox Conditions, and Metamorphic Studies of Shales and Limestones near Pueblo, CO, USA. *Chemical Geology*, 191, 305-327.
- Cullers, R.L. and Podkovyrov, V.N. 2000. Geochemistry of the Mesoproterozoic Lakhanda Shales in Southern Yakutia, Russia: Implications for Mineralogical and Provenance Control, and Recycling. *Precambrian Research*, 104, 77-93.
- Cullers, R.L., Basu, A. and Suttner, L.J. 1988. Geochemical Signature of Provenance in Sand-Size Material in Soils and Stream Sediments near the Tobacco Root Batholith, Montana, USA. *Chemical Geology*, 70, 335-348.
- Degtyarev, K., Yakubchuk, A., Tretyakov, A., Kotov, A., Kovach, V., 2017. Precambrian geology of the Kazakhstan Uplands and Tien Shan: an overview. *Gondwana Research*.
- Degtyarev, K.E., and Ryazantsev, A.V. 2007. Cambrian Arc–Continent Collision in the Paleozooids of Kazakhstan. *Geotectonics*, 41 (1). 63-86
- Degtyarev, K.E., Tretyakov, A.A., Kovach, V.P., Kotov, A.B., Wang, K.L. 2015. Age and sources of Precambrian zircon-rutile deposits in the Kokchetav sialic massif (Northern Kazakhstan). *Doklady Earth Sciences*, 464 (2), 1005–1009
- Demoux, A., Kröner, A., Badarch, G., Jian, P., Tomurhuu, D., Wingate, M.T.D. 2009a. Zircon ages from the Baydrag block and the Bayankhongor ophiolite zone: time constraints on late Neoproterozoic to Cambrian subduction- and accretion-related magmatism in Central Mongolia. *Journal of Geology*, 117, 377–397
- Demoux, A., Kröner, A., Hegner, E., Badarch, G. 2009. Devonian arc-related magmatism in the Tseel terrane of SW Mongolia: chronological and geochemical evidence. *Journal of the Geological Society*, 166 (3), 459-471
- Demoux, A., Kröner, A., Liu, D., Badarch, G. 2009b. Precambrian crystalline basement in southern Mongolia as revealed by SHRIMP zircon dating. *International Journal of Earth Sciences*, 98, 1365–1380
- Dergunov AB ed. 2001. *Tectonics, Magmatism, and Metallogeny of Mongolia*. Routledge, London, pp 1–288
- Dickinson, W.R., Gehrels G.E. 2009. Use of U-Pb ages of detrital zircons to infer maximum depositional ages of strata: a test against a Colorado Plateau Mesozoic database *Earth Planet. Sci. Lett.* 288. 115-125
- Dobretsov, N.L. 2003. Evolution of structures of the Urals, Kazakhstan, Tien Shan, and Altai-Sayan region within the Ural-Mongolian fold belt (Paleoasian Ocean). *Russian Geology and Geophysics*, 44, 5–27
- Durante, M.B., 1976. Paleobotanical implications of stratigraphy of Carboniferous and Permian of Mongolia. *Transactions*. 19. Nauka, Moscow (in Russian).

- Fang, Y.N., Wu, C.D., Guo, Z.J., Hou, K.J., Dong, L., Wang, L.X, Li., L.L. 2015. Provenance of the southern Junggar Basin in the Jurassic: Evidence from detrital zircon geochronology and depositional environments. *Sedimentary Geology* 315, 47–63.
- Fedo, C.M. 2003. Detrital zircon analysis of the sedimentary record. *Rev. Mineral. Geochem* 53, 277-303
- Fedo, C.M., Nesbitt, H.M., Young, G.M, 1995. Unraveling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rocks and paleosols, with implications for paleoweathering conditions and provenance. *Geology*, 23, p.921-924
- Floyd, P. A.; Winchester, J. A.; and Park, R. G. 1989. Geochemistry and tectonic setting of Lewisian clastic metasediments from the Early Proterozoic Loch Maree Group of Gairloch, NW Scotland. *Precambrian Res.* 45, 203–214
- Floyd, P.A. and Leveridge, B.E. 1987. Tectonic Environment of the Devonian Gramscatho Basin South Cornwall: Framework Mode and Geochemical Evidence from Turbiditic Sandstones. *Journal of the Geological Society (London)*, 144, 531-542.
- Gao, F.H., Wang, F., Xu, W.L., Yang, Y. 2013. Age of the “Paleoproterozoic” Dongfengshan Group in the Lesser Xing’an Range, NE China, and its tectonic implications: constraints from zircon U-Pb geochronology. *Journal of Jilin University*, 43,440-456 (in Chinese with English abstract)
- Gao, J., Long, LL., Klemd, R., Qian, Q., Liu, DY., Xiong, XM., Su, W., Liu, W., Wang, YT., Yang, FQ. 2009a. Tectonic evolution of the South Tianshan orogen and adjacent regions, NW China: geochemical and age constraints of granitoid rocks. *Int J Earth Sci*, 98, 1221– 1238
- Gao, J., Wang, XS., Klemd, R., Jiang, T., Qian, Q., Mu, LX., Ma, YZ. 2015. Record of assembly and breakup of Rodinia in the Southwestern Altaids: evidence from neoproterozoic magmatism in the Chinese Western Tianshan Orogen. *J Asian Earth Sci*, 113, 173–193
- Guy, A., Schulmann, K., Clauer, N., Hasalová, P., Seltmann, R., Armstrong, R., Lexa, O., Benedicto, A., 2014. Late Paleozoic-Mesozoic tectonic evolution of the trans–Altai and south Gobi zones in southern Mongolia based on structural and geochronological data. *Gondwana Res.* 25 (1), 309–337.
- Han, J., Zhou, J.B., Li, L. 2017. Mesoproterozoic (~1.4Ga) A-type gneissic granites in the Xilinhote Block, NE China: First evidence for the break-up of Columbia in the eastern CAOB. *Precambrian Research*
- Hanchar, J. M., Westrenen, WV. 2007. Rare earth element behavior in zircon-melt systems. *Elements*, 3(1), 37–42
- Harnois, L. 1988. The CIW, Index: A New Chemical Index of Weathering. *Sedimentary Geology*, 55, 319-322
- Hayashi, K.I., Fujisawa, H., Holland, H.D. and Ohmoto, H. 1997. Geochemistry of 1.9 Ga sedimentary rocks from northeastern Labrador, Canada. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 61, 4115–4137
- He, J.W., Zhu, W.B, Zheng, B.Z., Wu, H.L., Cui, X., Lu, Y.Z. 2015. Neoproterozoic diamictitebearing sedimentary rocks in the northern Yili Block and their constraints on

- the Precambrian evolution of microcontinents in the Western Central Asian Orogenic Belt. *Tectonophysics*, 665, 23–36
- Herron, M.M. 1988. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data. *J. Sediment. Petrol.* 58, 820–829
- Hofmann, A.W., 2007. Sampling mantle heterogeneity through oceanic basalts: isotope and trace elements. *Treatise on Geochemistry* 2, 1–44.
- Hofmann, A.W. 1988. Chemical differentiation of the earth. The relationship between mantle, continental crust, and oceanic crust. *Earth Planet Sci Lett* 90, 297-314
- Hollocher, K., Robinson, P., Walsh, E., Roberts, D. 2012. Geochemistry of amphibolite-facies volcanics and gabbros of the Storen Nappe in extensions west and southwest of Trondheim, Western Gneiss Region, Norway: a key to correlations and paleotectonic settings. *American Journal of Science*, 31, 357-416
- Hoskin, P.W.O. 2005. Trace-element composition of hydrothermal zircon and the alteration of Hadean zircon from the Jack Hills, Australia. *Geochim Cosmochim Acta*, 69, 637–648.
- Hoskin, P.W.O., Ireland, T.R. 2000. Rare earth element chemistry of zircon and its use as a provenance indicator. *Geology*, 28, 627–630
- Hoskin, P.W.O., Schaltegger, U. 2003. The composition of zircon and igneous and metamorphic petrogenesis. *Rev Mineral Geochem*, 53, 27–62
- Hu, A., Jahn, B., Zhang, G., Chen, Y., Zhang, Q. 2000. Crustal evolution and Phanerozoic crustal growth in northern Xinjiang: Nd isotopic evidence. Part I. Isotopic characterization of basement rocks. *Tectonophysics* 328, 15–51
- Hu, A.Q., Wei, H.J., Jahn, B.M., Zhang, J.B., Deng, W-F., Chen, L.L. 2010. Formation of the 0.9 Ga Neoproterozoic granitoids in the Tianshan orogen, NW China: constraints from SHRIMP zircon age determination and its tectonic significance. *Geochimica*, 39, 197-212 (in Chinese with English abstract)
- Huang, B.C., Xu, B., Zhang, C.X., Li, Y.A., Zhu, R.X. 2005. Paleomagnetism of the Baiyisi volcanic rocks (ca. 740 Ma) of Tarim Northwest China: a continental fragment of Neoproterozoic Western Australia? *Precambrian Research*, 142, 83–92
- Huang, Z.Y., Long, X.P., Kröner, A., Yuan, C., Wang, Y.J., Chen, B., Zhang, Y.Y. 2015. Neoproterozoic granitic gneisses in the Chinese Central Tianshan Block: Implications for tectonic affinity and Precambrian crustal evolution. *Precambrian Research*, 269, 73–89
- Irvine, T.N., Baragar, W.R.A. 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can J Earth Sci* 8 (2), 523-548
- Jahn, B.M. 2004. The Central Asian Orogenic Belt evolution and growth of the continental crust in the Phanerozoic. In: Malpas, J., Fletcher, C.J.N., Ali, J.R., Aichison, J.C. (Eds.), *Aspects of the Tectonic Evolution of China*. Geological Society, London, Special Publications 226, 73-100.
- Jahn, B.M., Capdevila, R., Liu, D., Vernon, A., Badarch, G. 2004. Sources of Phanerozoic granitoids in the transect Bayanhongor-Ulaan Baatar, Mongolia: geochemical and Nd isotopic evidence, and implications for Phanerozoic crustal growth. *J. Asian Earth Sci.* 23, 629–653

- Jahn, B.M., Litvinovskiy, B.A., Zhanvilevich, A.N., Reichow, M., 2009. Alkaline granitoid magmatism in the Mongolian–Transbaikalian Belt: evolution, petrogenesis and tectonic significance. *Lithos* 113 (3–4), 521–539.
- Jahn, B.M., Wu, F.Y., Chen, B. 2000. Massive granitoid generation in central Asia: Nd isotopic evidence and implication for continental growth in the Phanerozoic. *Episodes* 23, 82-92
- Ji, Z., Zhang, Z., Baofu Han, Narantsetseg, Ts. 2020. Multiphase Late Devonian to Carboniferous volcanic events in the west of Oyu Tolgoi, southeastern Mongolia: New geochronological, geochemical, and isotopic constraints on tectonic history, *Gondwana Research*, 88, 169-184
- Jones D.G., Howell D.G., Coney P.J., Monger J.W.H. 1983. Recognition, character and analysis of tectonostratigraphic terranes in western North America // *Accretion tectonics in the Circum-Pacific regions*. Tokyo: Terrapub. 21–35
- Kelemen, P., & Hanghøj, K., Greene, A. 2003. One View of the Geochemistry of Subduction-Related Magmatic Arcs, with an Emphasis on Primitive Andesite and Lower Crust. *Treatise on Geochemistry*. 3. 593-659
- Khain, E.V., Bibikova, E.V., Salnikova, E.B., Kröner, A., Gibsher, A.S., Didenko, A.N., Degtyarev, K.E., Fedotova, A.A. 2003. The Palaeo-Asian Ocean in the Neoproterozoic and early Palaeozoic: new geochronologic data and palaeotectonic reconstructions. *Precambrian Research*, 122, 329– 358
- Khain, E.V., Neymark, L.A., Amelin, Yu.V. 1995. Isotopic geochronological study of the granites and granite-gneisses of the Gargan Block the Eastern Sayan Range in the Siberia by Pb–Pb and U–Pb methods on zircons and Sm–Nd method. *Transactions (Doklady) Russian Academy of Sciences*, 342, 776–780 (in Russian).
- Kiselev, V.V., Apayarov, F.Kh., Komartsev, V.T., Tsyganok, E.N., Lukashova, E.M., 1993. Isotopic ages of zircons from crystalline complexes of the Tianshan. In: Kozakov I.K. (Ed.), *Early Precambrian of the Central Asia folded belt*. Nauka, St. Petersburg, pp 99-115
- Koschek, G., 1993. Origin and significance of the SEM cathodoluminescence from zircon, *Journal of Microscopy* 171, Issue 3, 223-232
- Kovach, V., Degtyarev, K., Tretyakov, A., Kotova, A., Tolmacheva, E., Wang, K.L., Chung, S.L., Lee, H.Y., Jahn, B.M. 2017. Sources and provenance of the Neoproterozoic placer deposits of the Northern Kazakhstan: Implication for continental growth of the western Central Asian Orogenic Belt. *Gondwana Research*,
- Kovach, V.P., Jian, P., Yarmolyuk, V.V., Kozakov, I.K., Liu, D., Terent'eva, L.B., Lebedev, V.I., Kovalenko, V.I. 2005. Magmatism and geodynamics of early stages of the Paleo-Asian ocean formation: geochronological and geochemical data on ophiolites of the Bayan-Khongor zone. *Doklady Earth Sciences* 404, 1072–1077
- Kovach, V.P., Yarmolyuk, V.V., Kovalenko, V.I., Kozlovskii, A.M., Kotov, A.B., Terent'eva, L.B. 2011. Composition, sources, and growth mechanisms of continental crust in the Lake zone of the Central Asian Caledonides: II. Geochemical and Nd isotopic data. *Petrology* 19, 417–444

- Kovalenko, V.I., Yarmoluyk, V.V., Sal'nikova, E.B., Kozlovsky, A.M., Kotov, A.B., Kovach, V.P., Ponomarchuk, V.A., 2006. Geology, geochronology, and geodynamics of the Khan Bogd Alkali Granite Pluton in Southern Mongolia. *Geotectonics* 40 (6), 450–466.
- Kozakov, I.K., Kirnozova, T.I., Kovach, V.P., Terent'eva, L.B., Tolmacheva, E.V., Fugzan, M.M., Erdenezhargal, C. 2015. Late Riphean age of the crystalline basement of the carbonate cover of the Dzabkhan microcontinent. *Stratigr. Geol. Correl.* 23, 237–245
- Kozakov, I.K., Kovach, V.P., Bibikova, E.V., Kirnozova, T.I., Lykhin, D. A. Plotkina, Yu.V., Tolmacheva, E.V., Fugzan, M. M. and Erdenejargal, Ch. 2014. Late Riphean Episode in the Formation of Crystalline Rock Complexes in the Dzabkhan Microcontinent: Geological, Geochronologic, and Nd Isotopic Geochemical Data. *Petrology*, 22, 480-506.
- Kozakov, I.K., Kozlovsky, A.M., Yarmolyuk, V.V., Kovach, V.P., Bibikova, E.V., Kirnozova, T.I., Plotkina, Yu.V., Yu, Zagornaya N., Fugzan, M.M., Erdenejargal, Ch., Lebedev, V.I., Eenjin, G., 2011. Crystalline complexes of the Tarbagatai block of the early Caledonian superterrane of Central Asia. *Petrology* 19, 426–444
- Kozakov, I.K., Sal'nikova, E.B., Kovach, V.P., Yakovleva, S.Z., Anisimova, I.V., Kozlovsky, A.M., Plotkin, Yu.V., Fedoseenko, A.M., Erdenejargal, Ch. 2015. Main Stages in the Evolution and Geodynamic Setting of the South Hangay Metamorphic Belt, Central Asia. *Petrology*, 23, 4:309–330.
- Kozakov, I.K., Sal'nikova, E.B., Wang, T., Didenko, A.N., Plotkina Yu, V., Podkovyrov, V.N., 2007. Early Precambrian crystalline complexes of the Central Asian microcontinent: age, sources, tectonic position. *Stratigraphy and Geological Correlation* 15, 121-140
- Kozakov, I.K., Yarmolyuk, V.V., Kovach, V.P., Bibikova, E.V., Kirnozova, T.I., Kozlovskii, A. M., Plotkina, Yu. V., Fugzan, M.M., Lebedev, V.I., Erdenejargal, Ch. 2012. The Early Baikalian Crystalline Complex in the Basement of the Dzabkhan Microcontinent of the Early Caledonian Orogenic Area, Central Asia. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 20(3):231–239.
- Kröner A., Kovach, V.P., Kozakov, I.K., Kirnozova T., Azimov, P., Wong, J., Ge. H.Y. 2015. Zircon ages and Nd–Hf isotopes in UHT granulites of the Ider Complex: A cratonic terrane within the Central Asian Orogenic Belt in NW Mongolia. *Gondwana Research*, 27, 1392-1406
- Kröner, A., Alexeiev, D.V., Hegner, E., Corsini, M., Mikolaichuk, A., Xia, X., Zack, T., Windley, B.F., Sun, M., Rojas-Agramonte, Y., Liu, D. 2009. New zircon, Sm–Nd, and Ar–Ar ages for Precambrian and Palaeozoic rocks from the Tianshan Orogenic belt in Kyrgyzstan and disappearance of the Archaean. *International Field Excursion and Workshop on Tectonic Evolution and Crustal Structure of the Paleozoic Chinese Tianshan*, Urumqi, China, September 9–19, 2009, 43–44.
- Kröner, A., Alexeiev, D.V., Rojas-Agramonte, Y., Hegner, E., Wong, J., Xia, X., Belousova, E., Mikolaichuk, A., Seltmann, R., Liu, D., Kisilev, V. 2013. Mesoproterozoic (Grenville-age) terranes in the Kyrgyz North Tianshan: zircon ages and Nd–Hf isotopic constraints on the origin and evolution of basement blocks in the southern Central Asian Orogen. *Gondwana Research* 23, 272–295.

