

Эрдэм шинжилгээний өгүүлэл

Баруунбүрэн орчмын Сэлэнгэ бүрдлийн геохими, геохронологийн судалгаа

Г. Оргил^{1,2}, Н. Тунгалаг^{1*}, С. Болорцэцэг¹, Д. Энхцацрал¹, Г. Дашлхагва²

¹ШУА-ийн Геологийн хүрээлэн

²Монгол Улсын Их Сургууль

* Холбоо барих зохиогч:

Н.Тунгалаг

И-мэйл: tungalag@mas.ac.mn

Түлхүүр үг: *Selenge complex, geology, geochemistry, geochronology*

Abstract

The Selenge Complex, situated in the Orkhon–Selenge region of Northern Mongolia within the Central Asian Orogenic Belt (CAOB), constitutes a significant archive of Late Paleozoic to Early Mesozoic tectono-magmatic evolution. This study integrates petrographic observations, whole-rock major and trace element geochemistry, rare earth element (REE) characteristics, and zircon U–Pb geochronology to constrain the petrogenesis and geodynamic setting of the granitoid assemblages.

The investigated granitoid are characterized as calc-alkaline, metaluminous, and belong to the I-type intrusive suite. They exhibit enrichment in large-ion lithophile elements (LILE; e.g., Rb, Ba, Sr) and light rare earth elements (LREE), coupled with depletion in high field strength elements (HFSE; e.g., Nb, Ta, Ti), and display pronounced negative Nb–Ta–Ti anomalies. These geochemical features are indicative of magmatism in a subduction-related continental arc environment, generated from a mantle wedge source metasomatized by slab-derived fluids. Systematic geochemical variations further suggest that the magmatic evolution was predominantly controlled by fractional crystallization, progressing from a basaltic parental magma toward more evolved granodioritic to granitic compositions.

Zircon U–Pb geochronological data obtained from granodiorite and biotite granite samples in the Baruunburen area yield crystallization ages ranging from 258 to 252 Ma. These ages correspond to Late Permian–Early Triassic tectono-magmatic activity, consistent with regionally documented events throughout the CAOB.

Collectively, the results support a model in which the Selenge granitoids formed within a subduction-related magmatic arc during the terminal stages of subduction. This magmatic activity records a transitional geodynamic regime, marking the shift from active convergence to post-collisional evolution.

Оршил

Төв Азийн Ороген Бүс (ТАОБ) нь Палео-Ази далайн хаагдлын явцад бүрэлдэн тогтсон, эх газрын царцдасын өсөлт, манти-царцдасын харилцан үйлчлэлийн механизмыг тайлбарлахад чухал ач холбогдолтой тектоник бүс нутаг юм. Уг бүсийн өмнөд хэсэгт орших Умард Монголын вулкан-плутон бүс нь Хожуу Палеозой-Түрүү Мезозойн тектоно-магмын идэвхжил, ялангуяа субдукцын төгсгөлийн шатнаас постколлизын шилжилтийн орчинд явагдсан магматизмын бодит баримтыг хадгалж үлдсэн байдаг.

Судалгааны талбай нь Монгол орны тектоникийн

ангилаар Төв Монголын массивын Хулж-Ерөөгийн бүсэд хамаарах Орхон-Сэлэнгийн вулкан-плутон бүсэд байрлана (Төмөртогоо, 2012). Энэхүү бүсэд өргөн тархсан пермийн интрузив чулуулгийг анх Э.В.Михайлов, Шабаловский нар (1971) болон Р.А.Хасин (1973) “Сэлэнгэ бүрдэл” хэмээн нэрлэсэн. Харин А.А.Моссаковский, Төмөртогоо (1976) нар уг бүрдэл нь Хануй группийн бүрэн зүсэлтийг зүсч байгаад тулгуурлан насыг Хожуу Триас-Түрүү Юр гэж үзэж байв. Харин сүүлийн үеийн геохронологийн болон петролого-геохимийн судалгаанууд нь бүс нутгийн гранитоид

магматизмын насыг нарийвчлан тогтоож хожуу Перм-түрүү Триасын тектоно-магмын идэвхжилтэй уялдуулах хандлага бий болсон.

Бүс нутгийн хэмжээнд 1960-аад оноос эхлэн 1:1 000 000 болон 1:200 000 масштабын геологийн зураглал, ерөнхий эрэл-хайгуул болон агаарын геофизикийн судалгаанууд хийгдэж, литостратиграфи, магматизм, тектоникийн үндсэн нэгжүүд, томоохон хагарлын систем болон магмын биетүүдийн тархалтыг тодорхойлсон байна. Гэвч нарийвчилсан масштабын (1:100 000–1:50 000) зураглал болон сэдэвчилсэн судалгаанууд нь голчлон Эрдэнэтийн хүдрийн зангилаанд төвлөрч, хүдэржилтийн гарал үүсэлд чиглэсэн тул бүсийн бусад хэсгийн, тухайлбал Сэлэнгэ бүрдлийн гранитоид чулуулгийн петрогенез болон геодинамик орчны асуудал бүрэн шийдэгдээгүй хэвээр байна.

Гранитоид чулуулгийн найрлага, нас, петрологи-геохимийн онцлогууд нь эх газрын царцдас үүсэх ба дахин боловсрох үйл явцыг тайлбарлахад чухал үзүүлэлт болдог. Иймд Баруунбүрэн орчимд тархсан Сэлэнгэ бүрдлийн гранитоидуудын петрографи, чулуулгийн петро-геохими болон цирконы U-Pb геохронологийн судалгааг гүйцэтгэж, тэдгээрийн үүсэл хөгжил, тектоник орчныг нарийвчилсан шинжилгээний өгөгдөлд тулгуурлан тодруулахыг зорьсон болно. Судалгааны үр дүн нь бүс нутгийн тухайн цаг үеийн геодинамик хувьслыг бодит өгөгдөлд тулгуурлан тайлбарлахад чухал ач холбогдолтой юм.

Энэхүү судалгааны зорилго нь Сэлэнгэ бүрдлийн гранитоидын петрологи, геохимийн онцлогийг тодорхойлох, цирконы U-Pb насны өгөгдлөөр талстжилтын насыг нарийвчлан тогтоох, гарсан үр дүнг Төв Азийн Ороген Бүсийн Хожуу Перм-Түрүү Триасын геодинамик загвартай уялдуулан тайлбарлахад оршино.

Региональ геологийн тогтоц

Орхон-Сэлэнгийн бүс нь Дээд Палеозой-Түрүү Мезозойн насны Умард Монголын вулкан-плутон бүсийн цөм хэсэгт байрлаж, зэс-молибден, зэсийн

хүдэржилт давамгайлсан металлогений онцлогтой. Бүс нутгийн хойд хэсгээр Сэлэнгийн хөндий буюу томоохон хагарлын дагуу доод цэрдийн насны грабен тогтоц хөгжиж, түүнд ижил насны терриген хурдас тархсан байна.

Дээд Палеозойн вулкан-плутон эвшил нь Хануй группийн вулканоген, туф, туфоген хурдас давамгайлсан суурилаг-дундлаг найрлагатай вулканистуудаас (Өрхөт, Хустай, Харгана, Төлбөр формацууд) бүрддэг. Эдгээрийг зүсч байрласан габбро-диорит, гранодиорит-гранитын бүрэлдэхүүнтэй Сэлэнгэ бүрдлийн янз бүрийн хэмжээний интрузив массивууд өргөн тархсан нь тухайн үеийн идэвхтэй магматизм, тектоник орчныг илтгэнэ.