- Kröner, A., Demoux, A., Zack, T., Rojas-Agramonte, Y., Jian, P., Tomurhuu, D., Barth, M. 2011. Zircon ages for a felsic volcanic rock and arc-related early Palaeozoic sediments on the margin of the Baydrag microcontinent, central Asian orogenic belt, Mongolia. *Journal of Asian Earth Sciences* 42, 1008–1017
- Kuzmichev, A., Kröner, A., Hegner, E., Dunyi, L., Yusheng, W. 2005. The Shishkhid ophiolite, northern Mongolia: a key to the reconstruction of a Neoproterozoic island-arc system in central Asia. *Precambrian Research* 138, 125–150
- Kuzmichev, A., Sklyarov, E., Postnikov, A., Bibikova, E. 2007. The Oka Belt (Southern Siberia and Northern Mongolia): a Neoproterozoic analog of the Japanese Shimanto Belt? *The Island Arc* 16, 224–242.
- Kuzmichev, A.B., Larionov, A.N. 2011. The Sarkhoi Group in East Sayan: Neoproterozoic (~770– 800 Ma) volcanic belt of the Andean type. *Russian Geology and Geophysics* 52, 685–700
- Kuzmin, M.I., Yarmolyuk, V.V., 2014. Mantle plumes of Central Asia (Northeast Asia) and their role in forming endogenous deposits. *Russ. Geol. Geophys.* 55 (2), 120–143.
- Lameyre, J., and Bowden, P. 1982. Plutonic rock type series: Discrimination of various granitoid series and related rocks. *Journal of Volcanology and Geothermal Res.* 14, 169-186.
- Lan, Z-W., Chen, Z-Q. 2012. New xenotime ages obtained from the Paleoproterozoic Kimberley Group, NW Australia: implications for regional hydrothermal events, *Australian Journal of Earth Sciences*, 59, 119–133
- Le Maitre R.W., Streckeisen A., Zanettin B., Le Bas, M.J., Bonin B., Bateman P., Dudek A. e. a. 1989. A classification of igneous rocks and glossary of terms: Recommendation of the IUGS Commission on the Systematics of igneous rocks. Blackwell, Oxford
- Levashova, N.M., Kalugin, V.M., Gibsher, A.S., Yff, J., Ryabinin, A.B., Meert, J.G., Malone, S.J. 2010. The origin of the Baydaric Microcontinent, Mongolia: constraints from paleomagnetism and geochronology. *Tectonophysics* 485, 306–320
- Levashova, N.M., Meert, J.G., Gibsher, A.S., Grice, W.C., Bazheniv, M.L. 2011. The origin of microcontinents in the Central Asian Orogenic Belt: constraints from paleomagnetism and geochronology. *Precambrian Research* 185, 37–54
- Li, Y.H. 2000. *A Compendium of Geochemistry*. Princeton University Press, Princeton, NJ, p-475
- Li, Y.P., Li, J.Y., Sun, G.H., Zhu, Z.X., Yang, Z.Q. 2007. Basement of Junggar basin: evidence from detrital zircons in sandstone of previous Devonian Kalamaili formation. *Acta Petrologica Sinica* 23, 1577–1590 (in Chinese with English abstract)
- Liati Anthi. 2005. Identification of repeated Alpine (ultra) high-pressure metamorphic events by U–Pb SHRIMP geochronology and REE geochemistry of zircon: The Rhodope zone of Northern Greece, *Contrib Mineral Petrol* (2005) 150, 608–630
- Liu, Hong & Tang, Yuzhe & Tan, Xiucheng & He, Bing & Tang, Song & Zhou, Yongjia & Lin, Bo. 2017. Paleogeomorphological reconstruction and geological implications of the weathered-crust karst on the top of the Middle Triassic Leikoupo Formation in the Longgang area, Sichuan Basin, China. *Energy Exploration & Exploitation*. 36

- Liu, L.Q., Zhao, G.C., Sun, M., Eizenhöfer, P.R., Han, Y.G., Hou, W.Z., Zhang, X.R., Wang, B., Liu, D.X., Xu, B. 2015. Ages and tectonic implications of Neoproterozoic ortho- and paragneisses in the Beishan Orogenic Belt. *Precambrian Research* 266, 551–578.
- Liu, Y., Li, W., Feng, Z., Wen, Q., Neubauer, F., Liang, Ch. 2016. A review of the Paleozoic tectonics in the eastern part of Central Asian Orogenic Belt. *Gondwana Research* 43, 1-27
- Long, X., Yuan, C., Sun, M., Xiao, W., Wang, Y., Cai, K and Jiang, Y .2012. Geochemistry and Nd isotopic composition of the Early Paleozoic flysch sequence in the Chinese Altai, Central Asia: Evidence for a northward-derived mafic source and insight into Nd model ages in accretionary orogen. *Gondwana Research* 22, 554–566
- Lu, S. N., Li, H. K., Zhang, C. L. and Niu, G. H. 2008. Geological and geochronological evidence for the Precambrian evolution of the Tarim Craton and surrounding continental fragments. *Precambrian Res.*, 160, 94–107.
- Ludwig, K.R. 2003. *Isoplot 3.00: A geochronological toolkit for Microsoft Excel*. Berkeley Geochronology Center, Berkeley, 70.
- Luo, Tao., Zhao, He., Li, Qiuli., Li, Yang., Zhang, Wen., Guo, Jingliang., Liu, Yongsheng., Zhang, Junfeng., and Hu, Zhaochu. 2020. Non-Matrix-Matched Determination of Th-Pb Ages in Zircon, Monazite and Xenotime by Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry, *Geostandards and Geoanalytical Research*
- Mader, D. and Neubauer F., 2004. Provenance of Palaeozoic sandstones from the Carnic Alps (Austria): petrographic and geochemical indicators. *International Journal of Earth Sciences*, 93, 262–281
- Maynard, J.B., Valloni, R and Ho Shing Ju. 1982. Composition of modern deep-sea sands from arc-related basin, *J. Geol. Soc. Am. Spec. Publs*, 10, 551–561.
- McDonough W. F. and Sun S-S. 1995. The composition of the Earth, *Chem. Geol.* 120, 223-253
- McLennan S.M, Hemming S, McDaniel D.K, Hanson G.N. 1993. Geochemical approaches to sedimentation, provenance and tectonics. *Processes Controlling the Composition of Clastic Sediments*. Geological Society of America Special Paper, 284, 2-40
- McLennan S.M., and Taylor S.R. 1991. Sedimentary rocks and crustal evolution: Tectonic setting and secular trends. *The Journal of Geology.*, 99, 1-21
- McLennan, S.M., Nance, W.B. and Taylor, S.R., 1980. Rare earth element--thorium correlations in sedimentary rocks, and the composition of the continental crust. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 44: 1833--1839.
- McNaughton, N. and Rasmussen, B. 2017. Geochemical characterisation of xenotime formation environments using U-Th. *Chemical Geology*. 484, 109-119
- Meres, S. 2008. Garnets - important information resource about source area and parental rocks of the siliciclastic sedimentary rocks. In: Jurkovic, E. (Ed.), Conference „Cambelove dm 2008“, Comenius Univ. Bratislava, Abstract book, 37-43. [In Slovak with English abstract]
- Meschede, M., 1986. A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb–Zr–Y diagram. *Chem. Geol.* 56 (3), 207–218

- Middlemost E. A. K. 1985. *Magmas and Magmatic Rocks. An Introduction to Igneous Petrology*. 266
- Minjin Ch., 2001. Correlation chart and Explanatory notes of the Ordovician and Silurian rocks of Mongolia. In.: *The guidebook... Abst. Joint field meeting of IGCP 410 and 421 in Mongolia*. P.92-98.
- Moradi, H., Eshaghi, A., Hosseini, S., Ghani, K. 2016. Fabrication of Fe-doped TiO<sub>2</sub> nanoparticles and investigation of photocatalytic decolorization of reactive red 198 under visible light irradiation. *Ultrasonics Sonochemistry*. 32.
- Moskalenko, T. A. 1973. Конодонты среднего и верхнего ордовика Сибирской платформы. [Conodonts of the Middle and Upper Ordovician on the Siberian Platform.] 1-144. 'Nauka', Novosibirisk
- Neal J. McNaughton, Birger Rasmussen Geochemical characterisation of xenotime formation environments using U-Th, 2017. *Chemical Geology*,
- Nesbitt, H.W., Young, G.M. 1982. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites, *Nature*, 199, 715-717.
- Nesbitt, H.W., Young, G.M. 1984. Prediction of some weathering trends of plutonic and volcanic rocks based on thermodynamic and kinetic consideration. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48, 1523-1534
- O'Connor, J. T. 1965. A classification for quartz-rich igneous rocks based on feldspar ratio. *U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 525B*, 79–84.
- Parfenov, L. M., Nokleberg, W. J., and Khanchuk, A. I. 1998, Principles of compilation and main subdivisions of the legend for the Geodynamic Map of North and Central Asia, the southern Russian Far East, Korea, and Japan: *Tikhookeanskaya geologia*, no. 3, p. 3-13
- Parker, A. 1970. An Index of Weathering for Silicate Rocks. *Geological Magazine*, 107(6), 501-504
- Patiño Douce, A.E. 1999. What do experiments tell us about the relative contributions of crust and mantle to the origin of the granitic magmas: *Geological Society London Special Publications*, v. 168, no. 1, p. 55–75.
- Pearce, J., Harris, N.B.W., Tindle, A.G. 1984. Trace element discrimination diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks. *J. Petrol.* 25, 956–983
- Pearce, J.A., 1983, *Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins*: 230-249 in, Hawkesworth, C.J. and Norry, M.J., eds., *Continental Basalts and Mantle Xenoliths*, Cambridge, Mass, 272
- Pearce, J.A., 2008. Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust. *Lithos* 100 (1–4), 14–48.
- Pearce, Julian & Peate, David. 1995. Tectonic Implications of the Composition of Volcanic ARC Magmas. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*. 23. 251-285.
- Peccerillo, A. and Taylor, S.R. 1976. Geochemistry of Eocene Calc-Alkaline Volcanic Rocks from the Kastamonu Area, Northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 58, 63-81.

- Pelleter Ewan., Cheilletz Alain., Gasquet Dominique., Mouttaqi Abdellah., Annich Mohammed., Hakour AbdelkhalekEl., Deloule Etienne., Féraud Gilbert. 2007. Hydrothermal zircons: A tool for ion microprobe U–Pb dating of gold mineralization (Tamlalt–Menhouhou gold deposit — Morocco), *Chemical Geology* 245, Issues 3–4, 135-161
- Pettijohn F.J, Potter P.E, Siever R. 1972. *Sand and Sandstone*: New York, Springer- Verlag. New York. XVI, 618
- Purevjav, Narantuya & Roser, Barry. 2013. Geochemistry of Silurian–Carboniferous sedimentary rocks of the Ulaanbaatar terrane, Hangay–Hentey belt, central Mongolia: Provenance, paleoweathering, tectonic setting, and relationship with the neighbouring Tsetserleg terrane. *Chemie der Erde - Geochemistry*. 73. 481–493.
- Quan, J.Y, Chi, X.G, Zhang, R, Sun, W, Fan, L.F, Hu, Z.C. 2013. LA-ICP-MS U-Pb geochronology of detrital zircon from the Neoproterozoic Dongfengshan Group in Songnen masiff and its geological significance. *Geological Bulletin of China* 32, 353-364
- Ren, J.S., Wang, Z.X., Chen, B.W., Jiang, C.F., Niu, B.G., Li, J.Y., Xie, G.L., He, Z.G., Liu, Z.G. 1999. The tectonics of China from a global view. A guide to the tectonic map of China and adjacent regions. Geological Publishing House, Beijing, 4-32.
- Roddaz, M., Viers, J., Brusset, S., Baby, P., Boucayrand, C., Hérail, G. 2006. Controls on weathering and provenance in the Amazonian foreland basin: Insights from major and trace element geochemistry of Neogene Amazonian sediments. *Chemical Geology*, 226. 31-65
- Rollinson, H.R. 1993. *Using Geochemical Data: Evolution, Presentation, Interpretation*. Longman Scientific and Technical, England.
- Roser B.P, Kosch R.J. 1988. Provenance signatures of sandstone-mudstone suites determined using discriminant function analysis of major element data. *Chemical Geology*, 67, 119-139
- Roser, B.P. and Korsch, R.J. 1986 Determination of Tectonic Setting of Sandstone-Mudstone Suites Using SiO<sub>2</sub> content and K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O Ratio. *The Journal of Geology*, 94, 635-650
- Roser, BP., Korsch, RJ. 1986. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO<sub>2</sub> content and K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O ratio: *Journal of Geology*, 94(5). 635 - 650.
- Ross, P.S., Bédard, J.H., 2009. Magmatic affinity of modern and ancient subalkaline volcanic rocks determined from trace-element discriminant diagrams. *Can. J. Earth Sci.* 46 (11), 823–839.
- Rubatto, D. 2002. Zircon trace element geochemistry: partitioning with garnet and the link between U–Pb ages and metamorphism, *Chemical Geology*, 184, 123 – 138
- Rudnick, R.L. and Gao, S. 2003. The Composition of the Continental Crust. In: Holland, H.D. and Turekian, K.K., Eds., *Treatise on Geochemistry*, 3, The Crust, Elsevier-Pergamon, Oxford, 1-64.
- Safonova, I., Buslov, M.M., Iwata, K., Kokh, D. 2004. Fragments of Vendian-Early Carboniferous Oceanic Crust of the Paleo-Asian Ocean in Fold belts of the Altai-Sayan

- Region of Central Asia: Geochemistry, Biostratigraphy and Structural Setting. *Gondwana Research*, 771-790.
- Safonova, I., Seltmann, R., Kröner, A., Gladkochub, D., Kim, Ju-Yong., Schulmann, K., Xiao, W., & Komiya, Tsuyoshi., Sun, M. 2011. A new concept of continental construction in the Central Asian Orogenic Belt: (Compared to actualistic examples from the Western Pacific). *Episodes*. 34. 1-10.
- Safonova, I., Simonov, V., Kurganskaya, E.V., Obut, Olga, Romer, R.L., Seltmann, Reimar. 2012. Late Paleozoic oceanic basalts hosted by the Char suture-shear zone, East Kazakhstan: Geological position, geochemistry, petrogenesis and tectonic setting. *Journal of Asian Earth Sciences*. 49.
- Schmidberger, S. S. and Ernst Hegner. 1999. "Geochemistry and isotope systematics of calc-alkaline volcanic rocks from the Saar-Nahe basin (SW Germany) – implications for Late-Variscan orogenic development." *Contributions to Mineralogy and Petrology* 135, 373-385.
- Sengör, A.M.C., Natal'in, B.A., Burtman, V.S. 1993. Evolution of the Altaid tectonic collage and Palaeozoic crustal growth in Eurasia. *Nature* 364, 299-307.
- Shao, J., Li, Y.F., Zhou, Y.H., Wang, H.B., Zhang, J. 2015. Neo-Archaeon Magmatic Event in Erguna Massif of Northeast China: Evidence from the Zircon LA-ICP-MS Dating of the Gneissic Monzogranite from the Drill. *Journal of Jilin University* 45, 364-373 (in Chinese with English abstract).
- Shao, J.A. 1986. The Early Paleozoic ophiolite in central Nei Mongol and its significance in revealing the evolution history of the crust. In: Tang, K.D. (Chief Editor), *Contributions to the Project of Plate Tectonics in Northern China 1*. Geological Publishing House, Beijing, 158–172 (in Chinese with English abstract).
- Shao, J.A. 1991. *Crustal Evolution in the Middle Part of the Northern Margin of Sino-Korean Plate*. Beijing University Publication House, Beijing. 136. (in Chinese with English abstract).
- Shu, L.S., Deng, X.L., Zhu, W.B., Ma, D.S., Xiao, W.J. 2011. Precambrian tectonic evolution of the Tarim Block, NW China: New geochronological insights from the Quruqtagh domain, *Journal of Asian Earth Sciences* 42, 774-790.
- Smith M.P., Campbell L.S., and Kynicky, J. 2015. A review of the genesis of the world class Bayan Obo Fe-REE-Nb deposits, Inner Mongolia, China: Multistage processes and outstanding questions. *Ore Geology Reviews*, 64, 459–476
- Song, D.F., Xiao, W.J., Han, C.M., Li, J.L., Qu, J.F., Guo, Q.Q., Lin, L.N., Wang, Z.M. 2013a. Progressive accretionary tectonics of the Beishan orogenic collage, southern Altaids: Insights from zircon U–Pb and Hf isotopic data of high-grade complexes. *Precambrian Research* 227, 368-388.
- Song, D.F., Xiao, W.J., Han, C.M., Tian, Z.H., Wang, Z.W. 2013b. Provenance of metasedimentary rocks from the Beishan orogenic collage, southern Altaids: Constraints from detrital zircon U–Pb and Hf isotopic data. *Gondwana Research* 24, 1127-1151