Дээд Триас-Доод Юрийн вулкан-плутон эвшил нь Могод формацын андезит давамгайлсан вулканит болон Шувуут бүрдлийн гранодиорит-гранитын интрузив массивуудаас тогтож, бүс нутгийн хожуу шатны магмын идэвхжилтэй уялдаг. Эдгээр хоёр томоохон эвшлийн хооронд, Түрүү-Дунд Триасын үед, баруун хойд чиглэлтэй хагарлуудыг даган Эрдэнэт порфир бүрдлийн интрузив шток, дэлүүд нэвтэрч байрласан бөгөөд порфирын зэс-молибдены хүдэржилт бүхий орд, илрэлүүдийг дагуулсан нь бүс нутгийн металлогений хөгжилд чухал байр суурь эзэлдэг. Тус бүсийн геологийн тогтоцын гол онцлог нь Орхон-Сэлэнгийн вулкан-плутон бүсийн суурийг бүрэлдүүлэгч Дархан формацын карбонат-вулканоген-терриген тунамал хурдас, түүнийг зүссэн Эдикарийн гранитоидууд, Пермийн болон Дээд Триас-Доод Юрийн вулканистуудын оршин тогтнол юм. Энэ бүсийн хамгийн өргөн тархалттай гранитоид бүрдэл нь Сэлэнгэ бүрдлийн габбро-диорит-граносиенит-гранитын эвшлийн интрузив байдаг.

Орхон-Сэлэнгийн бүсэд өргөн тархсан Сэлэнгэ гранитоид бүрдлийн насыг анх геологийн харьцаа хамаарлаар тогтоох оролдлогууд хийгдсэн. Сүүлийн үеийн геохронологийн судалгаанууд, ялангуяа цирконы U-Pb изотопын нас өгөгдөлүүд нь Сэлэнгэ бүрдлийн гранитоид магматизмын насыг илүү нарийвчлалтай тогтоох

боломж олгосон. Өмнөх судалгаануудаар Сэлэнгэ бүрдлийн гранитоид чулуулуудад U-Pb, Ar-Ar, K-Ar, Rb-Sr болон Re-Os аргуудаар нас тогтоогдсон бөгөөд ихэнх өгөгдөл нь Хожуу Перм-Түрүү Триасын (260-240 сая. жил) хугацаанд төвлөрдөг (Berzina et al., 1999; Watanabe & Stein, 2000; Sotnikov et al., 2005; Мөнхцэнгэл нар 2009, 2023; Jiang et al., 2010). Харин зарим K-Ar болон Rb-Sr наснууд (240–230 сая.жил) нь магмын дараах хөрөлт, гидротермаль өөрчлөлттэй холбоотой хоёрдогч насны илрэл байж болох юм.

Дүүргийн геологийн тогтоц

Судалгааны талбайн геологийн тогтцын хувьд 1:200 000-ны масштабын геологийн зурагт (Зураг 1) тулгуурлан авч үзвэл Неопротерозойн Дархан тунамал-метаморф формац, Пермийн насны Хануй группийн Өрхөт, Дээд Триас-Доод Юрагийн Баруунбүрэн формацын вулканоген-тунамал, тэдгээрийг хучсан Дөрөвдөгчийн сэвсгэр хурдаснуудаас бүрдэнэ.

Дархан формацын гантигжсан шохойн чулуу, талст занар нь судалгааны талбайн баруун урд хэсэгт тектоникийн хагарлаар хянагдсан, жижиг блоклог үлдэц хэлбэрээр тархсан байна. Энэ нь суурь метаморф бүрдлийн фрагментүүд хожуу үеийн тектоник хөдөлгөөнөөр тусгаарлагдан үлдсэнийг илтгэнэ.

Хануй группийн Өрхөт формацын андезит, трахи-андезит, андезит порфир, трахи-андезит порфирит, базальт, трахибазальт болон тэдгээртэй холбоотой пирокластик туфууд нь талбайн баруун болон баруун өмнөд хэсгээр зонхилон, зүүн өмнөд захад тасалдан тархсан байдалтайгаар илэрч, судалгааны талбайн ойролцоогоор 35 орчим хувийг эзэлж байна. Энэхүү формац нь суурилаг-дундлаг найрлагатай вулканоген чулуулууд давамгайлсан бөгөөд галт уулын идэвхжилтэй нягт холбоотой тогтцыг илтгэнэ. Харин Баруунбүрэн формацын андезит, трахиандезит, андезит-дацит, лавбрекч, жижиг хэмхдэст туф элсэнчулуу, алевролит, туфоконгломерат нь судалгааны талбайн төв болон хойд хэсгээр илүү өргөн тархаж, зарим хэсэгт

сунаж байрласан структурын хэв шинжтэйгээр илэрнэ. Энэ нэгж нь нийт талбайн 40-45 орчим хувийг хамарч, судалгааны талбайд хамгийн өргөн хөгжсөн геологийн тогтцод тооцогдох ба литологийн найрлага, тархалтын хэв шинжээс үзэхэд Мезозойн галт уулын идэвхжил эрчимтэй явагдаж, вулканоген-тунамал хурдсын зузаан хуримтлал бүрэлдэн тогтсоныг харуулж байна.

Судалгааны талбайд тархалттай интрузив чулуулгийн тархалтын хувьд Хожуу Пермийн болон Юрийн настай магмын бүрдлүүдээс тогтож байна. Эдгээр нь структурын хувьд өмнөх цаг үеийн вулканоген-тунамал болон метаморф бүрдлүүдийг огтлон зүсэж байрласан ба харьцангуй массив болон шток, дайк хэлбэрийн биетүүдээр илэрнэ.

Хожуу Пермийн настай Сэлэнгэ бүрдлийн интрузив чулуулууд нь судалгааны талбайн баруун болон зүүн хэсгээр ихэвчлэн тархсан ба 3 фазын гранитоид магматизмын бүтээгдэхүүн байдлаар илэрч байна. Эдгээр нь өмнөх насны вулканоген-тунамал болон метаморф чулуулуудыг огтлон зүсэж байрласан массив, шток болон жижиг биетүүд хэлбэрээр илрэх ба талбайд ойролцоогоор 15-20 орчим хувийг эзэлж байна. Сэлэнгэ бүрдлийн эдгээр интрузивууд нь магмын ялгарал, дифференциацийн шат дараалсан хөгжлийг илэрхийлсэн олон фазат бүрдэл болох нь ажиглагдана.

I фаз ($\delta_1 P_{3s}$) нь габбро, габбро-диорит, диорит, кварцат диорит, монцодиоритын жижиг биетүүдээр илэрнэ (Дэжидмаа нар., 2008). Геологийн зурагт харьцангуй бага талбай эзэлж, ихэвчлэн захын болон гүн суурийн шинжтэй хагарал дагасан үлдэгдэл биетүүд байдлаар тэмдэглэгдсэн байна. Энэ фаз нь магмын эхний, суурилаг-завсрын найрлагатай шатны төлөөлөл бөгөөд нийт талбайн 3-5 орчим хувийг эзэлнэ.

II фаз ($\gamma \delta_2 P_{3s}$) нь шохойлог-шүлтлэгээс шүлтлэгдүү найрлагатай, гранодиорит, гранодиорит порфир, гранит бүрэлдэхүүнтэй ба геологийн илүү өргөн тархалттайгаар илэрсэн нь магмын дараагийн болон илүү дифференцилагдсан үе шатыг илтгэнэ. Энэ

фаз нь судалгааны талбайн ойролцоогоор 5-7 хувийг эзлэх ба энэ фазын хэмжээнд судлын биетүүд ихэвчлэн зүүн хойшоо ба өрөгрөгийн дагуу суналтай микродиорит, порфирлог диорит, андезитээс тогтоно.