- Sun, L.X., Ren, B.F., Wang, S.Q., Xu, X.Y., Zhang, Y. 2018. Petrogenesis of the Mesoproterozoic gneissic granite in the Sonid Left Banner area, Inner Mongolia, and its tectonic implications. *Acta Geol. Sin.*, 92 pp. 2167-2189
- Sun, L.X., Ren, B.F., Zhao, F.Q., Gu, Y.C., Li, Y.F., Liu, H. 2013b. Zircon U–Pb dating and Hf isotopic compositions of the Mesoproterozoic granitic gneiss in Xilinhot Block, Inner Mongolia. *Geological Bulletin of China* 32, 327–340 (in Chinese with English abstract).
- Sun, S.S. and McDonough, W.F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts; implications for mantle composition and processes. In: *Magmatism in the ocean basins*. Saunders, A.D. and Norry, M.J. (Editors), Geological Society of London, London. Pub.42, 313-345.
- Tang, J., Xu, W.L., Wang, F., Wang, W., Xu, M.J., Zhang, Y.H. 2013. Geochronology and geochemistry of Neoproterozoic magmatism in the Erguna Massif, NE China: petrogenesis and implications for the breakup of the Rodinia supercontinent. *Precambrian Research* 224, 597–611.
- Taylor, S.R. and McLennan, S.M. 1985. *The Continental Crust: Its Composition and Evolution: An Examination of the Geochemical Record Preserved in Sedimentary Rocks*. Blackwell Science, Oxford, 312
- Tomurhuu, D., Enkhjargal B., Otgonbaatar D., Ariunchimeg Ya., Enkhtuvshin R., 2008. Geochronology and geochemistry of the granitoid complexes from Sulinheer region and their geodynamic setting: Institute of Geology and Mineral Resources, MAS. *Transactions*, 18, 29–49 (in Mongolian).
- Tomurtogoo, O. 2014. *Tectonics of Northern, Central and Eastern Asia. Explanatory Note to the Tectonic map of Northern–Central–Eastern Asia and Adjacent Areas at scale 1:2,500,000.* – SPb.: VSEGEI Printing House, p184. ISBN 978-5-93761-215-1.
- Tong, Y., Jahn, B.M., Wang, T., Hong, D.W., Smith, E.I., Sun, M., Huang, W., 2015. Permian alkaline granites in the Erenhot–Hegenshan belt, northern Inner Mongolia, China: model of generation, time of emplacement regional tectonic significance. *Journal of Asian Earth Sciences* 97, 320–336.
- Wainwright Alan J., Richard M.Tosdal., Charles N.Foster, Douglas J.Kriwin., Peter D., Lewis. 2011. South Gobi region, Mongolia Devonian and Carboniferous arcs of the Oyu Tolgoi porphyry Cu-Au district, *Geological Society of America Bulletin*. 123, 306-328
- Wang, B., Shu, L.S., Cluzel, D., Faure, M., Charvet, J. 2007. Geochronological and geochemical studies on the Borohoro plutons, north of Yili, NW Tianshan and their Tectonic implication. *Acta Petrologica Sinica* 23, 1885–1900 (in Chinese with English abstract).
- Wang, B., Shu, L.S., Liu, H.S., Gong, H.J., Ma, Y.Z., Mu, L.X., Zhong, L.L. 2014. First evidence for ca 780 Ma intraplate magmatism and its implications for Neoproterozoic rift of the North Yili Block and tectonic origin of the continental blocks in SW of Central Asia. *Precambrian Research* 254, 258–272.
- Wang, F., Xu, W.L., Gao, F.H., Zhang, H.H., Pei, F.P., Zhang, L., Yang, Y. 2013. Precambrian terrane within the Songnen-Zhangguangcai Range Massif, NE China:

- evidence from U–Pb ages of detrital zircons from the Dongfengshan and Tadong group. *Gondwana Research* 25, 402–413
- Wang, T., Zheng, Y., Gehrels, G.E., Mu, Z. 2001. Geochronological evidence for the existence of South Mongolian microcontinent—A zircon U-Pb age of granitoid gneisses from the Yagan-Onch mclenrhan metamorphic core complex. *Chinese Science Bullertin* 46, 2005–2008
- Wang, Y., Zhang, F.Q., Zhang, D.W., Miao, L.C., Li, T.S., Xie, H.Q., Meng, Q.R., Liu, D.Y. 2006. Zircon SHRIMP U–Pb dating of meta-diorite from the basement of the Songliao basin and its geological significance. *Chinese Science Bulletin* 51, 1877–1883
- Webb L.I., Graham S.A., Lohson C.L et al, 1999. Occurrence, age and implication of the Yagan-Onch Hayrhan metamorphic core complex, Southern Mongolia, *Geology* 27 (2), p. 143-146
- Whalen, J.B., Currie, K.L., Chappell, B.W., 1987. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contrib. Mineral. Petrol.* 95, 407–419
- Whitehouse Martin J .2014. Rare earth elements in zircon: a review of applications and case studies from the Outer Hebridean Lewisian Complex, NW Scotland, *Geological Society, London, Special Publications*, 220, 49-64,
- Wilde S.A., Wu F.Y., Zhang X.Z. 2003. Late Pan-African magmatism in Northeastern China: SHRIMP U-Pb zircon evidence for igneous ages from the Mashan Complex. *Precambrian Research* 122, 311–327.
- Wilde, S.A., and Zhou, J.B. 2015. The late Paleozoic to Mesozoic evolution of the eastern margin of the Central Asian Orogenic Belt in China, *Journal of Asian Earth Sciences* 113, 909–921
- Wilde, S.A., Dorsett-Bain, H.L., Lennon, R.G. 1999. Geological setting and controls on the development of graphite, sillimanite and phosphate mineralisation within the Jiamusi Massif: An exotic fragment of Gondwanaland located in North-Eastern China? *Gondwana Research* 2, 21–46
- Wilde, S.A., Wu, F.Y., Zhao, G.C. 2010. The Khanka Block, NE China, and its significance to the evolution of the Central Asian Orogenic Belt and continental accretion. In: *The Evolved Continents: Understanding Processes of Continental Growth* (eds. T.M. Kusky, M.G. Zhai & W.J. Xiao) Geological Society of London, Special Publication 338, 117-137.
- Wilde, S.A., Zhang X.Z., Wu F. Y. 2000. Extension of a newly-identified 500 Ma metamorphic terrain in Northeast China: Further U-Pb SHRIMP dating of the Mashan Complex, Heilongjiang Province, China. *Tectonophysics* 328, 115–130
- Winchester, J.A., Floyd, P.A., 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chem. Geol.* 20 (4), 325–343.
- Windley, B.F., Alexeiev, D., Xiao, W.J., Kröner, A., Badarch, G. 2007. Tectonic models for accretion of the Central Asian Orogenic Belt. *Journal of the Geological Society of London* 164, 31–47.

- Wronkiewicz D.J. and Condie K.C. 1989 Geochemistry and Provenance of Sediments from the Pongola Supergroup, South Africa: Evidence for 3.0 Ga Old Continental Craton. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 53.1537-1549
- Wu, C., Yin, A., Zuzi, A. V., Zhang, J. Y., Liu, W. C., & Ding, L. (2016). Pre-Cenozoic geologic history of the central and northern Tibetan Plateau and the role of Wilson cycles in constructing the Tethyan orogenic system. *Lithosphere*, 8, 3, 254–292
- Wu, F.Y., Jahn, B.M., Wilde, S.A., Lo, C.H., Yui, T.F., Lin, Q., Ge, W.C., Sun, D.Y. 2003. Highly fractionated I-type granites in NE China (II): isotopic geochemistry and implications for crustal growth in the Phanerozoic. *Lithos* 67, 191–204
- Wu, F.Y., Sun, D.Y., Ge, W.C., Zhang, Y.B., Grant, M.L., Wilde, S.A., Jahn, B.M. 2011. Geochronology of the Phanerozoic granitoids in northeastern China. *Journal of Asian Earth Sciences* 41, 1-30
- Wu, F.Y., Sun, D.Y., Li, H., Jahn, B.M., Wilde, S.A., 2002. A-type granites in northeastern China: age and geochemical constraints on their Petrogenesis. *Chem. Geol.* 187 (1–2), 143–173.
- Wu, F.Y., Sun, D.Y., Li, H.M., Wang, X.L. 2001. The nature of basement beneath the Songliao Basin in NE China: Geochemical and isotopic constraints. *Physics and Chemistry of the Earth (Part A)* 26, 793-803
- Wu, Y.B., Zheng, Y.F. 2004. The study on the zircon genesis mineralogy and its impacts on the interpretation of U-Pb age restriction. *Chinese Science Bulletin*, 49, 1554-1569
- Xiao, S., Bao, H., Wang, H., Kaufmann, A.J., Zhou, C., Li, G., Yuan, X., Ling, H. 2004. The Neoproterozoic Quruqtagh Group in eastern Chinese Tianshan: evidence for a post-Marinoan glaciation. *Precambrian Research* 130, 1–26
- Xiao, W.J., Han, C.M., Liu, W., Wan, B., Zhang, J.E., Ao, S.J., Zhang, Z.Y., Song, D.F., Tian, Z.H., Lou, J. 2014. How many sutures in the southern Central Asian Orogenic Belt: Insights from East Xinjiang West Gansu (NW China)? *Geoscience Frontiers* 5, 525-536
- Xiao, W.J., Huang, B.C., Han, C.M., Sun, S., Li, J.L. 2010. A review of the western part of the Altaids: a key to understanding the architecture of accretionary orogens. *Gondwana Research* 18, 253– 273
- Xiao, W.J., Windley, B.F., Allen, M., Han, C.M. 2013. Paleozoic multiple accretionary and collisional tectonics of the Chinese Tianshan orogenic collage. *Gondwana Research* 23, 1316-1341
- Xiao, W.J., Windley, B.F., Yuan, C., Sun, M., Han, C.M., Lin, S.F., Chen, H.L., Yan, Q.R., Liu, D.Y., Qin, K.Z., Li, J.L., Sun, S. 2009. Paleozoic multiple subduction–accretion processes of the southern Altaids. *American Journal of Science* 309, 221–270
- Xu, B. & CHEN, B. 1997. Framework and evolution of the middle Paleozoic orogenic belt between Siberian and North China Plates in northern Inner Mongolia. *Science in China, Series D* 40, 463–9
- Xu, B., Zhao, P., Wang, Y.W., Liao, W., Luo, Z.W., Bao, Q.Z., Zhou, Y.S., 2015. The pre-Devonian tectonic framework of Xing'an–Mongolia orogenic belt (XMOB) in north China. *Journal of Asian Earth Sciences* 97, 183-196.

- Xu, X., Harbert, W., Dril, S., Kravchinsky, V., 1997. New paleomagnetic data from the Mongol–Okhotsk collision zone, Chita region, south-central Russia: implications for Paleozoic paleogeography of the Mongol–Okhotsk Ocean. *Tectonophysics* 269, 113–129
- Xu, X.W., Li, X.H., Jiang, N., Li, Q.L., Qu, X., Yang, Y.H., Zhou, G., Dong, L.H. 2015b. Basement nature and origin of the Junggar terrane: New zircon U–Pb–Hf isotope evidence from Paleozoic rocks and their enclaves. *Gondwana Research* 28, 288–310
- Xu, Z.Q., He, B.Z., Zhang, C.L., Zhang, J.X., Wang, Z.M., Cai, Z.H. 2013. Tectonic framework and crustal evolution of the Precambrian basement of the Tarim Block in NW China: new geochronological evidence from deep drilling samples. *Precambrian Research* 235, 150–162
- Yang, S.H., Miao, L.C., Zhang, F.C., Meng, Q.R., Zhu, M.S., Baatar, M., Anaad, C., 2016. Zircon age and geochemistry of the Tost bimodal volcanic rocks: constraints on the Early Carboniferous tectonic evolution of the South Mongolia. *J. Asian Earth Sci.* 120, 29–42.
- Yarmolyuk, V.V., Kovach, V.P., Kovalenko, V.I., Salnikova, E.B., Kozlovskii, A.M., Kotov, A.B., Yakovleva, S.Z., 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 (1), 55–78.
- Yarmolyuk, V.V., Kovalenko, V.I., Salnikova, E.B., Kozakov, I.K., Kotov, A.B., Kovach, V.P., Vladykin, N.V., Yakovleva, S.Z. 2005. U–Pb age of syn- and post-metamorphic granitoids of south Mongolia: evidence for the presence of Grenvillides in the Central Asian Fold Belt. *Doklady Earth Sciences* 404, 986–990
- Zhang, C.L., Li, X.H., Li, Z.X., Lu, S.N., Ye, H.M., Li, H.M. 2007. Neoproterozoic ultramafic–mafic carbonatite complex and granitoids in Quruqtagh of north-eastern Tarim Block, western China: geochronology, geochemistry and tectonic implications. *Precambrian Research* 152, 149–169
- Zhang, Z.M., Liou, J.G., Coleman, R.G. 1984. An outline of the plate tectonics of China. *Geological Society of America Bulletin* 95, 295–312
- Zhang, ZeJiaJi. Zhicheng Zhang. Baofu Han. Narantsetseg Ц. 2019. Multiphase Late Devonian to Carboniferous volcanic events in the west of Oyu Tolgoi, southeastern Mongolia: New geochronological, geochemical, and isotopic constraints on tectonic history. *Gondwana research* 88, pp.169-184
- Zhao, P., Xie, E., Duo, J., Jin, J., Hu, X., Du, S., et al. 2002. Geochemical Characteristics of Geothermal Gases and Their Geological Implications in Tibet. *Acta Petrol. Sin.* 18 (4), 539–550.
- Zheng Y., Zhang Q, 1994. The Yagan metamorphic core complex and extensional detachment fault in Inner Mongolia, *Acta Geologica Sinica*, 7 (2), 125- 135
- Zheng, J.P., Sun, M., Zhao, G.C., Robinson, P.T., Wan, F.Z., 2007. Elemental and Sr–Nd–Pb isotopic geochemistry of Late Paleozoic volcanic rocks beneath the Junggar basin, NW China: implications for the formation and evolution of the basin basement. *Journal of Asian Earth Sciences* 29, 778–794.

- Zhou, J.B., Wilde, S.A., 2013. The crustal accretion history tectonic evolution of the ne China segment of the central Asian orogenic belt. *Gondwana Res.* 23, 1365–1377.
- Zhou, J.B., Wilde, S.A., Zhang, X.Z., Ren, S.M., Zheng, C.Q. 2011a. Pan-African metamorphic rocks of the Erguna block in the Great Xing'an Range, NE China: evidence for the timing of magmatic and metamorphic events and their tectonic implications. *Tectonophysics* 499(1), 105-117.
- Zhou, J.B., Wilde, S.A., Zhang, X.Z., Zhao, G.C., Liu, F.L. 2011b. A >1300 km late Pan-African metamorphic belt in NE China: new evidence from the Xing'an Block and its tectonic implications. *Tectonophysics* 509, 280–292
- Zhou, J.B., Wilde, S.A., Zhang, X.Z., Zhao, G.C., Zheng, C.Q., Wang, Y.J., Zhang, X.H. 2009. The onset of Pacific margin accretion in NE China: evidence from the Heilongjiang high-pressure metamorphic belt. *Tectonophysics* 478, 230-246
- Zhou, J.B., Wilde, S.A., Zhao, G.C., Zhang, X.Z., Wang, H., Zeng, W.S. 2010a. Was the easternmost segment of the Central Asian Orogenic Belt derived from Gondwana or Siberia: an intriguing dilemma? *Journal of Geodynamics* 50, 300-317
- Zhou, J.B., Wilde, S.A., Zhao, G.C., Zhang, X.Z., Zheng, C.Q., Wang H. 2010b. Pan-African metamorphic and magmatic rocks of the Khanka Massif, NE China: further evidence regarding their affinity. *Geological Magazine* 147, 737-749
- Zhou, Jian & Wilde, Simon, Guochun Zhao & Han, Chunming. 2017. Nature and assembly of microcontinental blocks within the Paleo-Asian Ocean. *Earth-Science Reviews.* 186
- Zhou, Y.Z., Han, B.F., Xu, Z., Ren, R., Su, L. 2013. The age of the Proterozoic rocks in Yingba area in western Inner Mongolia: Constraints on the distribution of the South Gobi micro-continent in the Central Asian orogenic belt. *Geological Bulletin of China*, 32, 318-326 (in Chinese with English abstract)
- Амантов В.А, Матросов П.С. 1961. Основные черты геотектонического развития и размещения структур Монголий в системах Алтай Саянской и Монголо-Амурской складчатых областей. *Материалы по региональной геологии Алтай Саянской складчатой области*, с.183- 206
- Бадарч Г, 1999. Өмнөд Говийн Онч Хайрханы хувирмал цөм бүрдэл, Монголын Геосудлаач 2 (14), 16-25
- Бямба Ж (2012) Монголын хожуу протерозой-түрүү палеозойн структур ба фосфорит. Улаанбаатар, 274
- Бямба Ж. 1987. Основные этапы и рубежи докембрийской истории Монголии развития территории Моннолии // *Проблема геологии Монголии*, Улаанбаатар, Изд-во АН МНР. С. 32-47.
- Бямба Ж. 1996. Древниструктуры Монголии и их фосфоритоносность. Улаанбаатар, Admon. 177с.
- Бямба Ж. 2012. Монголын стратиграфи. Старииграфи. МГАМ. Т.1. С. X 23-54.
- Бямба Ж., Миронов Ю.Б., Жамсрандорж Г, 2018. Монголын геодинамик ба ураны металлогени, Улаанбаатар, 303
- Геология Монгольской Народной Республики, 1973. Москва.: Недра, Том.1, 580с
- Геохронологийн таблиц, 2016. Монголын стратиграфийн комисс.