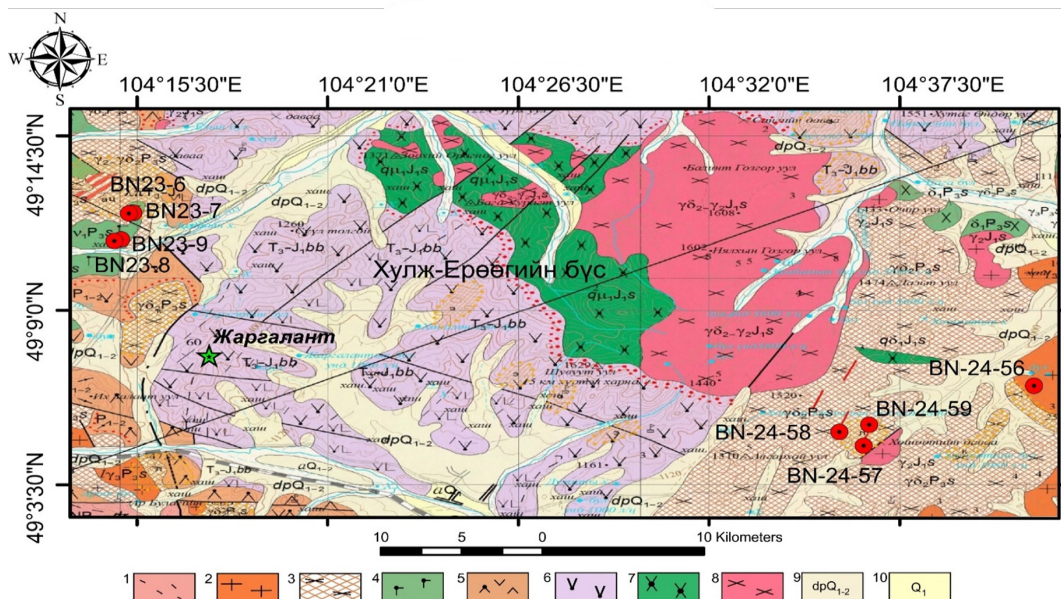
III фаз (Y₃P₃s) фаз нь ягаавтар саарал өнгийн лейкогранит зонхилсон, хүчиллэг найрлагатай чулуулгаар илрэх ба уг бүрдлийн хамгийн өргөн хөгжсөн фазад тооцогдоно. Геологийн зурагт томоохон массив биетүүд үүсгэн, өмнөх фазууд болон хажуугийн чулуулгуудыг огтлон зүссэн харьцаа ажиглагдана. Нийт талбайн 7–10 орчим хувийг эзэлж байгаа бөгөөд магмын хамгийн хожуу, өндөр дифференциацийн бүтээгдэхүүн болно.

Интрузив чулуулгийн фазуудын ялгаа ба геологийн хөгжлийг дүгнэхэд Сэлэнгэ бүрдлийн гурван фаз нь найрлага, өнгө, мөхлөгийн хэмжээ болон тархалтын хэмжээгээрээ ялгаатай бөгөөд магмын шат дараалсан хөгжил, дифференциацийн явцыг тодорхой илэрхийлдэг.

Эдгээр онцлогоос үзэхэд Хожуу Пермийн үед бүс нутагт тектоник идэвхжил нэмэгдэж, гүний магмын камер үүсч, улмаар олон үе шаттай

интрузив магматизм үүсэх нөхцөл бүрдсэн байж болох юм. Магмын найрлага суурилаг-дундлаг шатнаас хүчиллэг чиглэл рүү хувьсан өөрчлөгдөж, эцэстээ лейкогранитын бүрдэл давамгайлсан нь магмын дифференциаци, хүчиллэгжилтийн процесс эрчимтэй өрнөснийг илтгэнэ. Ийнхүү Сэлэнгэ бүрдлийн интрузивууд нь судалгааны талбайн геологийн хөгжлийн Хожуу Пермийн үеийн тектоник-магмын идэвхжлийн гол илэрхийлэл болж байна.

Талбайн төв хэсгээр Юрийн настай Шувуут бүрдлийн (J₁S) хоёр фазын интрузив чулуулгууд тархсан байна. Нэгдүгээр фаз нь дунд-том мөхлөгт кварцат диорит болон дунд ширхэгт биотит-амфиболтой гранодиоритоор илэрч, дундлаг найрлагатай магмын үе шатыг төлөөлнө (Дэжидмаа нар., 2008). Хоёрдугаар фаз нь биотит агуусан порфирлог гранит болон жижиг-дунд ширхэгт биотитот гранитаас тогтож, хожуу үеийн интрузив биетүүдийг бүрдүүлж байна. Эдгээр нь өмнөх үеийн чулуулгуудыг зүсэж байрласан бөгөөд структурын хувьд массив, зарим хэсэгт штоклог хэлбэртэйгээр илэрчээ.



Зураг 1. Судалгааны талбайн 1:200000-ны геологийн зураг (Дэжидмаа нар., 2008) ба дээжлэлтийн байршил
1- Неопротерзойн Дархан формацийн Гантигжсан шохойн чулуу, талст занар 2- Сэлэнгэ бүрдэл III-фаз.

Шүлтлэгдцү найрлагатай ягаавтар саарал өнгөтэй, лейкогранит. 3- Сэлэнгэ бүрдэл II-фаз. Шохойлог-шүлтлэгээс шүлтлэгдцү найрлагатай гранит, гранодиорит, граносиенит, (Ar-Ar 258.6±3.3 болон 247.2±3.7 В.И.Сотников нар,2005). 4-Сэлэнгэ бүрдэл I-фаз. Шүлтлэгдцү найрлагатай, саарал, ногоовтор шаргал дунд ширхэгт монцоидиорит, габбро (245.8±2.6 сая.жил). 5- Баруунбүрэн формац. Андезит, трахиандезит, андезит-дацит, алеваролит, түфоконгломерат базальтын це 6- Шувуут бүрдэл I-фаз. Дунд том мөхлөгт кварцат диорит. 7- Шувуут бүрдэл II-фаз. Биотит агуулсан порфир маягийн боржин, жижиг дунд ширхэгт биотитот боржин. Дунд ширхэгт биотит амфиболтой боржиндиорит. 8- Уулсын хажуу болон хормойн делюви-пролювийн гаралтай чулуулгийн янз бүрийн шавранцар, элсэнцэр, шавар, дайрга, цйрмэг. 9- Голын гольдрол, өндөр ба нам татмын аллювийн гаралтай хайрга, элс, шавар

Судалгааны арга аргачлал

Судалгааны талбайд геологийн хээрийн судалгааг гүйцэтгэж, Сэлэнгэ бүрдэлд хамааруулан зурагласан гранитоид чулуулгуудаас төлөөлөх дээжүүдийг сонгон авсан. Дээжлэлт нь чулуулгийн фазаудын төрөл, текстур-структурын онцлог, тархалтын байршлыг харгалзан гүйцэтгэгдсэн бөгөөд петрографи, геохими, геохронологийн шинжилгээнд ашиглав.

Гранитоид чулуулгийн эрдэслэг бүрэлдэхүүн, структур болон текстур-онцлогийг ШУА-ийн Геологийн хүрээлэнгийн Петрографийн лабораторид “Nikon” маркийн туйлширсан гэрлийн микроскопоор тодорхойлов.

Чулуулгийн петрологи-геохимийн онцлог болон геодинамик орчныг тодруулах зорилгоор чулуулагийн геохимийн шинжилгээ хийлгэв. Гол ислийн найрлагыг рентген флуоресценцийн (XRF-76V) аргаар, харин сарнимал болон газрын ховор элементүүдийн (REE) агууламжийг ICP-MS (ICP-90A) масс спектрометрийн аргаар тодорхойлсон. Шинжилгээг Монгол дахь Швейцарын хөрөнгө оруулалттай SGS лабораторид гүйцэтгэсэн. Гарсан үр дүнгүүдийг олон улсын стандарт аргачлалын дагуу боловсруулав.

Сэлэнгэ бүрдлийн нас тогтоох зорилгоор төлөөлөх дээжээс циркон ялган авч U—Pb изотопын үнэмлэхүй насны тодорхойлолт хийв. Чулуун дээжийг бутлах, шигших, угаах шат дамжлагаар боловсруулж, хүнд шингэний аргаар цирконыг ялгасан. Ялган авсан 50 гаруй циркон мөхлөгөөс морфологи болон тунгалаг байдлыг

харгалзан сонгож, U—Pb изотопын шинжилгээнд хамруулав. Хэмжилтийг БНХАУ-ын Тяньжиний Геологийн албаны Геохимийн лабораторид гүйцэтгэсэн бөгөөд өгөгдлийг стандарт изотопын нас тооцооллын аргачлалын дагуу боловсруулав.