- Гэрэл О. нар, 2011. “Интрүзив чулуулаг”. Монголын геологи ба ашигт малтмал. Боть III. Улаанбаатар. Соёмбо принтинг, 463х.
- Доржнамжаа Д, Бат-Ирээдүй Я. 1991. Докембрий Монголии. Изд-во “Эрдэм” АН МНР. Улаанбаатар, 182
- Доржнамжаа Д, Бямба Ж, Энхбаатар Б. 2012. Урьдкембри стратиграфийн ангилал. Стратиграфи. МГАМ. Т.1. С. 54-160
- Доржнамжаа Д., Бямба Ж., Энхбаатар Б, 2011. Монголын геологи ба ашигт малтмал цуврал, Стратиграфи I боть, 23-79.
- Зоненшайн Л.П., Хасин Р.А, 1973. Основные черты геологического строения, в кн. Геология Монгольской Народной Республики
- Козаков И.К, 1986. Докембрийские инфраструктурные комплексы палеозоид Монголии, Наука, Ленинград, стр 103
- Маринов Н.А. и соавт. (ред.), 1973. Геология Монголии (ред.), 1973. Геология Монгольской Народной Республики. Москва: Недра.–Том.1. Стратиграфия, 582 с.; Том. 2. Магматизм, метаморфизм, тектоника, 752 с. (на русском).
- Маринов Н.А., Зоненшайн Л.П., Благонравов В.А (Ответственные редакторы), 1973. Геология МНР, том 1, Стратиграфия, Москва, Недра, 583 х
- Маркова Н.Г. 1975. Стратиграфия нижнего и среднего палеозоя западной Монголии. Труды Совместной Советско-Монгольской геол. Вып.12
- Минжин Ч. 2007. Монголын ордовик, силурын давхаргазүйн судалгаа. Монгол улсын шинжлэх ухаан, боть 53, Геологи. УБ: Согоо нуур. 76-104х.
- Минжин Ч., Болорцэцэг М., Бөхбат С., Усны-Эх Ц. 1996. Силурийские разрезы района г.Цагаан-Ула. Улаанбаатар. Минералогийн музейн эрдэм шинжилгээний бүтээл. №13. х 59-63.
- Наранцэцэг Ц., Батзориг Г., Гуо Лей., Энхтуяа Ж., Удаанжаргал Х., Эрдэнэсүвд С., Үржинханд Б, 2019. Хатанбулгийн эртний массивын Хутаг уулын блокийн урьдкембрийн суурь бүрдлүүдийн геохронологийн шинэ өгөгдлүүд, Хайгуулчин 60, х 93-99
- Оролмаа Д., 2012. Геохимийн шинжилгээний дүнгийн тайлалт. Улаанбаатар хот. Сэлэнгэпресс
- Оролмаа Д., Удаанжаргал Х., Батзориг Г, 2019. К хавтгайн интрузив чулуулгийн үнэмлэхүй насны судалгааны талаар, Хайгуулчин 60, х. 88-92
- Парфенов Л.М., Попеко Л.И., Томуртогоо О., 1999. Проблемы тектоники Монголо-Охотского орогенный пояс // Тихоокеанская геология, 18 (5).
- Розман Х.С, Минжин Ч., 1981. Атлас фауны ордовика Монголии. Труды ГИН. Вып.354. М.:Наука, 228с.
- Руженцев С.В., Бадарч Г., Вознесенская Т.А., Шаркова Т.Т.,1987. Формации и структуры варисцид южной Монголии //В кн.: Раннегеосинклинальные формации и структуры. М.:Наука, 101-137.
- Сиротин В.И., Войцеховский Г.В., Бондаренко С.В, (2005). Протолиты поздне архейских гнейсов кольско-беломорского нерасчлененного комплекса северо-

- восточной части балтийского щита, участок “Губа Печенга”. Минералогия, петрография, петрология. С. 113-123.
- Склярёв Е.В., Федоровский В.С., Гладкочуб Д.П., Владимиров А.Г. Синметаморфические базитовые дайки — индикаторы коллапса коллизионной структуры Западного Прибайкалья, ДАН, 2001, т. 381, № 4, 522—527.
- Суетенко О, Д. 1970. Основные черты стратиграфии докембрийских и палеозойских отложений Юго-Восточное Монголии. -В кн.: Стратиграфия и тектоника Монгольской Народной Республики. М., с. 64-84
- Сумин Л.В., Малышев В.М. 1983. Термоизохронный метод определения свинцево-свинцового возраста. Геохимия., с.703-716.
- Тектоника Монгольской Народной Республики, 1973. М.:Наука,
- Тектоника Монгольской Народной Республики, 1974. (Гл. Ред. А.Л.Яншин). Москва.: Наука 284с
- Тектоника Монгольской Народной Республики, 1974. М.:Наука, 281с. (Тр. Совмест. Сов.-Монг. Науч.-исслед. Геол. Экспедиции. вып.9.)
- Төмөртоого О 2014. Монгол орны эртний массивуудын тогтоц ба угшлын асуудал. Геологи сэтгүүл 28. х.23-33.
- Төмөртоого О, 2002. Монгол орны тектоник (Монгол Улсын тектоникийн 1:1000 000-ын масштабын зургийн товч тайлбар бичиг). АМХЭГ-ын Геологийн мэдээллийн төв, 32х
- Төмөртоого О, 2008. Монгол Алтай, Хангай- Хэнтийн ороген тогтолцоонууд ба Монгол-Агнуурын палеодалайн тухай асуудал. ШУА-ийн Геологи, эрдэс баялгийн хүрээлэнгийн бүтээл, №.18, х.9- 28
- Төмөртоого О, 2012. Монгол орны ороген мужуудын тектоник мужлалт, ГЭБХүрээлэнгийн эрдэм шинжилгээний бүтээл, №.21, х.5- 25
- Төмөртоого О, 2012. Монгол орны ороген мужуудын тектоник мужлалт. Хайгуулчин, №.46, х.20- 35
- Төмөртоого О. 2017. Монгол улсын нутаг дэвсгэрийн тектоник дүүрэгчлэл 1:1450000 масштаб.
- Төмөрхүү Д, 2017. “Өмнөд Монголын эртний арланнууудын геологи, геохими ба геодинамик”, 194 хуудас. /Редактор: Доктор Ц.Наранцэцэг, Т.Оюунчимэг/
- Төмөрхүү Д., Энхжаргал Д., Отгонбаатар Д., Ариунчимэг Я., Энхтүвшин Р., 2008. Сулинхээрийн дүүргийн гранитоид бүрдлүүдийн үнэмлэхүй нас, геохими ба үүслийн геодинамикийн асуудалд, ШУА-ийн Геологи, эрдэс баялгийн хүрээлэнгийн бүтээл, № 18, х. 29-49.
- Туркина О. М., 2012. Маантын ба эх газрын царцдасын геохимийн лекци. Улаанбаатар хот. Сэлэнгэпресс, 172х.
- Туркина О. М., 2018. “Магмын ба метаморф үйл явцын геохими, лекци”, 135х
- Энхдалай Б., Наранцэцэг Ц., Гуо Лей., Тонг Ийнг., Дэлгэрзаяа П., Тулга А, 2020. “Хутаг уулын террейний Баяновоо орчмын метаморф чулуулгийн геологи, геохими, геохронологийн шинэлэг үр дүн”. Хайгуулчин 62, х.94-104

Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Сальникова Е.Б., Козаков И.К., Котов А.Б., Ковач В.П., Владыкин Н.В., Яковлева С.З, 2005. U-Pb-возраст син- и постметаморфических гранитоидов Южной Монголии – свидетельство присутствия греназид в Центрально-Азиатском складчатом поясе, Доклады РАН, т. 404, № 1, с. 84-89

### ***Геологийн зураглалын ажлын тайлангууд:***

Алтангэрэл Б, Дамиданжав Б. 1997. Зүүн баруун Тогоо Уулын районд 1996-1997 онд хийсэн 1:50000-ны харьцалтай геологийн зураглал, ерөнхий эрлийн ажлын тайлан. 5168Ф.

Амаржаргал нар, 2005-2007, “УГЗ-200 Өмнөд Монгол-II” төслөөр гүйцэтгэсэн 1:200 000-ны иж бүрдэл зураглал. 5861ф.

Баасандорж Э., Цолмон Д., Хаш-Эрдэнэ Б., Энхжаргал С., Оюунзаяа П., Анхбаяр С., Уламсайн Я, 2016. Дорноговь аймгийн Хөвсгөл, Улаанбадрах сумдын нутаг дахь Хулгарын элсийн талбайд 2014- 2016 онуудад гүйцэтгэсэн 1:50000 масштабын геологийн зураглал, ерөнхий эрлийн ажлын үр дүнгийн тайлан, 8465ф

Бадамтулга Л., Дамдинжав Б., Сумьяа Т., Алтантогос Т, 2005, Өмнөговь аймгийн Ноён, Баяндалай, Хүрмэн сумдын нутагт Цагаан-Уулын ангийн гүйцэтгэсэн 1:50000-ны масштабтай геологийн зураглал, ерөнхий эрлийн ажлын үр дүнгийн тайлан, 5626Ф

Батзориг Г, Энхтуяа Ж, Гарваа Д, Хоролсүрэн С, Энхжаргал С. 2008. Сүхбаатар аймгийн Наран, Онгон сумын нутаг Баавхайн хонхорын 1:50000-ны масштабын геологийн зураглал, ерөнхий эрлийн ажлын үр дүнгийн тайлан, 5905ф

Болдбаатар Г нар. 2017-2021 онд гүйцэтгэсэн 1: 500 000-ны масштабын геологийн зураглал, ерөнхий эрлийн ажлын үр дүнгийн тайлан

Бөмбөрөө Г., Болдбаатар Г., Амаржаргал, Алтаншагай Ш., Ганбаатар Т., Ариунзул Б. 2004. К-49-I хавтгайд 1:200000-ны масштабын Улсын геологийн зураг зохиох төслийн ажлын үр дүнгийн тайлан.

Буянбаатар Ч., Золжаргал А., Билгүүнбаатар Х., Жамьяндорж Ө., Бүрэнбаяр Г., 2011. Өмнөговь, Дорноговь аймгуудын зарим нутгийг хамарсан К-48- III, IV, V, VI, VIII, IX, XIII, XIV, XV, XX, XXI

Бүрэнхүү Э., Готовсүрэн А., Бадарч Г., Дагвацэрэн А. 1995. Галбын говийн талбайд явуулсан 1:200 000 масштабын геологийн цогцолбор судалгааны үр дүнгийн тайлан. 4877ф

Ганбаатар нар, 1990, Өмнөговь аймгийн нутагт 1990 онд явуулсан гидрогеологи-геофизикийн судалгаа. 4433ф.

Ганбаатар С., Энхжаргал Б., Санзайдорж Р, 2015. Дорноговь аймгийн Хатанбулаг, Хөвсгөл сумдын нутгийг хамарсан Улаанбадрах-50 төслийн талбайд 2013-2015 онуудад гүйцэтгэсэн 1:50000-ны масштабын геологийн зураглал, ерөнхий эрлийн ажлын үр дүнгийн тайлан, 8040Ф

Голденберг, В.И., Санжаадорж, Д., Вертлиб, В.И. 1974-1977 онд явуулсан 1:200 000 масштабын геологийн цогцолбор судалгааны үр дүнгийн тайлан. 2724ф

- Дагва-Очир Я., Сэрчиннамжил Г, (2001). Дорноговийн зүүн өмнөд хэсгийг геологийн тогтоц, ашигт малтмал (Дорноговь аймгийн 3Ө хэсгийн нутагт 1991-1994 онуудад гүйцэтгэсэн 1:200,000-ны харьцалтай геологийн бүлэгчилсэн зураглал, ерөнхий эрлийн ажлын тайлан), 5384ф
- Далай Л, Галбаатар Д. 2005. Дорноговь аймгийн Хатанбулаг, Хөвсгөл сумдын нутагт орших Хутаг-Уулын талбайд 2002-2005 онуудад гүйцэтгэсэн 1:50000-ны масштабын геологийн зураг. 5632Ф
- Дамдинжав Б., Дэлгэрсайхан А, Өмнөговь аймгийн Ноён, Баяндалай, Хүрмэн, Ханхонгор, Номгон, Баян-Овоо сумдын нутагт 1996- 1998 онуудад Зурамтайн ангийн хийсэн 1:200000-ны масштабын геологийн бүлэгчилсэн зураглалын ажлын үр дүнгийн тайлан, 5307Ф
- Лхагвадорж Д, Хосбаяр П. Дамдинжав Б. 1996. Дарьгангын талбай L-49-XXIII, XXVI, XXIX, XXX, L-50-XIX, XXV хавтгайд хийсэн 1:200000-ны масштабын геологийн бүлэгчилсэн зураглалын ажлын тайлан, 5020ф
- Лхүндэв, Ш нар., 2013. Монгол Улсын 1: 200 000-ны масштабын улсын геологийн зураг, тайлбар бичиг. Баруун Өмнөд Монголын сери: 7260
- Махбадар Ц, Тунгалаг Ф, Дэлгэрцогт Б (1995) Монгол-Хятадын хилийн дагуух нутгийн Монголын хэсгийн 1:1000000-ын масштабын геологийн зураг, түүний тайлбар бичиг, 4806ф
- Хубльдииков Г.И., Карташев Н.М, 1954. Тянь-шаны говийн Далан уулын районд хийсэн 1:200000 геологийн зураглалын ажлын тайлан, 0805Ф
- Эрдэнэчимэг Д., Энхбаяр Б., Болдбаатар Г., Дамдинжав Б., Тайванбаатар Ц, 2017, “Геомэдээллийн сан-2013” төслийн хүрээнд 2014-2017 онуудад гүйцэтгэсэн Монгол Улсын 1:500000-ны масштабын геологийн зураг зохиох төслийн ажлын үр дүнгийн тайлан, 8480Ф

## БҮТЭЭЛИЙН ЖАГСААЛТ

### НОМ, ТОВХИМОЛ:

- “Геологи судлал” эрдэм шинжилгээний бүтээл. 2021. №25, 188 хуудас  
/Нарийн бичгийн дарга: **Б.Мөнхсүрэн**; Хэвлэлийн эх бэлтгэсэн: **Б.Энхдалай**/
- P. Hanžl, O. Lexa and K. Schulmann, with contribution of C. Aguilar Gil, A. Broussolle, P. Budil, D. Buriánek, A. Chimedtseren, O. Gerel, V. Janoušek, O. Javkhlan, Y. Jiang, J. Lehmann, **Ts. Narantsetseg**, D. Otgonbaatar, V. Peřestý, D. Sanchir, I. Soejono, P. Štípská, S. Turbold. 2019. Field guide Gobi-Altai accretionary orogeny, IGCP – 662 project orogenic architecture and crustal growth from accretion to collision, 85 p. ISBN 978-99978-57-85-9.
- D. Sanchir, Ts. **Narantsetseg**. **Ts.** Oyunchimeg Ts with contribution of **B. Munkhsuren**, J. Batsukh, B. Gendenjamts. 2019. Field Guide for the Field Excursion to the Khangai area, THE 16 TH EAST EURASIA INTERNATIONAL WORKSHOP Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Eurasia, September 16-20, 2019, Arkhangai Aimag, Mongolia.
- Оролмаа, Д.** 2018. “Магмын ба метаморфжих үйл явцын геохими, лекци”. Мөнхийн үсэг ХХК, 135 хуудас. /Орчуулсан: Доктор Д.Оролмаа/

### ОЛОН УЛСЫН СЭТГҮҮЛД ХЭВЛҮҮЛСЭН ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ӨГҮҮЛЭЛ:

- Tserendash Narantsetseg.**, Yuan Chao., Wang Tao., Ren Zhongyuan., Li Pengfei., Zhang Le., Guo Lei., Tong Ying., **Demberel Orolmaa.**, Altanbaatar Battushig., Orosoo Baatarchuluun., Tuya Idermunkh., Jargalsaikhan Tumendelger. 2021. Metamorphic rocks from the north-eastern part of the Ereendavaa terrane (Eastern Mongolia): an origin of the Permian back-arc basin rather than the Proterozoic basement, *Mongolian Geoscientist* 26 (52) 16-45.  
<https://doi.org/10.5564/mgs.v26i52.1079>
- Jiaqi Ling., Pengfei Li., Chao Yuan., Min Sun., Yuning Zhang., **Tserendash Narantsetseg.**, Xiangsong Wang., Yingde Jiang., Wanwan Hu, 2021. Ordovician to Devonian granitic plutons in the Hangay Range, Central Mongolia: Petrogenesis and insights into the Paleozoic tectonic evolution of the westernmost Mongol-Okhotsk Orogen, *LITHOS* 404–405.  
<https://doi.org/10.1016/j.lithos.2021.106463>
- Pengfei Li., Min Sun., **Tserendash Narantsetseg.**, Fred Jourdan., Wanwan Hu., Chao Yuan. **2021.** First structural observation around the hinge of the Mongolian Orocline (Central Asia): Implications for the geodynamics of oroclinal bending and the evolution of the Mongol-Okhotsk Ocean, *GSA Bulletin*, <https://doi.org/10.1130/B36200.1>
- Xiaowei ZHANG., Ying Tong., Hui ZHAO., Lei Guo., **Tserendash Narantsetseg.**, **Delgerzaya PUNTSAG.** 2021. Petrogenesis and Tectonic Significance of Carboniferous Granites on the North Side of the Solonker Suture, Central South Mongolia, *Acta Geologica Sinica*, [DOI:10.1111/1755-6724.14660](https://doi.org/10.1111/1755-6724.14660)

- Munkhsuren, B., Enkhdalai, B., Narantsetseg, Ts., Udaanjargal, Kh., Orolmaa, D., Munkhjin, D.** 2021. Lithological mapping using remote sensing techniques: A case study of Alagbayan area, Dornogobi province, Mongolia. *Mongolian Geoscientist*, 26(53), 37-54.  
<https://doi.org/10.5564/mgs.v26i53.1790>
- Zeija Ji., Zhicheng Zhang., Baofu Han., **Narantsetseg Tserendash.** 2020. Multiphase Late Devonian to Carboniferous volcanic events in the west of Oyu Tolgoi, southeastern Mongolia: New geochronological, geochemical, and isotopic constraints on tectonic history, *Gondwana Research* 88, p. 169–184. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2020.08.008>
- Krivonogov, S., **Narantsetseg, Ts.**, Oyunchimeg, Ts., Anna Agatova, A., Khazin, L., Nepop, R., Zhilich, S., Kuleshov, D., Gusev, V. 2020. Geomorphological settings for past increases of the levels of Great Mongolian and Mongolia-Russia transboundary lakes. *Transactions, Japanese Geomorphological Union* 41 (3), 227-248.
- Yunying Zhang, Chao Yuan, Min Sun, Zongying Huang, **Tserendash Narantsetseg**, Zhongyuan Ren, Pengfei Li, Qinglin Zhang, **2020.** Contrasting compositions between magmatic and mantle olivines in the Cenozoic basalts from central Mongolia: Constraints on source lithology and regional uplift, *American Mineralogist*.  
<https://doi.org/10.2138/am-2020-7431>.
- Козаков И. К., Кирнозова Т.И., Фугзан М.М., Плоткина Ю.В., **Эрдэнэжаргал Ч.** 2020. Постаккреционные гранитоиды в структуре Дзабханского террейна раннекаледонского обрамления восточно-сибирской платформы. *Стратиграфия. Геологическая корреляция*, том 28, №2, с. 55–65.
- Козаков И. К., Кирнозова Т. И., Ковач В. П., Фугзан М. М., Плоткина Ю. В., **Эрдэнэжаргал Ч.** 2020. Неопротерозойский возраст кристаллического фундамента Богдоингольского блока дзабханского террейна, центрально-азиатский складчатый пояс. *Стратиграфия. Геологическая корреляция*, том 28, №6, с.67-75.
- Kosuke N., **Erdenejargal Ch.**, Javkhlan O., Takenori K., Takao H. 2020. “Age determination for Urgamal eclogite in the Western Mongolia” *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*
- Dagva-Ochir L., Oyunchimeg T., **Enkhdalai B.**, Inna Safonova., Huan Li., Otgonbaatar D., Landry Soh Tamehe., Sharav D. 2020. Middle Paleozoic basaltic rocks of the Tsoroidog Uul accretionary complex, Central Mongolia: Geological positions, geochemistry, petrogenesis and tectonic implications, *Lithos*, 376-377.
- Narantsetseg Ts., Orolmaa D.**, Chao Yuan., Tao Wang., Lei Guo., Ying Tong., Xinyu Wang., Enkh-Orshikh O., Oyunchimeg T., **Delgerzaya P., Enkhdalai B.**, 2019. Geochronology and geochemistry of the Early-Middle Paleozoic volcanic rocks from the Tsarigiin gol area, Ereendavaa terrane: Implications for tectonic evolution of the Kherlen Massif, NE Mongolia, *Journal of Asian Earth Sciences* **175**, 138-157.  
<https://doi.org/10.5800/GT-2017-8-3-0279>
- Gudrun Daxner-Höck., Margarita A. Erbajeva., Ursula B. Göhlich., Paloma López-Guerrero., **Tserendash Narantsetseg.**, Bastien Mennecart., Adriana Oliver., Davit Vasilyan &

Reinhard Ziegler. 2019. The Oligocene vertebrate assemblage of Shine Us (Khaliun Basin, south western Mongolia), Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien, Serie A 121, 195-256.

И. К. Козаков, Д.А. Лыхин., **Ч. Эрдэнэжаргал**, Е.Б. Сальникова, И.В. Анисимова, Ковач В.П., Ю.В. Плоткина, А.М. Федосеенко. 2019. Тектоническая позиция Неопротерозойских габбро-гипербазитового и габброидного комплексов Баяннурского блока сонгинского выступа, *Центрально-азиатский складчатый пояс*. Стратиграфия. Геологическая корреляция, том 27, № 2, 31–51.

Козаков И.К., Козловский А.М., Ярмолюк В.В., Кирнозова Т.И., Фугзан М.М., Оюунчимэг Ц., **Эрдэнэжаргал Ч.** 2019. Геодинамические обстановки и формирования поли- и монометаморфических комплексов Южно-Алтайского метаморфического пояса, *Центрально-азиатский складчатый пояс*. Петрология, том 27, №3, 233-257.

Erdenechimeg D., Oyunchimeg T., Tomurchudur Ch., Dagva-Ochir L., Jitka Mikava., Otgonbaatar D., **Enkhdalai B., Delgerzaya P.** 2018. Geochemistry and provenance of sedimentary rocks in the Shar Khutul area, Central Mongolia. Journal of Geological Issue 494 (16), 170-171.

Otgonbaatar D., Oyunchimeg T., Tomurtogoo O., Erdenechimeg D., Battushig A., **Enkhdalai B.**, Sharav D., Bulganzaya L., Dagva-Ochir L. 2018. The Onon island arc terrane: geochemical evidence and new modeling, Journal of Geological issue 494 (16), 166-168.

#### **ҮНДЭСНИЙ СЭТГҮҮЛД ХЭВЛҮҮЛСЭН ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ӨГҮҮЛЭЛ:**

**Наранцэцэг Ц., Оролмаа Д.,** Баттүшиг А., **Дэлгэрзаяа П., Энхдалай Б., Мөнхжин Д.,** Гуо Лей., Тонг Ийнг., Пенгфей Ли., Занг Лей., Эрдэнэбаяр Ж., Огата Т, 2021. Сүмтнуур метакомплексийн метаморф чулуулгууд: U-Pb геохронологи, циркон, ксенотим ба монацитийн геохими, Хайгуулчин 63, 71-90.

**Наранцэцэг Ц., Энхдалай.Б., Оролмаа Д.,** Батзориг Г., Удаанжаргал Х., Гуо Лей, Тонг Ийнг., **Ууганцэцэг Б.** 2021. Хатанбулагийн эртний массивын Цагаан Уулын блокийн суурь бүрдлийн насны асуудалд, ШУА-ийн Геологийн хүрээлэнгийн бүтээл Геологи судлал 25, 30-42.

**Оролмаа Д.,** Оюунчимэг Т., **Мөнхжин Д.,** 2021. Хэнтийн өргөгдлийн гранитойд магматизм: Геохими, геохронологийн судалгааны шинэ үр дүн Геологи судлал 25, 58-77.

**Энхдалай Б., Наранцэцэг Ц., Оролмаа Д.,** Удаанжаргал Х., **Ууганцэцэг Б.** 2021. Цагаан Уулын блокийн Хөрхийн нуруу орчмын метаморф зузаалгийн геологи, петрогеохимийн шинэлэг үр дүн, ШУА-ийн Геологийн хүрээлэнгийн бүтээл Геологи судлал 25, 77-89.

**Мөнхжин Д., Наранцэцэг Ц., Энхдалай Б., Дэлгэрзаяа П.,** Удаанжаргал Х., Ууганцэцэг Б. 2021. Жирэм-Уул формацын тунамал чулуулгийн геохими, геохронологийн шинэлэг үр дүн, ШУА-ийн Геологийн хүрээлэнгийн бүтээл Геологи судлал 25, 43-57.

- Эрдэнэжаргал Ч., Ууганцэцэг Б.,** Ариунчимэг Я., Шарав Д. 2021. “Хожуу ордовикийн конодонтын шинэ олдворт газар”. ШУА-ийн Геологийн Хүрээлэнгийн бүтээл Геологи судлал 25, 120-130.
- Эрдэнэжаргал Ч.,** Ариунчимэг Я., **Ууганцэцэг Б., Мөнхсүрэн Б.** 2021. “Силурын хөхморьт формацын насны асуудалд” Геологи. №36, хууд. 110-119.
- Н.Батжаргал, Н.Тунгалаг, Д.Санчир, Б.Ганбат, Б.Гомбодорж, **Б.Мөнхсүрэн.** 2021. Тарвагатай блокын Шинэ-Идэр орчмын геологийн тогтоц, петрогеохимийн үр дүн. Хайгуулчин №63, 102-120.
- Тулга А., Наранцэцэг Ц., Энхдалай Б., Мөнхжин Д.,** Удаанжаргал Х. 2020. Байтагийн дэд террейний сайрын хошуу орчмын доод карбоны вулканоген чулуулгийн петрографи ба геохими. Хайгуулчин 62. 85-93.
- Энхдалай Б., Наранцэцэг Ц.,** Гуо Лей., Тонг Ийнг., **Дэлгэрзаяа П., Тулга А.** 2020. Хутаг уулын террейний Баяновоо орчмийн метаморф чулуулгийн геологи, геохими, геохронологийн шинэлэг үр дүн. Хайгуулчин 62. 94-104.
- Тулга А.,** Дагва-Очир Л., **Энхдалай Б.** 2020. “Геологийн хээрийн судалгааны ажилд андройд үйлдлийн систем ашиглах нь (“Ogixmaps” программын жишээн дээр)”. Хайгуулчин сэтгүүл 62.
- Б.Мөнхсүрэн,** Н.Батжаргал, Б.Гомбодорж. 2020. Шарын голын нүүрсний ил уурхай орчмын газар ашиглалт/газрын бүрхэвчийн өөрчлөлтийн судалгаа. Геологи, газарзүйн салбарын залуу эрдэмтэн, судлаачдын бүтээлийн эмхэтгэл-2020, Хүрэл тогоот. 31-37.
- Наранцэцэг Ц.,** Оюунчимэг Т., Отгонбаатар Д., Төмөрчөдөр Ч., Пенгфей Ли., **Оролмаа Д., Энхдалай Б.,** Эрдэнэчимэг Д., **Энх-Орших О., Тулга А.** 2019. Заг формацын хурдас хуримтлалын нас ба эх үүсвэрийн асуудалд, Хайгуулчин 60, 75-87.
- Наранцэцэг Ц.,** Батзориг Г., Гуо Лей., Энхтуяа Ж., Удаанжаргал Х., Эрдэнэсүвд С., Үржинханд Б. 2019. Хатанбулгийн эртний массивын Хутаг уулын блокийн урьдкембрийн суурь бүрдлүүдийн геохронологийн шинэ өгөгдлүүд, Хайгуулчин 60, 93-99.
- Б.Энхдалай,** Т.Оюунчимэг. 2019. Цэцэрлэг террейний палеозойн тунамал чулуулгийн геохими, геохронологи (Цоройдог уул талбай). Хүрэлтогоот 2019. ЭШБХ-ын бүтээл. 135-139
- Munkhsuren.B,** Odgerel.D, Oyunchimeg.T. 2019. Lithological mapping of Ikh Tsakhir area using remote sensing techniques. Геологи, газарзүйн салбарын залуу эрдэмтэн, судлаачдын бүтээлийн эмхэтгэл-2019, Хүрэл тогоот, 149-153.
- Д.Эрдэнэчимэг, Т.Оюунчимэг, Д.Отгонбаатар, Ч.Төмөрчөдөр, Jitka Mikova, Л.Дагва-Очир, Л.Булганзаяа, **Б.Энхдалай.** 2019. Шар хөтөлийн геологийн тогтоц: тунамал чулуулгийн геохими, геохронологи. ШУТИС-ийн магистр, доктор оюутнуудын ЭШБХ. Хайгуулчин сэтгүүл 61, 157-170.

**ОЛОН УЛСЫН ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ХУРЛУУДАД ХЭЛЭЛЦҮҮЛСЭН ИЛТГЭЛҮҮД:**

- Narantsetseg Ts., Orolmaa D.,** Battushig A, **Delgerzaya P., Enkhdalai B., Munkhjin.,** Guo Lei., Tong Ying., Zhang Lei., Pengfei Li., Erdenebayar J., Ogato T. 2021. Zircon, xenotime and monazite geochemistry and U-Pb geochronology of metamorphic rocks from Sumtnuur metacomplex in Nukht-Davaa Block of South Gobi Massif, International Symposium on Deep Exploration and Practices (DEEP2021), 26-31 October, Nanjing, China and International everywhere (online)
- Delgerzaya P.** 2020. A new terrane subdivision for Mongolia. ICREMER, Akita University of Osaka, Japan. (Online course)
- Narantsetseg Ts., Orolmaa D.,** Yuan Chao., Wang Tao., Guo Lei., Tong Ying., Wang Xinyu., **Enkh-Orshikh O.,** Oyunchimeg T., **Delgerzaya P., Enkhdalai B.** 2019. The Early-Middle Paleozoic volcanic rocks from the Tsarigiin gol area, Ereendavaa terrane, NE Mongolia: Geochronology and geochemistry, Монголын Геологи-80 олон улсын эрдэм шинжилгээний бага хурлын илтгэлийн хураангуй, Хайгуулчин 61, х 64-65
- Narantsetseg Ts, 2019.** Academician O. Tumurtogoo fresh in our memory and his role in project 'Deep processes and Metallogeny of Northern, Central and Eastern Asia'. Орос, Казахстан, Хятад, Солонгос, Монгол 5 орны хамтарсан 'Deep processes and Metallogeny of Northern, Central and Eastern Asia' олон улсын төслийн эрдэм шинжилгээний бага хурал
- Munkhsuren.B.** 2019. Stop 1 field trip poster presentation. *The 16th East Eurasia International Workshop: Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Eurasia.* September 16-20, 2019, Ulaanbaatar, Mongolia
- B.Gendenjamts, B.Munkhtsengel, D.Odgerel, D.Sanchir, B.Ganbat, **B.Munkhsuren.** 2019. Geochemistry and Geochronology of Dulaankhan pluton, Northern Mongolia. *Second Workshop of Project IGCO-662: Orogenic architecture and crustal growth from accretion to collision.* July 04-10, p24. Ulaanbaatar Mongolia.
- Otgonbaatar D., Oyunchimeg T., Dagva-Ochir L., Erdenechimeg D., Sharav D., Bulganzaya L., **Enkhdalai B.** 2019. Lithostratigraphic units of the Tsetserleg accretionary terrane: New geochemical and geochronological evidences. Central Mongolia". 17th Meeting of the European Tectonic Groups, CETEG, Abstract volume, 60.
- Delgerzaya P.** 2019. Geochemistry and geochronology of Paleozoic volcano-sedimentary rocks of the Atas Bogd district, SW Mongolia. At facultety biosphere and geosphere, Okayama university of science, Japan.
- Narantsetseg Ts.,** Yuan Chao., Ren Zhongyuan., **Orolmaa D.,** Baatarchuluun O., Tumendelger J., Battushig A. 2018. U-Pb detrital zircon dating of metamorphic rocks in Ereendavaa terrane, NE Mongolia: timing of formation and metamorphism. Abstract volume of project IGCP-662, Orogenic architecture and crustal growth from accretion to collision, 15-22 September, 2018, China.
- Delgerzaya P., Narantsetseg Ts.,** Oyunchimeg T., **Enkh-Orshikh O. 2018.** Protoliths of metamorphic rocks of the Khavtgai Complex, NEMongolia: Age, character and tectonic setting. Abstract volume of project IGCP-662, Orogenic architecture and crustal growth

from accretion to collision, 15-22 September, 2018, China.

**Delgerzaya P., Narantsetseg Ts., Oyunchimeg T., Enkhdalai B.** Geochronology and Lu-Hf isotopes of carboniferous sandstone from Takhilt area, Asralt-Khairkhan terrane, Central Mongolia. The 15<sup>th</sup> East Eurasia International Workshop on present earth surface processes and long-term environmental changes in East Eurasia. 8-12 October 2018. Busan, Korea. 56.

Наугольных С.В., **Эрдэнэжаргал Ч.**, Буянтэгш Б., Я.Ариунчимэг. 2018. Морфология листьев рода *Angaropteridium* Zalesky, 1932 /карбон Ангарида/: основные черты строения и сравнение с морфологически близкими таксонами. "Палеонтология в современном музее и в образовании" Красноуфимск, 22-24 Август.

### **ҮНДЭСНИЙ ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ХУРЛУУДАД ХЭЛЭЛЦҮҮЛСЭН ИЛТГЭЛҮҮД:**

**Эрдэнэжаргал Ч.** 2021. "Баруун болон өмнөт Монголд хийсэн геологийн зүсэлтүүд тэдгээрт агуулагдах палеонтологийн олдворууд" Соёлын яамнаас зохион байгуулсан соёлын өдрүүдийн арга хэмжээнд Оюунлаг оюутан-2021 эрдэм шинжилгээний бага хурал. (аман илтгэл).

**Эрдэнэжаргал Ч.**, Ариунчимэг Я., Ууганцэцэг Б., Мөнхсүрэн Б. 2021. "Силурын хөхморьт формацын насны асуудалд" төрийн шагналт, шинжлэх ухааны гавьяат зүтгэлтэн, Шинжлэх ухааны доктор, профессор О.Гэрэлийн 80 насны ойн эрдэм шинжилгээний цахим хурал. (аман илтгэл).

**Мөнхжин Д.** 2021. "Жирэм-Уул формацын тунамал чулуулгийн геохими, геохронологийн үр дүн" сэдвээр "Залуу судлаач" 2021 бага хуралд илтгэл хэлэлцүүлж **Тэргүүн байр** эзэлсэн.

Т.Оюунчимэг, Д.Шарав, Д.Эрдэнэчимэг, Л.Дагва-Очир, Л.Булганзаяа, **Б.Энхдалай**. 2020. Хархорины бүсийн геологийн асуудалд. Монголын ба бүс нутгийн геологийн асуудлууд GIMAR ЭШБХ.

Д.Эрдэнэчимэг, Т.Оюунчимэг, Д.Отгонбаатар, **Б.Энхдалай**, Ч.Төмөрчөдөр. 2019. Цэцэрлэг террейний палеозойн тунамал чулуулгийн геохими, геохронологи. Монголын геологи хайгуул 2019. ЭШБХ

**Б.Энхдалай**, Т.Оюунчимэг. 2019. Цэцэрлэг террейний палеозойн тунамал чулуулгийн геохими, геохронологи (Цоройдог уул талбай). Хүрэлтогоот 2019. ЭШБХ

Д.Эрдэнэчимэг, Т.Оюунчимэг, Д.Отгонбаатар, Ч.Төмөрчөдөр, **Б.Энхдалай**. 2019. Цэцэрлэг террейний палеозойн тунамал чулуулгийн геохими, геохронологи". ШУТИС-ийн магистр, доктор оюутнуудын ЭШБХ.

Д.Эрдэнэчимэг, Т.Оюунчимэг, Д.Отгонбаатар, Ч.Төмөрчөдөр, Jitka Mikova, Л.Дагва-Очир, Л.Булганзаяа, **Б.Энхдалай**. 2019. Шар хөтөлийн геологийн тогтоц: тунамал чулуулгийн геохими, геохронологи. ШУТИС-ийн магистр, доктор оюутнуудын ЭШБХ.

Т.Оюунчимэг, Д.Отгонбаатар, О.Төмөртоогоо, Л.Дагва-Очир, **Б.Энхдалай**, Д.Эрдэнэчимэг, Д.Шарав, Л.Булганзаяа, А.Баттүшиг. 2019. Цоройдог уул дүүргийн геологийн тогтоц. Монголын геологи хайгуул Round-Up 2019. Ханан илтгэл.

Т.Оюунчимэг, **Б.Энхдалай**, Д.Отгонбаатар, Д.Эрдэнэчимэг, А.Баттүшиг, П.Дэлгэрзаяа. 2018. Цэцэрлэг террейны палеозойн тунамал чулуулгийн геохими, геохронологи /Цоройдог уул дүүрэг/, Монгол орны ашигт малтмал, геологи хайгуул Round-UP 2018.

**Энхдалай Б.**, Оюунчимэг Т. 2018. Цэцэрлэг террейний Палеозойн тунамал чулуулгийн геохронологи ба геохимийн судалгаа. “Залуу судлаач-2018” Монголын анхны геологич Ж.Дүгэрсүрэнгийн нэрэмжит эрдэм шинжилгээний бага хурал.

**Энхдалай Б, Наранцэцэг Ц.** 2018. Мөрөн, Царигийн гол дүүргийн протерозой, доод палеозойн тунамал чулуулгийн геохими, петрологи. Монгол орны ашигт малтмал, геологи хайгуул Round-UP 2018. Ханан илтгэл.