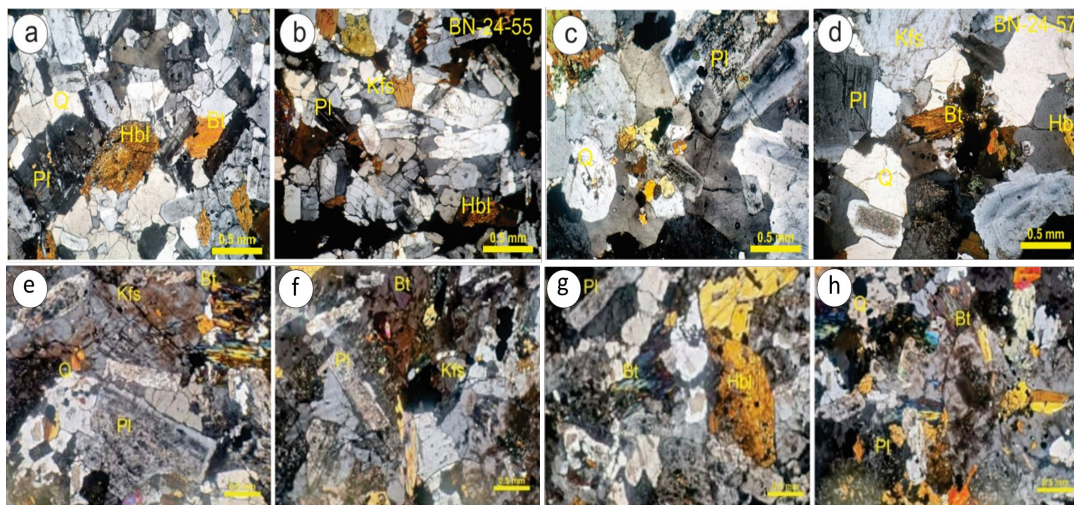
Петрографи: Баруунбүрэн орчмын Сэлэнгэ бүрдлийн гранитоид чулуулгууд нь петрографийн найрлагаараа ихэвчлэн кварцат диорит, гранодиорит, гранит болон гранит-порфир эвшлийн чулуулаас голлон тогтдог.

Дээжүүд (BN23-09; BN23-06) нь 0.2—3.5 мм хэмжээтэй, дунд мөхлөгт, сул брекчлэг текстуртай гранодиорит юм. Чулуулаг нь плагиоклаз (55—60%), калийн хээрийн жонш (15—20%), эвэрхуурмаг (10—15%), кварц (5—10%), биотит (5%) -с бүрдэх бөгөөд бага зэргийн даралт, шахалтанд өртснөөс зарим мөхлөг эвдэрч сул брекчлэг текстур-үүсгэсэн байна. Плагиоклаз нь богино призмлэг хэлбэртэй, зах хэсгээрээ серицитээр түрэгджээ. Калийн хээрийн жонш нь ксеноморф, заримдаа хавтгай хэлбэртэй бөгөөд хэсэгчлэн пелитжсэн. Эвэрхуурмаг зургаан талт призмлэг, хоёр чиглэлд сайн хуваагдалтай, зах хэсгээрээ хлоритоор түрэгдсэн, биотит хлоритжиж, төмрийн усан ислээр баяжигдсан ногоон-улаан шаргал өнгөтэй хуудсархаг мөхлөг үүсгэсэн. Кварц нь жигд бус тархалттай.

Дээж (BN-24-56, BN-24-57) нь 0.5-4.2 мм хэмжээтэй, дунд мөхлөгт, аллотриоморф, цул нягт текстур бүхий гранит юм. Чулуулаг нь плагиоклаз 45-50%, калийн хээрийн жонш 30-35%, кварц 20-25%, хувирсан биотит 5-10% агуулагддаг. Эрдсүүдийн мөхлөгүүд хэлбэр

дүрсээ бүрэн хадгалж чадаагүй, аллотриоморф бүтэцтэй. Плагноклаз богино ба урт призмлэг, полисинтетик ихэрлэлт сайн хөгжсөн, серицитээр хэсэгчлэн түрэгдсэн. Калийн хээрийн жонш хавтгай хэлбэртэй, плагноклазын талстуудыг түрж, пелитээр сулхан түрсэн. Кварц нь

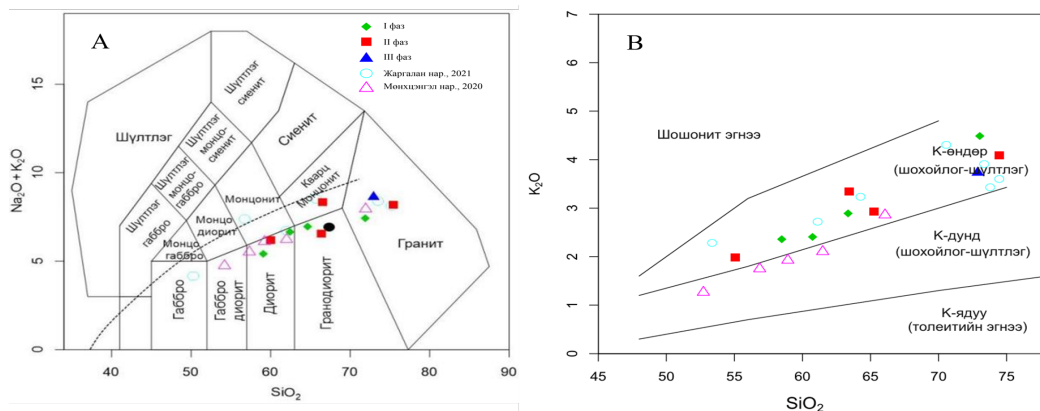
ксеноморф, хожуу талстжиж, калийн хээрийн жонш болон плагноклазын агрегатуудын хооронд зай дүүргэжээ. Биотит богино хуудаслаг хэлбэртэй, хлоритоор бүрэн түрэгдсэн бөгөөд аксессуар эрдсүүдтэй эвшил үүсгэн оршино.



Зураг 2. Шлифийн микрофото, BN23-09(a,b) BN-23-06(c,d) BN-24-56 (e,f) BN-24-57(g,h) ; Гранодиорит, Pl-Плагноклаз, Kfs-Калийн хээрийн жонш, Q-Кварц, Hbl-Эвэрхуурмаг, Bt-Биотит

Геохими: Судалгааны талбайд тархсан Сэлэнгэ бүрдлийн фазуудад ангилан ялгасан чулуулгийн геохимийн шинжилгээний үр дүнгээс харахад гол исэлүүдийн агуулга дараах хүрээнд хэлбэлзэж байна. Үүнд: SiO_2 ; 54.96%-72.91%, Na_2O ; 3.53%-4.53%, K_2O ; 2.01%-3.92%, Al_2O_3 ; 13.35%-16.08%; MgO ; 0.46%-3.07%, CaO ;

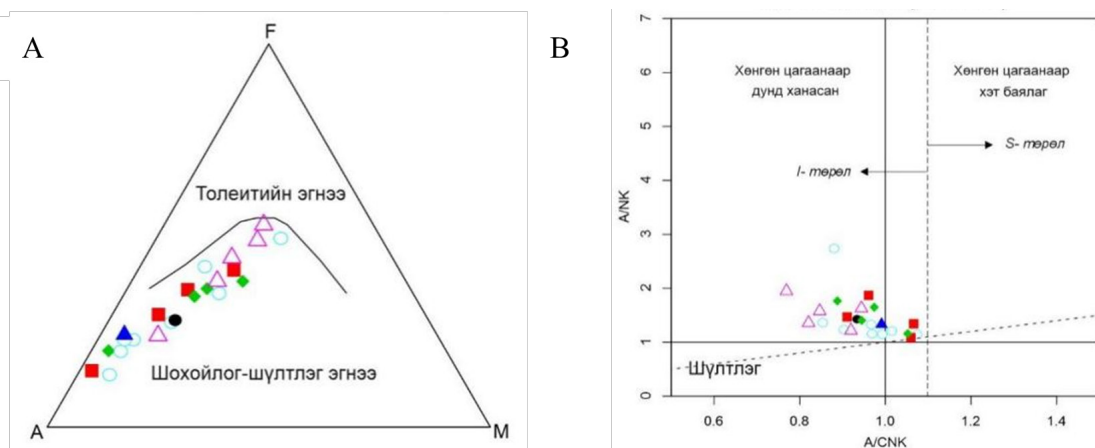
1.46%-5.05% тус тус байна. Эдгээр үзүүлэлтүүд нь судалгаанд хамрагдсан чулуулгууд нь шүтлэгдүү найрлагатай, Na_2O болон K_2O -ийн агууламж харьцангуй тогтвортой, харин MgO ба CaO -ын агууламж нь багаас дунд зэргийн хэлбэлзэлтэй болохыг илтгэж байна.