Т.Оюунчимэг, Д.Отгонбаатар, Ч.Төмөрчөдөр, Д.Шарав, Д.Эрдэнэчимэг, **Б.Энхдалай**, Л.Дагва-Очир, Л.Булганзаяа, **П.Дэлгэрзаяа**, А.Баттүшиг. 2018. Эрдэнэцогт дүүргийн геологи, геохимийн шинэлэг үр дүнгүүд. Монгол орны ашигт малтмал, геологи хайгуул Round-UP 2018. Ханан илтгэл.

### **ГЕОЛОГИЙН ЗУРАГЗҮЙН БҮТЭЭЛҮҮД:**

Удаанжаргал Х., **Оролмаа Д.**, Дэжидмаа Г., Ариунчимэг Я., **Наранцэцэг Ц.**, Оюунчимэг Т., Энхтуяа Ж., Эрдэнэсүвд С., Үржинханд Б., Билгүүн Б., Мягмарнаран Д., Түмэнжаргал Б., Батзориг Г, **2021**. Монгол орны “К” хавтгайн хэмжээнд зохиогдсон Улсын Геологийн 1:200000-ны масштабын иж бүрдэл зургуудыг нэгтгэх төсөл. Хавтас 1. **К-46-VI, XII, К-47-I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII, XV, XVI, XVII, XVIII.**

Удаанжаргал Х., **Оролмаа Д.**, Дэжидмаа Г., Ариунчимэг Я., **Наранцэцэг Ц.**, Оюунчимэг Т., Энхтуяа Ж., Эрдэнэсүвд С., Үржинханд Б., Билгүүн Б., Мягмарнаран Д., Түмэнжаргал Б., Батзориг Г, **2021**. Монгол орны “К” хавтгайн хэмжээнд зохиогдсон Улсын Геологийн 1:200000-ны масштабын иж бүрдэл зургуудыг нэгтгэх төсөл. Хавтас 2. **К-48-I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII, XIII, XIV, XV, XVI, XVII, XVIII, XX, XXI.**

Удаанжаргал Х., Оролмаа Д., Дэжидмаа Г., Ариунчимэг Я., **Наранцэцэг Ц.**, Оюунчимэг Т., Энхтуяа Ж., Эрдэнэсүвд С., Үржинханд Б., Билгүүн Б., Мягмарнаран Д., Түмэнжаргал Б., Батзориг Г, **2021**. Монгол орны “К” хавтгайн хэмжээнд зохиогдсон Улсын Геологийн 1:200000-ны масштабын иж бүрдэл зургуудыг нэгтгэх төсөл. Хавтас 3. **К-49-I, II, III, IV, VII, VIII, IX, XIII, XIV, XV**

### **ГЕОЛОГИЙН ЗУРГИЙН ТАЙЛБАР БИЧИГ:**

Удаанжаргал Х., Оролмаа Д., Дэжидмаа Г., Ариунчимэг Я., **Наранцэцэг Ц.**, Оюунчимэг Т., Энхтуяа Ж., Эрдэнэсүвд С., Үржинханд Б., Билгүүн Б., Мягмарнаран Д., Түмэнжаргал Б., Батзориг Г, **2021**. Монгол орны “К” хавтгайн хэмжээнд зохиогдсон Улсын Геологийн 1:200000-ны масштабын иж бүрдэл зургуудыг нэгтгэх” ажлын товч тайлбар бичиг, 1-р боть

Удаанжаргал Х., Оролмаа Д., Дэжидмаа Г., Ариунчимэг Я., **Наранцэцэг Ц.**, Оюунчимэг Т., Энхтуяа Ж., Эрдэнэсүвд С., Үржинханд Б., Билгүүн Б., Мягмарнаран Д., Түмэнжаргал Б., Батзориг Г, **2021**. Монгол орны “К” хавтгайн хэмжээнд зохиогдсон Улсын Геологийн 1:200000-ны масштабын иж бүрдэл зургуудыг нэгтгэх” ажлын товч тайлбар бичиг, 2-р боть

Удаанжаргал Х., Оролмаа Д., Дэжидмаа Г., Ариунчимэг Я., **Наранцэцэг Ц.**, Оюунчимэг Т., Энхтуяа Ж., Эрдэнэсүвд С., Үржинханд Б., Билгүүн Б., Мягмарнаран Д., Түмэнжаргал Б., Батзориг Г, **2021**. Монгол орны “К” хавтгайн хэмжээнд зохиогдсон Улсын Геологийн 1:200000-ны масштабын иж бүрдэл зургуудыг нэгтгэх” ажлын товч тайлбар бичиг, 3-р боть

### **СЭДЭВЧИЛСЭН СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН ТАЙЛАН.**

Б.Энхбаяр., **Д.Оролмаа.**, Т.Оюунчимэг., Я.Ариунчимэг., Д.Дашцэнгэл., **Д.Наранцэцэг.**, Б.Мөнхцэнгэл., Г.Сэрсмаа., С.Хишигсүрэн., Ц.Наранцэцэг., Ж.Ундарья., Д.Эрдэнэчимэг., Б.Нямаа., Д.Хосбаяр., Б.Болорхүү., Э.Цэрэн-Оюун, П.Хүрэл-Эрдэнэ, Э.Алтанбагана. **2021**. Геомэдээлэлийн сангийн дэд сангуудад нэмэлт баяжуулалт хийх, мэдээлэлийн сан бүрдүүлэх, заавар загвар боловсруулах 2019-2020 оны сэдэвчилсэн судалгааны ажлын үр дүнгийн тайлан. Код “Геомэдээлэл-2019”, 9695Ф

Г.Сэрсмаа., Я.Ариунчимэг., **Ц.Наранцэцэг.**, Ж.Ундарья., Б.Нямаа., П.Хүрэл-Эрдэнэ, **2021**. “Геомэдээлэл-2019” төслийн хүрээнд Монгол Улсын давхаргазүй, палеонтологийн олдвор, горизонтын тулгуур зүсэлтийн мэдээллийг нэгтгэх, литостратиграфийн нэгжийн толь боловсруулах 2019-2020 оны сэдэвчилсэн судалгааны ажлын үр дүнгийн тайлан, 9696Ф.



ШИНЖЛЭХ УХААНЫ АКАДЕМИ  
ГЕОЛОГИЙН ХҮРЭЭЛЭНГИЙН  
ЭРДМИЙН ЗӨВЛӨЛИЙН  
ТОГТООЛ

2022 оны 02 сарын 25 өдөр

Дугаар 01

Улаанбаатар хот

Суурь судалгааны төслийн тайлан  
хүргүүлэх тухай

Тус хүрээлэн дээр 2018-2020 онд хэрэгжиж дууссан "Хатанбулаг ба Өмнөд говийн эртний массивуудын суурь болон хучаас бүрдлүүд: геологийн хөгжил, хүдэржилт" суурь судалгааны төслийн тайланг хэлэлцээд Эрдмийн Зөвлөлийн өргөтгөсөн хурлаас ТОГТООХ нь:

1. Тус "Хатанбулаг ба Өмнөд говийн эртний массивуудын суурь болон хучаас бүрдлүүд: геологийн хөгжил, хүдэржилт" суурь судалгааны төслийн тайланг сайшаасугай.

2. Хурлаас гаргасан гишүүдийн санал, зөвлөмжүүдийг тайланд тусгасаны дараа эцэслэн бэлтгэж, ШУА-ийн Геологи, газарзүй, байгаль орчны салбарын бага чуулганд хүргүүлэхийг эрдэмтэн нарийн бичгийн дарга, доктор /Т.ОЮУНЧИМЭГ/-т даалгасугай.

ЭРДМИЙН ЗӨВЛӨЛИЙН ДАРГА, ДОКТОР



Д. ОДГЭРЭЛ

**“ХАТАНБУЛАГ БА ӨМНӨД ГОВИЙН ЭРТНИЙ МАССИВУУДЫН СУУРЬ БОЛОН ХУЧААС  
БҮРДЛҮҮД: ГЕОЛОГИЙН ХӨГЖИЛ, ХҮДЭРЖИЛТ” төслийн тайланд хийсэн  
шинжээчийн дүгнэлт**

Зохиогч: Ц.Наранцэцэг  
Б.Энхдалай  
Д.Оролмаа  
Д.Мөнжин  
Ч.Эрдэнэжаргал  
Б.Мөнхсүрэн  
П.Дэлгэрзаяа  
Б.Ууганцэцэг  
А.Тулга  
О.Энх-Орших

ШУА-ийн Геологийн хүрээлэнгийн эрдэмтэн судлаачдын 2018-2020 онуудад гүйцэтгэсэн “Хатанбулаг ба Өмнөд говийн эртний массивуудын суурь болон хучаас бүрдлүүд: геологийн хөгжил, хүдэржилт” сэдэвт судалгааны төслийн үр дүнгийн тайлантай танилцлаа. Тус тайлан нь үндсэн 6 бүлэг, 6 дэд бүлэг, оршил, дүгнэлт, ашигласан материалын жагсаалт, бүтээлийн жагсаалт бүхий компьютероор шивсэн 348 хуудас тайлан байх ба олон тооны зураг, график, хүснэгт агуулсан байгаа хэдий ч эдгээрийн жагсаалт байхгүй байлаа. Тус тайланд сэдэвт судалгааны ажлын төслийн даалгавар хавсаргагдаагүй байсан тул төслийн даалгаврын биелэлтийн талаар дүгнэлт өгөх боломжгүй байлаа.

Тайлангийн 1-р бүлэгт ТАОБ ба өмнөд Монголын эртний массивууд: Байршил, тектоник ангилал, насжилт; 2-р бүлэгт Судалгааны арга, аргачлал; 3-р бүлэгт Хатанбулагийн эртний массивууд; 4-р бүлэгт Өмнөд говийн эртний массивууд; 5-р бүлэгт Эртний массивууд, магмын идэвхшлийн үе шат ба геологийн бүрдлүүдтэй холбоотой хүдэржилт; 6-р бүлэгт Эртний массивуудын гарал үүсэл ба геодинамик хөгжил зэргийг судалгааны үр дүнд тулгуурлан тус тус тайлбарлан бичсэн байна.

Тус судалгааны ажлын тайлантай танилцаад дараах шүүмж өгч байна. Үүнд

- Тайлан нь Хатанбулаг ба Өмнөд говийн эртний массивуудын суурь болон хучаас бүрдлийн судалгаа сэдэвтэй хэдий ч зөвхөн суурь бүрдлийн судалгаануудыг түлхүү хийгээд хучаас бүрдлийн талаарх судалгааг орхигдуулсан тал байна.
- Тайлан нь найруулга зүй, нэршил зэрэг нь жигд бус, нэг зүйлийг олон янзаар тайлбарласан заримдаа хэтэрхий хавсарсан нийлмэл өгүүлбэр хэрэглэсний улмаас ойлгоход бэрх зүйл байлаа
- Судалгааны аргачлалын хувьд ямар асуудлыг шийдвэрлэх зорилгоор ямар аргачлалыг хэрхэн хэрэглэсэн нь тодорхойгүй. Ялангуяа хээрийн судалгааны үеийн аргачлалыг тодруулах тухайн геологийн блок нь эртний суурь бүтцийг хэрхэн төлөөлж байгаа, тэр нь агаар сансрын зурагт хэрхэн илэрдэг мөн тухайн цэгт хээрийн судалгааг хийснээр ямар асуудлыг шийдвэрлэсэн зэрэг нь бүрхэг санагдлаа

- Лабораторийн маш олон шинжилгээ хийсэн нь сайшаалтай ч тэдгээрийн нэгдсэн мэдээллийн сан хийсэн бол дараа, дараагийн судалгаанд ач холбогдол сайтайгаас гадна цахим үндэстэн болох зорилгод нийцэх байлаа
- Лабораторийн шинжилгээний үр дүнг хүснэгтэн мэдээлэл байдлаар тайланд заавал хавсаргах нь зүйтэй гэж үзэж байна
- Хүдэржилтийн хувьд хэт ерөнхий байдлаар авч үзсэн. Монгол орны ашигт малтмалын зургийн хэмжээнд (1:1000000 болон 1:200000) бүртгэгдсэн орд илрэл эрдэсэжсэн цэгүүдийг тухайн судалгааны блок тус бүрд дурдаад орхисон байна. Хүдэржилтийг гарал үүслийн төрлөөр нь ялгаад эртний блокуудтай шууд холбоотой хэсгийг нь тусгайлан судалсан бол илүү сонирхолтой байх байсан болов у?
- Нэгдсэн дүгнэлт хэт ерөнхий эртний блок тус бүрийн хоорондын ижил төстэй, эсвэл өөр талууд тэдгээр нь ТАОБ-ийн геодинамик хөгжлийг сэргээн босгоход хэрхэн нөлөөлөх талаар оруулж өгвөл зүгээр санагдлаа
- УУХҮЯ-ны санхүүжилтээр хийгддэг УГЗ-200 болон 1:50000 масштабтай геологийн зураглал, ерөнхий эрлийн ажлын төсөл мөн стратиграфийн комиссын үйл ажиллагаатай хамтруулан судалгааг хийсэн нь санаачилгатай сайн хэдий ч судалгааны үр дүн нь дээрх төслүүдийн үр дүнтэй давхцаж байгаа эсэх нь тодорхойгүй. Үүнийг анхаарах

#### Тайлангийн сайшаалтай тал

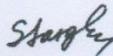
- Бүлэг тус бүрийн ард дүгнэлт хийж өгсөн нь тухайн судалгаа хийсэн блокийн хэмжээнд судалгааны шийдлийг хэрхэн хийснийг ойлгоход дөхөмтэй байлаа.
- Төслийн үр дүнгээр 2 магистрант хамгаалсан. 4 докторант судалгааны сэдэв болгон судалж байгаа нь салбарын хүний нөөцийг хөгжүүлэх, чадавхжуулахад чухал ач холбогдолтой судалгаа болжээ.
- Төслийн үр дүнгээр 1 ном, олон улсын сэтгүүлд 18 өгүүлэл, улсын сэтгүүлд 17 өгүүлэл хэвлүүлж олон улсын болон дотоодын хуралд олон тооны илтгэл хэлэлцүүлсэн нь төслийн үр дүнг сурталчилсан сайн ажил болжээ.
- Төслийн хүрээнд маш олон тооны лабораторийн шинжилгээнүүдийг хийж ялангуяа 43 дээжид U-Pb изотопын аргаар нас тогтоосон нь Монгол улсын төдийгүй ТАОБ-ийн геодинамик хөгжлийн судалгаанд хувь нэмрээ оруулсан томоохон хэмжээний бүтээл болжээ.

ШУА-ийн Геологи, газарзүйн бага чуулганд санал болгох нь:

Хэдийгээр зарим нэг дутагдалтай зүйл байгаа хэдий ч төслийг гүйцэтгэгч судлаачид санаачилгатай ажиллаж Монгол улсын геологийн судалгаанд олон тооны шинэ мэдээлэл, шинэ мэдлэг гаргасан өргөн хүрээг хамарсан судалгааны ажил болсныг тэмдэглээд тайланг Геологи, газарзүй байгаль орчны салбарын Бага чуулганы хурлаар хэлэлцүүлж, хүлээн авах саналтай байна.

Шүүмж бичсэн:

ШУТИС-ийн ГУУС-ийн профессор



С.Жаргалан

ШУА-ийн Геологийн хүрээлэнд 2018-2020 онуудад хэрэгжсэн “Хатанбулаг ба Өмнөд говийн эртний массивуудын суурь болон хучаас бүрдлүүд: Геологийн хөгжил, хүдэржилт” суурь судалгааны төслийн тайланд хийгдсэн шинжээчдийн дүгнэлтийн дагуу засвар хийсэн талаар

Тус төслийн эрдэм шинжилгээний тайланд Шинжээчдийн өгсөн шүүмжийн дагуу дараах засваруудыг хийлээ. Үүнд:

1. Төслийн үр дүнгийн даалгаварыг эрдэм шинжилгээний тайлангийн төгсгөл хэсэгт хавсралт байдлаар оруулж өгсөн.
2. Төслийн тайлангийн “Оршил” хэсэгт тус төслийн санхүүжилтээр геохимийн шинжилгээ хийлгэсэн дээжнүүдээс гадна өөрсдийн гадаад хамтын ажиллагааны шугамаар үнэмлэхүй насны шинжилгээ хийсэн болон “Монгол орны “К” хавтгайн хэмжээнд зохиогдсон улсын геологийн 1:200000-ны масштабын иж бүрдэл зургуудыг нэгтгэх төсөл”-ийн шугамаар хийгдсэн дээжнүүдийн тоо хэмжээг ялган харуулсан. “К” төслийн хэмжээнд хийгдсэн үнэмлэхүй насны шинжилгээний үр дүнгүүд нь геологийн зураг боловсруулах явцад ашиглагдсан бөгөөд хамтран хэвлүүлсэн өгүүлэлд дурдсанаас бусад ямар нэг бичвэр болон геохимийн өгөгдлүүдийн боловсруулалт давхардаж ороогүй болно.
3. Тус төслийн хүрээнд олон улсын болон үндэсний мэргэжлийн сэтгүүлүүдэд хэвлэгдсэн геохимийн шинжилгээний үр дүнгүүдийг хавсралт хэлбэрээр тайлангийн төгсгөлд оруулсан. Харин одоогийн байдлаар хэвлэгдээгүй, олон улсын болон үндэсний сэргэжлийн сэтгүүлд хэвлүүлэхээр боловсруулагдаж байгаа өгөгдлүүдийг оруулаагүй болно.
4. Төслийн зорилго болон үр дүнгийн даалгаварт тусгагдсан геодинамик хөгжлийн загвар боловсруулах ажлын хувьд эртний блокуудын хэмжээнд үнэмлэхүй насны өгөгдлөөр эртний нас нь батлагдахгүй залуужих хандлага гарсан, мөн гадаад хамтын ажиллагааны шугамаар метаморф чулуулгуудад хийхээр төлөвлөж байсан Rb-Sr, Sm-Nd болон Lu-Hf -ийн изотопийн шинжилгээнүүд цар тахлын улмаас хил хаагдсантай холбоотойгоор хийгдэх боломжгүй болсон зэргээс үүдэлтэй зарим хүндрэл учирсан. Эртний метаморф хурдсын нас залуужсан талаар палеопротерозойн түвшинд ангилагдаж байсан Сүмтнуур метакомплексын хувьд ордовикийн цаг үүссэн болох нь тогтоогдсон, мөн палеопротерозойн Хутаг-Уул метакомплексын бүрэлдэхүүнд хамгийн өргөн тархалттай хөх саарал ортогнейсүүд неопротерозойн түвшинд ангилагдсан зэрэг олон жишээ дурдаж болно. Иймээс бид төслийн эрдэм шинжилгээний тайланд эртний блокуудын геодинамик хөгжлийн загварын суурь болгож Өмнөд Монголын хэмжээнд зураглагддаг эртний блокууд чухам аль кратоноос тасарсан болох талаар зөөгдмөл цирконуудын үнэмлэхүй насны шинжилгээний дүнгүүдийг нас нь батлагдсан эртний кратонуудын өгөгдлүүдтэй харьцуулан тодорхой үндэслэлтэй дүгнэлтүүдийг хийж холбогдох гистограмм зургаар төлөөлүүлэн харуулсан болно (зураг 231, 234). Харин судалгаанд хамрагдсан

харьцангуй залуу вулканоген формацуудын хувьд геодинамик хөгжлийн загварыг боловсруулсан болохыг зураг 210-аас харж болно.

5. Тайлангийн бичвэрийн найруулга зүй, нэршил, үг, үсгийн алдаа зэргийг эргэн шалгаж холбогдох засваруудыг хийсэн. Харин нэршил жигд бус буюу нэг нэрийг олон янз бичсэн зарим тохиолдол нь дараах учир шалтгаантай болно. Үүнд: Хутаг уул (Цагаан уул), Хутаг-Уул (Цагаан-Уул), Хутаг Уул (Цагаан Уул) зэрэг үгсийг жишээ болгон дурдаж болно. Эхний буюу Хутаг уул (Цагаан уул) гэсэн нь уул усны нэрийг илэрхийлсэн газарзүйн нэршил бол Хутаг-Уул (Цагаан-Уул) гэсэн нь метаморф бүрдэл, формацыг нэрлэсэн нэршил юм. Литостратиграфийн кедексын дагуу хоёр үгнээс тогтсон формац, бүрдлүүдийг нэрлэхдээ хоёрдохь үг нь эгшгээр эхэлсэн бол том үсгээр эхлэж дундаа таслалтай бичих дүрэмтэй. Харин гуравдах буюу Хутаг Уул (Цагаан Уул) гэсэн үгс нь Монгол орны суурь бүтцүүдийн ангилалд эртний блокуудыг нэрлэж оноосон нэр бөгөөд бид тус ангилалд бичсэний дагуу авч хэрэглэсэн болно.
6. Нэгдсэн дүгнэлт хэт ерөнхий гэсэн шүүмжийн дагуу “Ерөнхий дүгнэлт” хэсгийг ахин засварлаж шинэчлэн найруулж оруулсан болно.

Төслийн удирдагч, доктор

Ц.Наранцэцэг



МОНГОЛ УЛСЫН ШИНЖЛЭХ УХААНЫ АКАДЕМИЙН  
ГЕОЛОГИ, ГАЗАРЗҮЙ, БАЙГАЛЬ ОРЧНЫ САЛБАРЫН  
БАГА ЧУУЛГАН

2022 оны 04 сарын 13 өдөр

Дугаар 03

Улаанбаатар хот

Хэрэгжиж дууссан суурь судалгааны  
төслийн тухай

**Хурлын тэмдэглэлээс:**

Геологи, газарзүй, байгаль орчны салбарын Бага чуулганы хурал 2021 оны 4 дүгээр сарын 13-ны өдрийн 09 цагаас ШУА-ийн Их чуулганы танхимд хуралдав.

**Хэлэлцсэн асуудал:** Салбарын хэмжээнд 2018-2020 онд хэрэгжиж дууссан 5 суурь судалгааны төслийн тайланг хэлэлцэж, холбогдох шийдвэр гаргав.

**Хуралд оролцсон:** Бага чуулганы дарга, академич Д.Доржготов, нарийн бичгийн дарга, доктор Ч.Батцэцэг, Академич Р.Барсболд, Д.Дашжамц, С.Дэмбэрэл, доктор (PhD) Б.Уранзаяа, Х.Цогтбаатар, М.Алтанбагана, В.Батсайхан, О.Батхишиг, В.Батцэнгэл, Д.Даш, А.Дашцэрэн, С.Жаргалан, Д.Одгэрэл, Ч.Одонбаатар, М.Өлзийбат, Н.Тунгалаг, Ж.Ундарьяа, С.Чинзориг, С.Энх-Амгалан, А.Саулегуль нар оролцов. Академич Д.Амарсайхан, доктор Д.Мягмарцэрэн нар өвчтэй, доктор Д.Баттогтох томилолттой тул хуралд оролцсонгүй. Оролцвол зохих 25 гишүүнээс хүндэтгэх шалтгаантай 3, оролцох ёстой 22, оролцсон 22. Хурлын ирц 100%.

Хурлыг бага чуулганы дарга, академич Д.Доржготов удирдан явуулав.

Геологийн хүрээлэнд 2018-2020 онд хэрэгжүүлсэн “Хатанбулаг ба Өмнөд говийн эртний массивуудын суурь болон хучаас бүрдлүүд: геологийн хөгжил хүдэржилт” сэдэвт суурь судалгааны төслийн тайланг удирдагч, доктор Ц.Наранцэцэг 20 минут илтгэлээ танилцуулав.

Төслийн тайланд Бага чуулганы гишүүн, доктор С.Жаргалан, ШУТИС-ийн багш, доктор Б.Мөнхцэнгэл шүүмжлэгчээр ажиллав.

Тайлантай холбогдуулан гишүүд асуулт асууж, хариулт өгч, хэлэлцүүлэг өрнүүлэн, зарим гишүүд санал хэлэв.

**ШИЙДВЭРЛЭСЭН НЬ:**

1. Геологи, газарзүй, байгаль орчны салбарын Бага чуулган “Хатанбулаг ба Өмнөд говийн эртний массивуудын суурь болон хучаас бүрдлүүд: геологийн хөгжил, хүдэржилт” төсөл нь үр дүнгийн даалгавраа биелүүлсэн тул тайланг гишүүдийн 100 хувийн саналаар хүлээн авав.
2. Бага чуулганы гишүүд болон шүүмжлэгчдээс өгсөн санал шүүмжийн дагуу зохих засварыг тайландаа тусган, холбогдох журмын дагуу захиалагч байгууллагад хүлээлгэн өгөхийг төслийн удирдагч, доктор Ц.Наранцэцэгт даалгасугай.

ДАРГА, АКАДЕМИЧ



Д.ДОРЖГОТОВ

ШУА-ийн Геологийн хүрээлэнгээс 2018-2020 онуудад хэрэгжүүлсэн “Хатанбулаг ба Өмнөд говийн эртний массивуудын суурь болон хучаас бүрдлүүд: Геологийн хөгжил, хүдэржилт” сэдэвт суурь судалгааны төслийн тайланд өгөх шүүмж

2022 оны 03 сарын 31

Тус төслийн тайлан нь Реферат, Оршил, 1-р бүлэг - Төв Азийн Ороген Бүс (ТАОБ) ба өмнөд Монголын эртний массивууд: байршил, тектоник ангилал, насжилт; 2-р бүлэг Судалгааны арга аргачлал; 3-р бүлэг Хатанбулагийн эртний массив; 4-р бүлэг Өмнөд говийн эртний массив; 5-р бүлэг Эртний массивуудын магмын идэвхжилийн үе шат ба геологийн бүрдлүүдтэй холбоотой хүдэржилт; 6-р бүлэг Эртний массивуудын гарал үүсэл ба геодинамик хөгжил; Ерөнхий дүгнэлт, Ашигласан материалын жагсаалт; Хэвлүүлсэн бүтээлийн жагсаалтаас бүрдсэн 348 хуудас бүтээл болжээ.

*Тайлангийн 1-р бүлэгт* ТАОБ-ийн болон Өмнөд Монголын хэмжээнд тархсан эртний массивуудын геологи, үнэмлэхүй насны асуудлыг олон улсын болон Монголын судлаачдын 1984-2019 оны хооронд хийсэн голлох бүтээлүүдийн үр дүнд тулгуурлан нэгтгэж, тоймлон харуулсан нь олон тооны мэдээллийг нэгтгэсэн, геологичид судлаачид дараа дараагийн ажилдаа ашиглахад тустай мэдээлэл болсон байна.

*Тайлангийн 2-р бүлэгт* судалгааны арга аргачлалын талаар 3 нүүр хуудсанд товч тодорхой дурджээ.

*Хатанбулагийн эртний массив гэсэн 3-р бүлэгт* Хутаг-Уулын болон Цагаан-Уулын блокийн суурь ба хучаас бүрдлүүдийн геологи, геохронологи, геохимийн судалгааг тодорхой дүүргүүдийн жишээн дээр хийсэн үр дүнгийн боловсруулалт тайлалтыг 133 хуудаст багтаан харуулжээ. Энэ судалгаагаар Цагаан-Уул блокийн метаморф зузаалгийн үнэмлэхүй насыг нарийвчлан тогтоож, тус блокийн хэмжээнд эртний суурийн цухуйц байгааг баталсан байна. Цагаан-Уулын блокийн төв хэсэгт тархсан Цагаануул формацад ангилагдах болсон метаморф зузаалаг нь тунамал-вулканоген зузаалгаас голчлон тогтож байгаа учраас доод неопротерозойн Цагаануул формацад ангилах нь буруу гэж үзжээ. Энэ дүүрэгт тархсан Ундаан формацын хэмжээнд тунамал-вулканоген зузаалаг тогтоож вулканоген чулуулаг нь субдукцтэй холбоотой арлан нумын нөхцөлд үүссэн, тунамал чулуулаг нь далайн арлан нумын нөхцөлд үүссэн суурилаг эх үүсвэртэй чулуулгаас үүссэн геохимийн шинжтэй байгааг тогтоожээ.

*Өмнөд Говийн эртний массив нэртэй 4-р бүлэг* нь Нүхтдавааны блокийн болон Говийн тэнгэр уулын блокийн суурь ба хучаас бүрдлүүдийн геологи, геохронологи, геохимийн судалгааг тодорхой дүүргүүдийн хэмжээнд хийж үр дүнгийн боловсруулалт, тайлалтаас бүрдсэн 129 хуудас материал болсон байна. Тус дүүргүүдэд хийсэн хээрийн судалгаа болон лабораторийн судалгааны үр дүндээ үндэслэн Цохиотын дүүрэгт Ханбогдын шүлтлэг массивын өмнөд хэсэгт Ундаан формацаар зураглагдсан суурилгаас хүчиллэг найрлагатай вулканоген чулуулаг нь

геохимийн шинжээрээ шүлтлэг шохойлог эгнээнийх бөгөөд 325-333 сая жилийн үнэмлэхүй нас тогтоогдсонд үндэслэн доод карбоны Сайншандхудаг формацын түвшинд ангилахыг санал болгосн байна. Мөн энэ дүүрэгт хожуу девон-түрүү карбон (~360 сая жил), түрүү карбоны (~340 сая жил), хожуу карбоны (320 сая жил) гэсэн 3 удаагийн магмын идэвхижил явагдсан гэж үзжээ. Атас Богд-Төмөртийн нурууны дүүргийн чулуулагт хийсэн геохронологийн судалгаагаар кембри-ордовикийн ангилагдаагүй зузаалаг ялгаж, энэ зузаалгийн элсэн чулууны зөөгдмөл цирконуудад неопротерозой (741-900 сая жил), мезопротерозой (1300-1400 сая жил), палеопротерозойн (2500 сая жил) настай циркон тогтоосон үр дүндээ үндэслэн Өмнөд Говийн эртний массивын Говийн Тэнгэр уулын блокийн суурь бүрдэлд гадаргууд ил гарсан цухуйц тогтоогдоогүй байгаа хэдий ч дээрх насны чулуулаг оролцож байна гэж тайлбарласан байна. Энэ дүүрэгт тархсан кембри-ордовикийн ангилагдаагүй зузаалгийг эх газрын идэвхигүй захын орчинд хуримтлагдсан, харин Төмөрт формацын чулуулаг нь эх газрын идэвхитэй захын орчинд үүссэн байх боломжтой гэсэн санаа дэвшүүлж цаашид нарийвчилсан судалгаа хийх шаардлагатай гэдгийг дурджээ.

*Бүлэг 5, Эртний массивуудын магмын идэвхилийн үе шат ба геологийн бүрдлүүдтэй холбоотой хүдэржилт* гэсэн бүлэгт Хатанбулаг ба Өмнөд Говийн эртний массивуудын хэмжээнд тогтоогдсон кембрийн өмнөх ба палеозойн геологийн бүрдлүүдийн болон тэдгээртэй холбоотой хүдэржилтийн талаар өмнө хийгдсэн судалгааны материалд тулгуурлан 22 хуудсанд багтаан товч тодорхойлон бичсэн байна. Энд Өмнөд Говийн эртний массивын Нүхтдавааны блокийн Сүмт нуур ба Алаг баян уул дүүрэгт тархсан формацууд, интрузив бүрдлүүдтэй холбоотой хүдэржилтийг нэгтгэн хүснэгтэн зургаар харуулжээ.

*Эртний массивуудын гарал үүсэл ба геодинамик хөгжил гэсэн 6-р бүлэг нь* судлаачдын өмнө хийсэн судалгааны үр дүн болон энэ төслөөр хийсэн судалгаанд үндэслэсэн 10 хуудас тайлалт, бичиглэлээс бүрдсэн байна. Үнэмлэхүй насны судалгаагаар Хутаг уулын метакомплекс, Цээл формацын насыг баталгаажуулахаас гадна Хутаг уулын блок нь Таримын блокын хэсэг байх боломжтой гэсэн судлаачдын таамаглалыг дэмжсэн байна. Цагаануулын дүүрэгт хийсэн үнэмлэхүй насны шинжилгээний үр дүнд тулгуурлан тус дүүрэгт тархсан хурдас чулуулгийн насны дээд (770 сая жил, Козаков, 1986) доод (925±12 сая жил) хязгаарыг тогтоосноор протолит нь доод неопротерозойн тонийн цаг үед, геохимийн шинжээр нь эх газрын идэвхигүй захын орчинд хуримтлагдсан гэж үзжээ. Цагаан Уулын блокын хэмжээнд эртний хурдсын зөөгдмөл цирконы ганцхан өгөгдөл байгаагаас хамаарч харьцуулсан дүгнэлт хийх боломжгүй, нэмэлт судалгаа шаардлагатай гэж үзсэн байна.

Өмнөд Говийн эртний массивын Нүхтдавааны блокийн суурийг бүрдүүлдэг Сүмтнуурын метакомплексын төслийн талбайд тархсан хэсэгт судалгаа хийснээр доод ордовикийн үед эх газрын нумын орчинд үүссэн гэж үзээд Шогшоохонгор формацад ангилах нь зүйтэй гэдгийг баталгаажуулсан гэжээ. Алан баян уулын

дүүрэгт тархсан Норовзээг формацад ангилагдсан зузаалагт хийсэн судалгаагаараа дээд неопротерозойд ангилах нь зүйтэй, цаашид нэмэлт судалгаа шаардлагатай гэж үзсэн байна. Өмнөд Говийн эртний массивын Говийн тэнгэр уулын блокийн Төмөртийн бүсийн хэмжээнд анх удаа кембри-доод ордовикийн насны хурдас тогтоосон нь тус дүүргийн геологийн тогтоцыг тайлбарлахад чухал мэдээлэл болох юм.

Энэхүү төслийн ажлын тайлан нь ТАОБ-ийн тэр дундаа Өмнөд Монголын эртний массивуудын геологийн тогтцын талаар их хэмжээний мэдээлэл багтаасан, чулуулгийн геохими, үнэмлэхүй насны олон шинэ мэдээлэл, үр дүнг агуулсан, геологийн тогтоц, гарал үүсэл, хөгжлийн талаар тайлалт, тайлбар хийсэн, сонирхолтой ажил болсон байна.

Тайлантай танилцах явцад дараах зүйлсийг тодруулах, засах шаардлагатай санагдсаныг дурдвал:

- Тайланд төслийн ажлын зорилгыг ерөнхийлөн дурдсан боловч зорилт, эсвэл үр дүнгийн даалгаврыг оруулаагүй учир даалгавар хэрхэн биелэгдсэнийг үнэлэх боломжгүй байна.
- Оршил хэсэгт дурдсанаар энэхүү төслийн зорилго, зорилтоо биелүүлэхийн тулд АМГТГ ба Үндэсний геологийн албанаас хэрэгжүүлсэн “Монгол орны К хавтгайн хэмжээнд зохиогдсон улсын геологийн 1:200000-ны масштабын иж бүрдэл зургуудыг нэгтгэх” төслийн багт ажиллан зарим хээрийн ажил, шинжилгээг хийлгэх зэргээр бүхий л боломжоор хамтран ажилласан гэжээ. Яг энэ төслийн ажлаар хэдэн дээжийн, ямар шинжилгээг нь хийсэн, ямар үр дүн авсанаа ялган харуулаагүй байна. Оршилд дурдсанаас харахад 190 геохими энэ төслөөр, харин 90 дээжийн геохими, 43 үнэмлэхүй насны шинжилгээ нь К-нэгтгэл төслөөр хийгдэж, тэр төслийн тайланд орсон үр дүнгүүд мөн энэ тайланд давхар орсон гэж ойлголоо. Үнэмлэхүй насны бүх үр дүн К-нэгтгэл төслөөр хийгдсэн, тэр тайланд нь мөн тусгагдсан гэсэн үг үү?
- Геохимийн шинжилгээний үр дүнгүүд болон үнэмлэхүй насны хэмжилтийн үр дүнг хүснэгтээр оруулж өгөөгүй байна.
- Төслийн зорилгод Хатанбулагийн ба Өмнөдговийн эртний массивуудын гарал үүсэл, геодинамик хөгжлийн загварыг боловсруулах гэж байна, загвар боловсруулсан уу?
- Оршил хэсэгт дуусаагүй өгүүлбэр, үг үсгийн алдаа байна, бичлэг хэсэгт ерөнхий бүлгийн дугаар 5, 5 гэж давтагдсан гм алдаануудыг засах.
- Төсөл хэрэгжих явцад хэвлэгдсэн бүтээлийн жагсаалтанд энэ төсөлд шууд хамааралгүй бүтээлүүд бичигдсэн байна.