Зураг 3. Интрузив чулуулгийн ангиллын диаграммууд: А: – Цахиурын исэл (SiO_2) ба шүлтийн нийлбэр ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) (Middlemost et al., 1994); В: Цахиурын исэл (SiO_2), калийн исэл (K_2O)-ийн хамаарлын диаграмм (Peccherillo and Taylor et al., 1976).

Чулуулгуудыг цахиурын ислийг (SiO₂) шүлтийн нийлбэртэй (Na₂O+K₂O) харьцуулсан ангиллын диаграмм дээр буулгахад Сэлэнгэ бүрдлийн чулуулаг нь гол төлөв диорит, гранодиорит, гранитын найрлагатай шүлтлэгдүү эгнээнд хамаарч байна (Зураг 4А). Мөн Pecerillo ба Taylor (1976)-ийн SiO₂-K₂O диаграммд

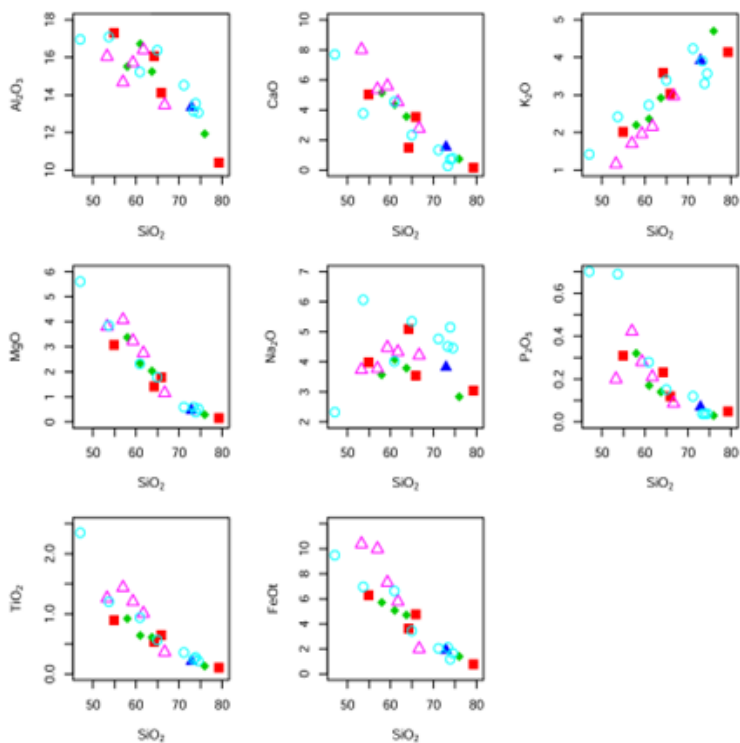
дээжүүдийн ихэнх нь өндөр калийн агууламжтай, цөөн дээжүүд К-дунд шохойнлог-шүлтлэг эгнээнд хамаарах бөгөөд судалгааны талбайн Сэлэнгэ бүрдлийн чулуулгууд шүлтлэгдүү, дундаас дээш калийн агууламжтай шохойлог-шүлтлэг магмын эгнээд хамаарах интрузив чулуулгууд болох нь тогтоогдож байна (Зураг 4В).



Зураг 4. А: AFM диаграмм (Irvine and Baragar, 1971) В: Хөнгөн цагааны ханалтын индексийн /CNK-A/NK (Shand, 1943)

AFM-диаграммд бүх дээжүүд шохойлог шүлтлэг магмын найрлагатайг илтгэнэ (Зураг 5А). Хөнгөнцагааны ханалтын индексийн A/CNK-A/NK диаграмм дээр дээжүүд A/CNK<1.1 утгатай, хөнгөнцагаанаар дунд зэрэг ханасан (metalumina) ба Чапел нарын (Charpel et al., 1974) гранитоидын ангиллаар I төрлийн гранитоидын шинжийг илэрхийлж байна (Зураг 5В). SiO₂ болон гол исэлүүдийн вариацийн диаграммаас харахад дээжүүд хоорондоо сайн корреляци бүхий тархалттай байна. Тодруулбал, SiO₂-ийн агууламж нэмэгдэхийн хэрээр MgO, FeO, CaO, TiO₂ болон P₂O₅-ын агууламж буурч, харин K₂O ба Na₂O тодорхой хэмжээгээр нэмэгдэж байна. Энэхүү хандлага нь судалгааны талбайд магмын системд фракцлагдсан талстжилт (fractional crystallization) зонхилсон байгааг

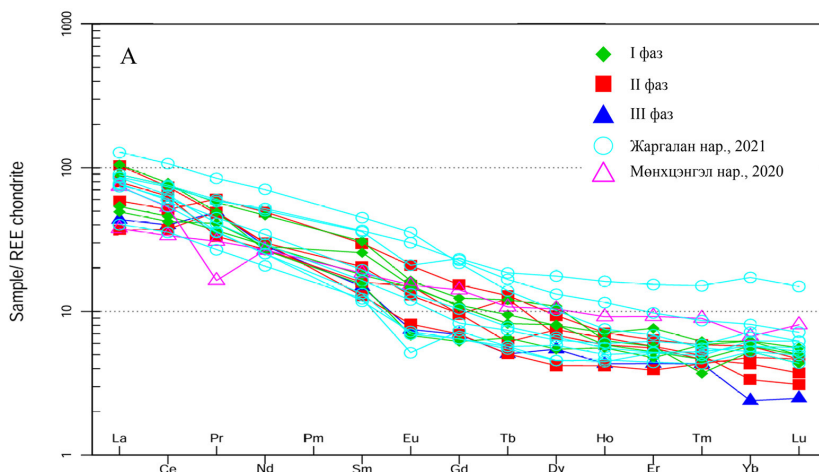
илтгэнэ. Талстжилтийн явцад пироксен, амфибол, магнетит болон апатит зэрэг суурилаг эрдсүүд ялгарсан нь илтгэгдэж байна. Мөн энэхүү үр дүн нь субдукцын орчинд үүссэн магмын нумын ялгаралтай холбоотой талстжилтын процесс зонхилж байгааг баталж байна (Зураг 6). Судалгаанд хамрагдсан дээжүүдийг гранитоид чулуулгийн эх үүсвэрийн орчин нөхцөл болон магмын найрлагын хөгжлийг тодруулах зорилгоор чулуулгийн сарнимал болон газрын ховор элемент (ГХЭ)-ийн химийн найрлагыг тодорхойлсон. ГХЭ: Сэлэнгэ бүрдлийн гранитоид чулуулаг нь хөнгөн газрын ховор элементээр (LREE) баялаг, харин хүнд газрын ховор элементээр харьцангуй бага, Eu-ийн сулавтар сөрөг гажилтай, (La/Yb)_N 85.4-6.6 (дундаж 12.93) гэсэн өндөр фракцжилттэй байна.

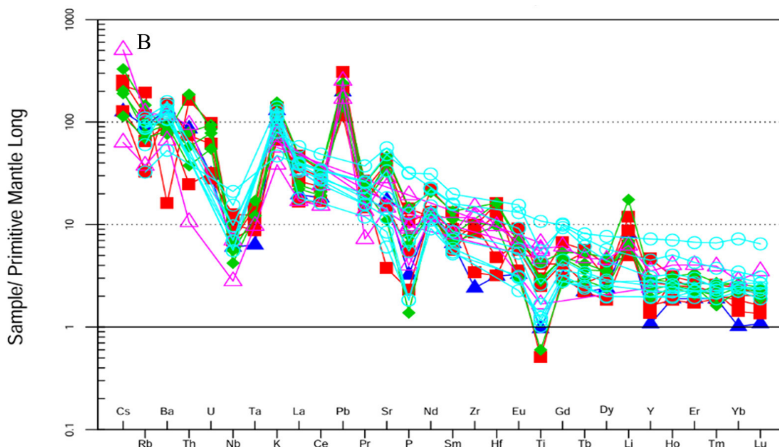


Зураг 5. SiO₂- Al₂O₃, CaO, K₂O, MgO, Na₂O, P₂O₅, TiO₂, FeO-агуулгыг үзүүлсэн вариацийн диаграмм

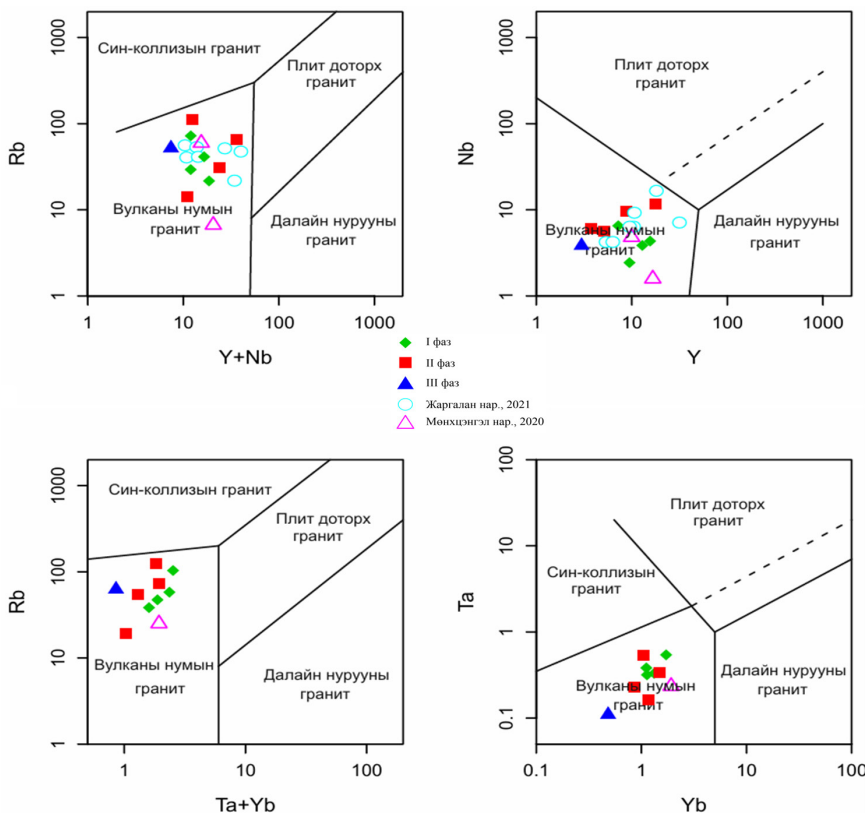
Сарнимал элемент: Сарнимал элементүүдийн хувьд Sr (322–919 ppm), Rb (20.8-73.9 ppm), Ba (342–1053 ppm) зэрэг ионы радиус томтой элемент (ИРТЭ)-үүд баялаг, харин Nb (4.3-8.9 ppm), Y (4.9-21.1 ppm), Yb (0.5-2.3 ppm) зэрэг элементүүд бага агууламжтай байна. Эдгээр элементүүдийг анхдагч мантид

нормчилсон спайдер диаграммд байгуулахад Cs, Rb, Th, K ба Pb элементүүдээр баяжсан, харин P ба Ti элементээр агууламж нь буурсан хандлага ажиглагдаж байна. Ийм шинж чанар нь гранитоидын үүсэл нь мантиас гаралтай магмын шингээлт, фракцжуулалт өндөр процессын үр дүн болохыг харуулна (Зураг 7В).

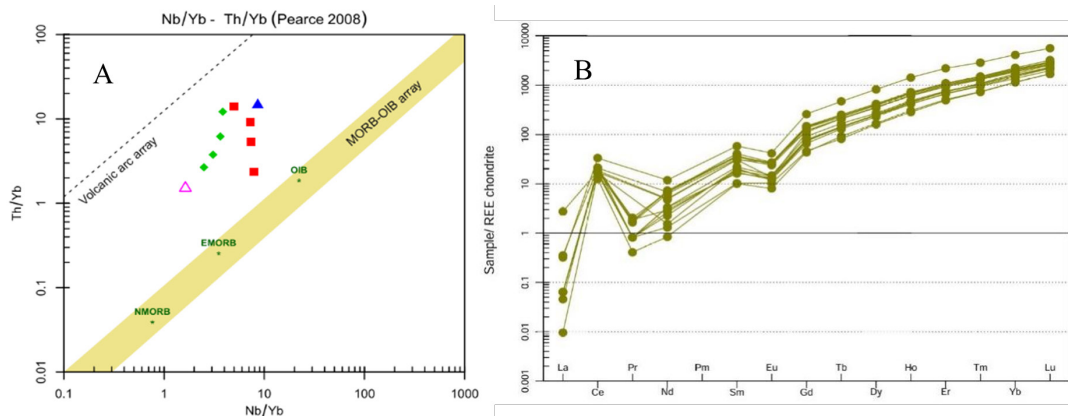




Зураг 6. А.Газрын ховор элементийн тархалтыг хондритод нормчилсон диаграмм (Taylor and McLennan, 1985) болон В. Сарнимал элементийн тархалтыг анхдагч мантид нормчилсон (Sun and McDonough, 1989)-ийн диаграммыг ашиглав.



Зураг 7. Гранитоидын дискриминацийн диаграммууд: (Pearce et al., 1984)



Зураг 8. А. Th/Yb- Nb/Yb (Pearce, 2008) диаграмм., В. Гранодиоритоос ялгасан цирконуудын хондритод нормчилсон ГХЭ-ийн тархалтын диаграмм.

Гранитоидын үүссэн геодинамик орчинг тодруулах зорилгоор (Y+Nb)-Rb, Y-Nb, (Ta+Yb)-Rb ба Yb-Ta зэрэг элементүүдийн агуулгын хэмжээнд тулгуурлан дискриминацийн диаграммуудыг байгуулахад (Y+Nb)-Rb, (Ta+Yb)-Rb -ийн диаграммуудад дээжүүд галт уулын нумын гранитоидын шинжийг харуулж байна (Зураг 8). Мөн Nb/Y-Th/Yb диаграммаас үзэхэд дээжүүд нь галт уулын нумын болон ДГН-ДАБ шугамын хооронд бууж буй нь субдукцын нөхцөлд үүссэн бүрэлдэхүүн болохыг харуулж байна (Зураг 9А).

Геохронологийн судалгаа

Судалгаанд хамрагдсан дээжүүдийг Сэлэнгэ бүрдлийн I ба II фазад зураглагдсан өөр өөр байрлалаас авч, цирконы U-Pb нас тогтоох шинжилгээг LA-ICP-MS аргаар гүйцэтгэсэн.

Сэлэнгэ бүрдлийн I фазаас авсан гранодиорит (BN23-9)-ын дээжээс ялгасан 16 ширхэг цирконы мөхлөгт хийсэн U-Pb шинжилгээний үр дүнд $206\text{Pb}/238\text{U}$ нас 247-257 Сая.жил хооронд хэлбэлзэж, жигнэсэн дундаж нас 251.9 ± 1.6 Сая.жил (MSWD = 0.98) тогтоогдов (Зураг 10). MSWD утга 1-д ойролцоо байгаа нь өгөгдөл статистикийн хувьд сайн тохирч байгааг илтгэх бөгөөд уг нас нь гранитоидын талсжилтын нас юм.