ШУТИС, ГУУС-ийн Геологи, гидрогеологийн салбарын профессор, доктор (PhD), дэд проф. Б.Мөнхцэнгэл

ШУА-ийн Геологи, газарзүй, байгаль орчны салбарын  
Бага чуулганы хурлын тэмдэглэл

Улаанбаатар хот

№03

2021.04.13

Геологи, газарзүй, байгаль орчны салбарын Бага чуулганы хурал 2021 оны 4 дүгээр сарын 13-ны өдрийн 09 цагаас ШУА-ийн Их чуулганы танхимд хуралдав.

**Хэлэлцсэн асуудал:** Салбарын хэмжээнд 2018-2020 онд хэрэгжиж дууссан 5 суурь судалгааны төслийн тайланг хэлэлцэж, холбогдох шийдвэр гаргав.

**Хуралд оролцсон:** Бага чуулганы дарга, академич Д.Доржготов, нарийн бичгийн дарга, доктор Ч.Батцэцэг, Академич Р.Барсболд, Д.Дашжамц, С.Дэмбэрэл, доктор (PhD) Б.Уранзаяа, Х.Цогтбаатар, М.Алтанбагана, В.Батсайхан, О.Батхишиг, В.Батцэнгэл, Д.Даш, А.Дашцэрэн, С.Жаргалан, Д.Одгэрэл, Ч.Одонбаатар, М.Өлзийбат, Н.Тунгалаг, Ж.Ундарьяа, С.Чинзориг, С.Энх-Амгалан, А.Саулгуль нар оролцов. Академич Д.Амарсайхан, доктор Д.Мягмарцэрэн нар өвчтэй, доктор Д.Баттогтох томилолттой тул хуралд оролцсонгүй. Оролцвол зохих 25 гишүүнээс хүндэтгэх шалтгаантай 3, оролцох ёстой 22, оролцсон 22. Хурлын ирц 100% байв.

Хурлыг бага чуулганы дарга, академич Д.Доржготов удирдан явуулав.

Геологийн хүрээлэнд 2018-2020 онд хэрэгжүүлсэн “Хатамбулаг ба Өмнөд говийн эртний массивуудын суурь болон хучаас бүрдлүүд: геологийн хөгжил хүдэржилт” сэдэвт суурь судалгааны төслийн тайланг удирдагч, доктор Ц.Наранцэцэг 20 минут орчим илтгэл танилцуулав.

**Асуулт, хариулт:**

**Доктор Х.Цогтбаатар:**

Тодруулах нэг зүйл байна. Үр дүнгийн даалгаварт геодинамикийн загварчлал гаргана гэсэн байна. Төслийн танилцуулгад бүдэг орчихлоо. Энэ даалгавар биелсэн үү?

**Хариулт:** Ц.Наранцэцэг.

Судалгааны ажил эхэлж байх үед бид геодинамикийн загварчлалыг боловсруулна гэсэн бүрэн итгэлтэйгээр төслөө эхэлсэн. Гэвч геологийн зурагт эртний настай зураглагдсан блокуудын хэмжээнд судалгаа явуулж геохронологийн шинжилгээний дүнгээр насыг нь тогтооход Сүмтнуур метакомплекс палеопротерозойн цаг үед бус, харин ордовикийн цаг үед үүссэн болох нь тогтоогдсон, мөн Цагаан уулын блокийн палеопротерозойд зураглаж ирсэн зузаалаг неопротерозойн цаг үед хуримтлагдсан болох нь баталгаажсан. Харин Хутаг уулын блокийн хэмжээнд Цээл формацийн нас дунд-дээд палеопротерозойн түвшинд баталгаажсан боловч палеопротерозойн Хутаг-Уул метакомплексний бүрэлдэхүүнд элбэг тохиолддог хөх саарал гнейсийн протолит неопротерозойд үүссэн болох тогтоогдсон. Ийнхүү геодинамик хөгжлийн загварыг боловсруулахад хүндрэл учирсан тул эхний ээлжид эртний нас нь баталгаажсан блокуудыг ямар кратоноос эх үүсэлтэй болох талаар тодорхой дүгнэлтүүдийг хийсэн байгаа.

**Доктор С.Жаргалан:**

Суурь болон хучаас бүрдлийн судалгаа гэж сэдэв байгаа хэр нь холбоос бүрдлүүд орчихсон юм биш үү? Тухайн үеийн силурын үеийн далайн хурдас болон девоны бүрдлүүд байгаа юм биш үү. Үүнийгээ хооронд нь хэр ялгаж байгаа вэ? Цирконы үнэмлэхүй насны өгөгдлүүд дээр үндэслэн Хутаг уулын блокийг Таримын кратоны эх үүсвэртэй гэсэн дүгнэлт хийжээ. Энд наснаасаа илүү цирконы газрын ховор элементийн өгөгдлүүдэд үндэслэн гаргах боломж байв уу? Мөн Алагбаян уулын дүүрэгт эклогитийн гранат гэж ярилаа. Түүнийг ямар аргаар тодорхойлсон бэ?

**Хариулт:** Ц.Наранцэцэг:

Хучаас бүрдлүүдийн хувьд гол төлөв шохойн чулуу, гантигаас тогтсон зузаалууд байгаа. Тэдгээрээс насны асуудлыг тодорхойлох зорилгоор шохойн чулуу болон кварцитаас циркон ялгах ажлуудыг хийсэн боловч цирконууд ялгагдаагүй. Иймээс нас болон гарал үүсэл нь маргаантай

байсан зарим холбоос бүрдлүүд судалгаанд хамрагдсан байгаа. Цирконы геохимийн шинжилгээний хувьд бид шинжилгээ хийлгэх мөнгө байхгүй учир үнэмлэхүй насны шинжилгээ хийлгэсэн лабораторийн боломжоос хамаарч зарим дээжид хийгдээд, заримд нь хийгдээгүй. Сүмтнуур метакомплексийн хэмжээнд циркон, ксенотим ба монацитийн геохимийн шинжилгээ хангалттай сайн хийгдсэн. Гранулитийн талаарх асуултад хариульа. Алагбаянгийн урд талд Хутаг уул формацаар зураглагдсан гнейсийн зузаалагт гранулитийн жижиг будин илрүүлсэн. Энэ будин нь гранат, амфибол, пироксеноос тогтох бөгөөд гранат 1 см хүртэлх хэмжээтэй. Энэ гранатад доктор Оролмаа Японы Акитагийн их сургууль дээр EPMA буюу эрдсийн бүрэлдэхүүний судалгаа хийсэн. Гранатын геохимийн онцлог нь эклогитийн гранатын шинжтэй байгаа нь сонирхол татаж байгаа.

**Доктор Ж.Ундарьяа:**

Гурван хараат уулын дүүрэг гэж байдаг. Цохинот гэж ярих шинг боллоо, энд интрузивийн насыг тогтоосон уу?

Хариулт: Ц.Наранцэцэг:

Гурван хараат уулын дүүргийн хувьд доктор Д.Оролмаа, Я.Ариунчимэг нар ажиллаж насыг тогтоосон. Бид энд төвлөрч ажиллаагүй. Цохинотын дүүрэгт хоорондоо литологийн хувьд ойролцоо вулканитууд өргөн тархалттай бөгөөд тэдгээр нь их олон формацад ангилагдсан байдаг. Энд өөрчлөлт гарч байгаа. Бид хамтарсан судалгаа явуулж, 14 насны өгөгдлөөр 3 бүс ялгасан. Хожуу девон, түрүү карбоны үед субдукц явагдсан, харин 320сая жил буюу хожуу карбоны үед тэлэлт явагдсан болохыг тогтоож геодинамик хөгжлийн загварыг боловсруулсан. Хамтарсан өгүүлэл хэвлүүлсэн.

**Доктор Д.Дашцэрэн:**

Нэлээд сайхан үр дүнгүүдийг гаргасан нь өнөөдрийн илтгэлээс харагдаж байна. Үр дүнгүүдээсээ олон улсын сэтгүүлд хэвлүүлсэн үү? Олон улсын сэтгүүлд хэвлүүлсэн өгүүлэлд эхний зохиогчоор хэвлүүлж чадсан уу? Үр дүнгийн даалгаварт хийгдээгүй орхигдсон зүйл байгаа юу?

Хариулт: Ц.Наранцэцэг:

Олон улсын сэтгүүлд манай судалгааны баг 4 өгүүлэл хэвлүүлсэн. 4-р автороор хэвлүүлсэн нэг өгүүлэл бий, түүнд бид Бээжингийн Их сургуулийн судлаачидтай хамтарсан хээрийн судалгаа явуулж хологдох дээж сорьцуудаа авсан. Хятадын тал өөрсдийн санхүүжилтээр 14 үнэмлэхүй нас, 50 гаруй геохими, 50 гаруй изотопын геохимийн шинжилгээ хийсэн учир бид нэгдүгээр зохиогчоор байх боломжгүй. Бид гадаад хамтын ажиллагааны шугамаар дээж, сорьцуудаа явуулаад өөрсдөө өгөгдлүүдээ боловсруулаад Mongolian Geoscientist сэтгүүлд нэгдүгээр зохиогчоор хэвлүүлсэн. Төслийн даалгавраас биелээгүй зүйл байхгүй.

**Санал, шүүмж:**

Төслийн тайланд Бага чуулганы гишүүн, доктор С.Жаргалан, ШУТИС-ийн багш, доктор Мөнхцэнгэл шүүмжлэгчээр ажиллав.

**Шүүмжлэгч С.Жаргалан:** Тайланд нэг нэршлийг олон янзаар тайлбарласан байгааг жигдлэх, заримдаа хэтэрхий хавсарсан нийлмэл өгүүлбэр хэрэглэсэн учраас ойлгоход төвөгтэй байгааг анхаарч, найруулгын засвар хийх шаардлагатай байна. Хээрийн судалгааны үеийн аргачлалыг тодруулах тухайн геологийн блок нь эртний суурь бүтцийг хэрхэн төлөөлж байгаа, тэр нь агаар сансрын зурагт хэрхэн илэрдэг мөн тухайн цэгт хээрийн судалгааг хийснээр ямар асуудлыг шийдвэрлэсэн зэргийг тусгаж огох нь зүйтэй. Лабораторийн маш олон шинжилгээ хийсэн нь сайшаалтай байна. Лабораторийн шинжилгээний үр дүнг хүснэгтэн мэдээлэл байдлаар тайланд заавал хавсаргах нь зүйтэй гэж үзэж байна. Хүдэржилтийг гарал үүслийн торлоор нь ялгаад эртний блокуудтай шууд холбоотой хэсгийг нь тусгайлан судалсан бол илүү сонирхолтой байх байсан болов уу? Нэгдсэн дүгнэлт хэт ерөнхий эртний блок тус бүрийн хоорондын нжлэ тэстэй, эсвэл өөр талууд тэдгээр нь ТАОБ-ийн геодинамик хөгжлийг сэргээн босгоход хэрхэн нөлөөлөх талаар оруулж өгвөл зүйтэй.

Тайланд бүлэг тус бүрийн ард дүгнэлт хийж өгсөн нь тухайн судалгаа хийсэн блокийн хэмжээнд судалгааны шийдлийг хэрхэн хийснийг ойлгоход дөхөмтэй байлаа. Төслийн үр дүнгээр 2 магистрант хамгаалсан. 4 докторант судалгааны сэдэв болгон судалж байгаа нь салбарын хүний нооцийг хөгжүүлэх, чадавхжуулахад чухал ач холбогдолтой судалгаа болжээ. Төслийн үр дүнгээр 1 ном, олон улсын сэтгүүлд 18 өгүүлэл, улсын сэтгүүлд 17 өгүүлэл хэвлүүлж олон улсын болон дотоодын хуралд олон тооны илтгэл хэлэлцүүлсэн нь төслийн үр дүнг сурталчилсан сайн ажил болжээ. Төслийн хүрээнд маш олон тооны лабораторийн шинжилгээнүүдийг хийж ялангуяа 43 дээжид U-Pb изотопын аргаар нас тогтоосон нь Монгол улсын төдийгүй ТАОБ-ийн геодинамик хөгжлийн судалгаанд хувь нэмрээ оруулсан томоохон хэмжээний бүтээл болжээ.

Хэдийгээр зарим нэг дутагдалтай зүйл байгаа хэдий ч төслийг гүйцэтгэгч судлаачид санаачилгатай ажиллаж Монгол улсын геологийн судалгаанд олон тооны шинэ мэдээлэл, шинэ мэдлэг гаргасан өргөн хүрээг хамарсан судалгааны ажил болсныг тэмдэглээд тайланг Геологи, газарзүй байгаль орчны салбарын Бага чуулганы хурлаар хэлэлцүүлж, хүлээн авах саналтай байна.

**Шүүмжлэгч Мөнхцэнгэл:** Энэхүү төслийн ажлын тайлан нь ТАОБ-ийн тэр дундаа Өмнөд Монголын эртний массивуудын геологийн тогтцын талаар их хэмжээний мэдээлэл багтаасан, чулуулагийн геохими, үнэмлэхүй насны олон шинэ мэдээлэл, үр дүнг агуулсан, геологийн тогтоц, гарал үүсэл, хөгжлийн талаар тайлалт, тайлбар хийсэн, сонирхолтой ажил болсон байна.

Тайлантай танилцах явцад дараах зүйлсийг тодруулах, засах шаардлагатай санагдсаныг дурдвал:

Оршил хэсэгт дурдсанаар энэхүү төслийн зорилго, зорилтоо биелүүлэхийн тулд "Монгол орны К хавтгайн хэмжээнд зохиогдсон улсын геологийн 1:200000-ны масштабын иж бүрдэл зургуудыг нэгтгэх" төслийн багт ажиллан зарим хээрийн ажил, шинжилгээг хийлгэх зэргээр бүхий л боломжоор хамтран ажилласан гэжээ. Яг энэ төслийн ажлаар хэдэн дээжийн, ямар шинжилгээг нь хийсэн, ямар үр дүн авснаа ялган харуулаагүй байна. Оршилд дурдсанавс харахад 190 геохими энэ төслөөр, харин 90 дээжийн геохими, 43 үнэмлэхүй насны шинжилгээ нь К-нэгтгэл төслөөр хийгдэж, тэр төслийн тайланд орсон үр дүнгүүд мөн энэ тайланд давхар орсон гэж ойлголоо. Үүнийг тодорхой ялгаж оруулмаар байна.

Геохимийн шинжилгээний үр дүнгүүд болон үнэмлэхүй насны хэмжилтийн үр дүнг хүснэгтээр оруулж өгөх нь зүйтэй.

Төслийн тайланд дуусаагүй өгүүлбэр, үг үсгийн алдаа байна, бичлэг хэсэгт ерөнхий бүлгийн дугаар 5, 5 гэж давтагдсан гэх мэт алдаануудыг засах шаардлагатай. Төсөл хэрэгжих явцад хэвлэгдсэн бүтээлийн жагсаалтад энэ төсөлд шууд хамааралгүй бүтээлүүд бичигдсэн байгааг хасах нь зүйтэй.

**Доктор Х.Цогтбаатар:**

Энэ төслийн багийн судлаачид үнэхээр маш их ажил хийсэн байна. Энэ их ажлыг ийм бага хөрөнгөөр маш сайн менежменттэй ажиллаж гүйцэтгэжээ. Гэхдээ төслийн үр дүнгийн даалгаварт тусгагдсан геодинамикийн загвар хийгдээгүй юм шиг харагдаж байх шиг байна. Тиймээс гарсан үр дүнгүүд дээрээ тусгаж өгнө биз ээ.

**Доктор Ж.Ундарьяа:**

Би энэ ажлыг сайн ажил болжээ гэж үнэлж байна. Олон төсөл хотолборт хамрагдаж зөв менежменттэй ажилласан байна, геологийн чиглэлээр олон залуу судлаачийг дагуулж явж, арга аргачлалыг зааж сургаж бэлтгэсэн байна. Энэ ажил зорилгоо 100 хувь биелүүлсэн гэж үзэхэд буруудах зүйл байхгүй байна.

**Доктор Н.Тунгалаг:**

Уг суурь судалгааны ажил нь маш их огогдолтэй, үр дүнтэй сайн ажил болсон байна. Хүрээлэнгийн эрдмийн зөвлөлөөр хэлэлцээд өгсөн санал шүүмжүүдийг засварлаж, тайлангаа сайжруулсан байна. Эртний массивуудын суурь, хучаас бүрдлүүдээр хийгдсэн ажлаа тайлангаа

үлдээгээд холбоос бүрдэлтэй холбоотой ажлыг заавал энэ тайланд оруулах хэрэггүй болов уу. Ингээд төслийн тайланг хүлээн авахыг дэмжинж байна.

**Академич Д.Доржготов**

Наранцэцэг докторын удирдан хэрэгжүүлсэн энэ ажил бол геологийн суурь судалгааны томоохон ажил болжээ. Энэ хуралд оролцож буй геологич эрдэмтэд энэ ажилд өндөр үнэлгээ өгч байна. Уг судалгааны үр дүнгээс олон улсын чанартай бүтээл хэвлүүлэх нь дамжингүй гэж бодож байна. Тайланг хүлээн авах саналтай байна.

**ШИЙДВЭРЛЭСЭН НЬ:**

1. Геологи, газарзүй, байгаль орчны салбарын Бага чуулган "Хатанбулаг ба Өмнөд говийн эртний массивуудын суурь болон хучаас бүрдлүүд: геологийн хөгжил, хүдэржилт" төсөл нь үр дүнгийн даалгавраа биелүүлсэн тул тайланг гишүүдийн 100 хувийн саналаар хүлээн авав.
2. Бага чуулганы гишүүд болон шүүмжлэгчдээс өгсөн санал шүүмжийн дагуу зохих засварыг тайландаа тусган, холбогдох журмын дагуу захиалагч байгууллагад хүлээлгэн өгөхийг төслийн удирдагч, доктор, Ц.Наранцэцэгт даалгасугай.

ПРОТОКОЛ ХӨТӨЛСӨН: ЭРДЭМТЭН НАРИЙН БИЧГИЙН ДАРГА,  
ДОКТОР *Ч.Батцэцэг* Ч.БАТЦЭЦЭГ