Сэлэнгэ бүрдлийн II фазаас авсан биотитот гранитын 24 цирконы мөхлөгт хийсэн шинжилгээгээр $206\text{Pb}/238\text{U}$ нас 244-270

Сая.жил хооронд хэлбэлзэж, жигнэсэн дундаж нас 258.1 ± 1.6 Сая.жил (MSWD=1.4) тодорхойлогдлоо. Энэхүү нас нь мөн тухайн интрузив чулуулгийн талсжилтын насыг илэрхийлнэ.

Ийнхүү Сэлэнгэ бүрдлийн гранитоид чулуулгууд нь Хожуу Перм-Түрүү Триасын цаг хугацаанд үүсэн бүрэлдсэнийг харуулж байна.

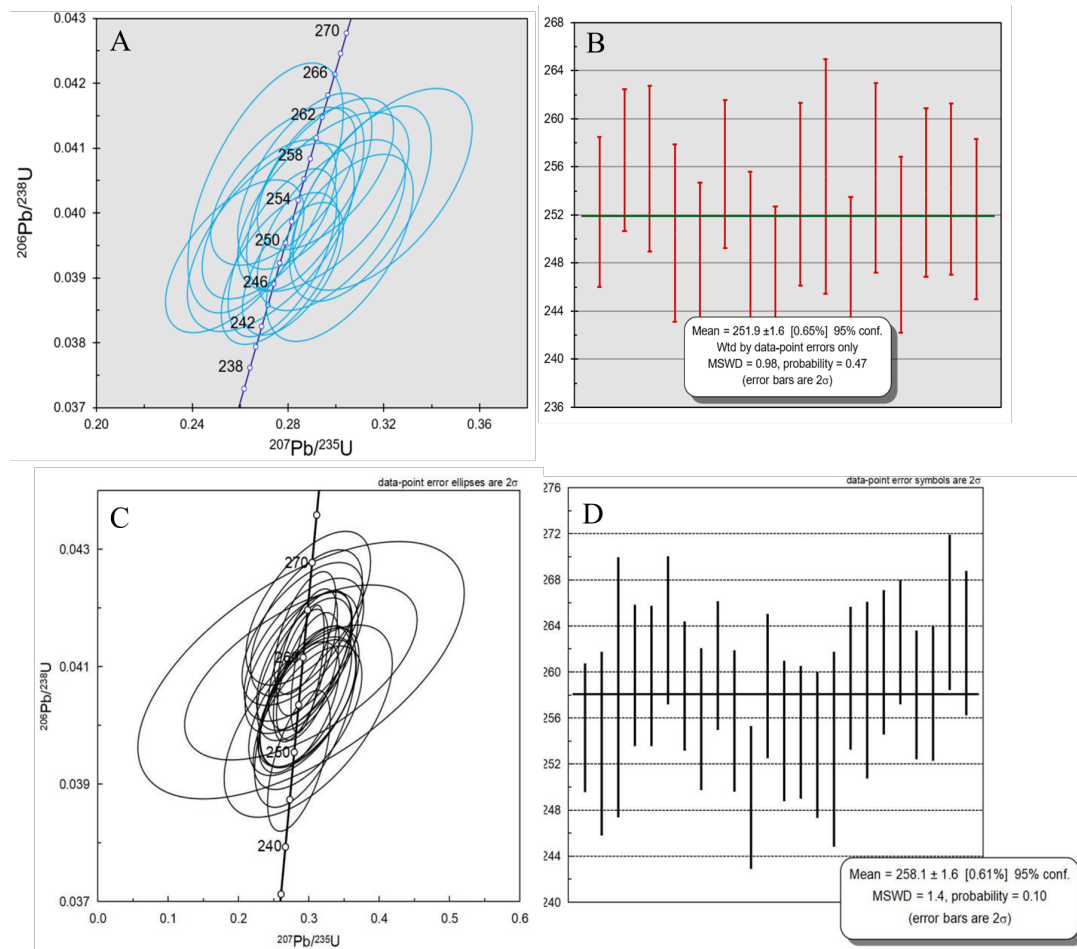
Цирконы геохимийн үзүүлэлтүүд магмын гарал үүслийг бататгана. Цирконы Th агуулга 115-369.6 ppm, U агуулга 76-289 ppm, Th/U харьцаа 0.6-1.3 (0.1-ээс их) байгаа нь магмын цирконы нийтлэг шинжид нийцэж байна. Кварц диоритоос ялгасан цирконуудын хондритод нормчилсон ГХЭ тархалтын гажил нь хөнгөн газрын ховор элементээр (LREE) ядуурсан, хүнд газрын ховор элементээр (HREE) баяжсан, мөн тод сөрөг Eu аномалитай байгааг харуулж байгаа нь магмын гаралтай цирконы онцлог шинжийг илтгэнэ (Зураг 7А).

Сэлэнгэ бүрдлийн I ба II фазын гранитоид интрузивууд нь 258-252 Сая.жил орчимд талсжсан бөгөөд энэ нь бүс нутгийн тектономагмын идэвхжил Хожуу Перм-Түрүү Триасын үед өрнөснийг нотолж байна. Цирконы морфологи, Th/U харьцаа болон ГХЭ-ийн тархалтын хэв маяг нь эдгээр чулуулгууд магмын гаралтай бөгөөд талсжилтын нас найдвартай тогтоогдсоныг баталгаажуулж байна.

Дашрамд дурдахад 1:200.000 масштабын

геологийн зурагт зураглагдсан Сэлэнгэ бүрдлийн I фазын гранодиорит (BN23-9) 251.9 ± 1.6 сая жил (MSWD=0.98), II фазын биотитот гранит 258.1 ± 1.6 сая жил (MSWD=1.4) нас тогтоогдсон. MSWD утгууд статистикийн хувьд итгэлтэйг харуулж байгаа тул геологийн зурагт

бүрдлийн фазуудын хил зааг, үүсэл дарааллыг насны мэдээлэлтэй нийцүүлэн нарийвчлан засах шаардлагатай бөгөөд энэ нь Сэлэнгэ бүрдлийн гранитоидын үүсэл, хөгжлийн түүхийг зөв тодорхойлоход чухал ач холбогдолтой.



Зураг 10. Зураг (А,В) BN23-9; (С,Д) BN23-57 дугаартай дээжүүдэд LA-ICP-MS аргаар тодорхойлсон цирконын U-Pb насны үр дүнг харуулсан конкорд диаграмм. Жигнэсэн дундаж нас болон MSWD утгыг тусгасан болно;

Хэлэлцүүлэг:

Орхон-Сэлэнгийн бүсийн Хожуу Перм-Түрүү Триасын геодинамик хөгжил

Орхон-Сэлэнгэгийн бүс нь Умард Монголын вулкан-плутон бүсийн төв хэсэгт байрлах бөгөөд Төв Азийн Ороген бүс (ТАОБ)-ийн палеогеодинамик хувьслын чухал хэсгийг

бүрдүүлдэг. Судалгааны геохимийн болон геохронологийн үр дүнгээс үзэхэд тус бүсийн тектоно-магмын хөгжил Палеозойн төгсгөлөөс Мезозойн эхэн үе хүртэл үргэлжилсэн субдукцын идэвхжил, түүнтэй холбоотой магматизм, улмаар коллизын дараах шилжилтийн болон тэлэлтийн тектоник орчинд явагдсан олон үе шатат хувьслын шинжтэй байжээ.

Бидний геохимийн судалгаагаар Сэлэнгэ бүрдлийн гранитоидууд нь шохойлог-шүлтлэг (calc-alkaline), хөнгөнцагаанаар дунд зэрэг ханасан (metaluminous) найрлагатай бөгөөд I-төрлийн гранитоидын онцлог шинжийг илэрхийлдэг. Эдгээр чулуулууд Rb, Ba, Sr зэрэг том ионы радиустай элементүүдээр (LILE) баялаг, харин Nb, Ta, Ti, P зэрэг өндөр цэнэгтэй элементүүдээр (HFSE) хомсдолтой тархалтын хэв шинжтэй байгаа нь субдукцын бүсийн магматизмд нийтлэг ажиглагддаг геохимийн шинжтэй нийцэж байна (Jahn et al., 2000; Kovalenko et al., 2004; Xiao et al., 2009; Li et al., 2023). Ийм элементүүдийн тархалт нь субдукцын флюидын нөлөөгөөр метасоматизмд орсон мантийн шаантагаас үүсэлтэй магмын эх үүсвэрийг илтгэдэг. Чулуулгийн найрлагын хувьсал нь анхдагч базальтлаг магмаас эхэлж, фракцжсан талстжилтын (fractional crystallization) явцаар гранодиорит-гранитын найрлагад шилжсэн магмын дифференциацийн үр дүн гэж тайлбарлагдана.

Бидний геохронологийн үр дүнгээр Сэлэнгэ бүрдлийн интрузив чулуулгийн цирконы U–Pb талстжилтын нас 258-252 сая жил тогтоогдсон бөгөөд энэ нь Хожуу Перм-Түрүү Триасын заагт магмын идэвхжил эрчимтэй явагдсаныг харуулж байна.

Орхон-Сэлэнгийн бүсийн хэмжээнд өмнөх судалгаагаар тогтоогдсон геохронологийн мэдээллийг нэгтгэн үзвэл Перм-Триасын хугацаанд нийтдээ дөрвөн үе шатны магмын идэвхжил ялгарч байна. Үүнд:

Эхний үе шат нь $285.5 \pm 4.6 - 277.5 \pm 5.1$ сая.жил настай агуулагч чулуулгаар илэрхийлэгдэх дунддээ Пермийн суурь магматизм бөгөөд SHRIMP U–Pb цирконы насаар тогтоогдсон (Мөнхцэнэгэл нар, 2009).

Хоёрдугаар үе шатанд $258.6 \pm 3.3 - 243.3 \pm 4.6$ сая.жил нас бүхий Сэлэнгэ интрузив бүрдэл бүрэлдэж, хожуу Перм-Түрүү Триасын заагт бүс нутгийн интрузив магматизм өрнөсөн байна (Мөнхцэнэгэл нар, 2009; Сотников нар, 2005). Энэ шатанд бидний судалгаа нийцэж байна.

Гуравдугаар үе шатанд $245.9 \pm 3.3 - 235.6 \pm 4.4$ сая.жил настай Эрдэнэт Овоо ордын порфир магматизм хөгжсөн бөгөөд түүний хамгийн эртний нас нь Сэлэнгэ бүрдлийн хамгийн залуу настай давхцаж байгаа нь магмын үйл ажиллагаа тасралтгүй, дараалсан хувьсал явагдсаныг илтгэнэ (Мөнхцэнэгэл нар, 2009; Тунгалаг 2024). Порфирын магматизмын үргэлжилсэн шат нь Rb–Sr (253 ± 18 ; 221 ± 14 сая.жил) болон $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ ($234.6 \pm 1.7 - 220.3 \pm 5.8$ сая.жил) насуудаар баталгаажиж, магмын талстжилт, хөрөлт болон гидротермаль хувирлын дараалсан үе шатуудыг (Сотников нар, 2005) илэрхийлж байна.

Дөрөвдүгээр үе шат нь $240.7 \pm 0.8 - 240.4 \pm 0.8$ сая.жил Re–Os нас бүхий үндсэн Cu–Mo хүдэржилтээр тодорхойлогдох бөгөөд энэ нь порфир магматизмтай гарал үүслийн шууд холбоотойг харуулна (Watanabe & Stein, 2000). Харин ~ 207 сая.жил $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ нас нь системийн хожуу шатны дулааны дахин идэвхжилтэй холбоотой байж болзошгүй (Lamb & Cox, 1998).

Энэхүү насны өгөгдлүүд нь Төв Азийн Ороген бүсийн хэмжээнд өргөн тархсан Хожуу Палеозой-Түрүү Мезозойн тектоно-магмын идэвхжлийн үе шаттай сайн тохирч байна. Умард Монгол, Тува, Алтай, Өвөр Монголын бүсүүдэд илэрсэн ижил насны, Nb–Ta хомс, LILE баялаг гранитоидын магматизм нь цаг хугацаа болон геохимийн хэв шинжийн хувьд ижил төстэй бөгөөд субдукцын төгсгөлийн үе шатнаас коллизын дараах шилжилтийн тектоник орчинд шилжиж буй геодинамик нөхцөл юм (Windley et al., 2007; Мөнхцэнэгэл нар, 2009, 2023; Tang et al., 2023; Wang et al., 2024).

Тектоникийн хөгжлийн хувьд Төв Азийн Ороген бүсэд Палеозойн төгсгөлөөс Мезозойн эхэн хүртэл субдукцын идэвхжил \rightarrow коллиз \rightarrow постколлизын шилжилт \rightarrow тэлэлтийн горим гэсэн дараалсан геодинамик үе шат ажиглагддаг бөгөөд үүнийг өргөн цар хүрээтэй магматизм дагалддаг (Windley et al., 2007; Xiao et al., 2009; Wang et al., 2024). Сэлэнгэ бүрдлийн интрузив чулуулууд

нь энэхүү тектоно-магмын хувьслын бодит геологийн илрэл бөгөөд субдукцын төгсгөлийн шатнаас постколлизын шилжилтийн тектоник орчинд шилжих үеийн магмын системийг төлөөлж байна.

Иймд Сэлэнгэ бүрдлийн гранитоидын геохими болон геохронологийн судалгааны үр дүн нь Төв Азийн Ороген бүсийн Хожуу Перм-Түрүү Триасын геодинамик загварт бүрэн нийцэж байна. Тус бүрдэл нь субдукцын төгсгөлийн шатнаас постколлизын шилжилтийн тектоник орчинд шилжсэн олон үе шатат магмын системийн бүтээгдэхүүн болохыг харуулж байгаа бөгөөд энэ нь Орхон-Сэлэнгийн бүсийн тектоно-магмын хувьслын тайлал, мөн порфир төрлийн Cu-Mo хүдэржилтийн процессийг ойлгоход чухал ач холбогдолтой юм.

Дүгнэлт

1. Сэлэнгэ бүрдлийн гранитоидууд нь шохойлог-шүтлэг, хөнгөнцагаанаар дунд зэрэг ханасан, I-төрлийн интрузив чулуулгууд болох нь петрографи болон геохимийн судалгаагаар тогтоогдов. Чулуулгийн гол ислийн найрлагын вариаци онцлогт үндэслэн анхдагч базальтлаг магмаас үүсэлтэй системээс фракцжсан талстжилтын явцаар дифференцилагдан суурилагаас-дундлаг-хүчиллэг бүрэлдэхүүнд шилжсэн магмын хөгжлийг илэрхийлж байна.
2. Чулуулгийн гол, сарнимал болон газрын ховор элементүүдийн (ГХЭ) геохимийн өгөгдлөөс үзэхэд эдгээр чулуулгууд нь LILE (Rb, Ba, Sr зэрэг) болон хөнгөн газрын ховор элементүүдээр (LREE) баяжсан, харин Nb, Ta, Ti зэрэг өндөр цэнэгтэй элементүүд (HFSE)-ээр хомсдолтой, сөрөг Nb-Ta-Ti гажилттай байна. Энэхүү геохимийн онцлог нь субдукцын бүсийн магмын нумын орчинд нийтлэг тохиолддог бөгөөд мантийн шаантаг субдукцын флюидын нөлөөгөөр метасоматизмд орж баяжсантай холбоотой эх үүсвэрийг илтгэнэ.
3. Баруунбүрэн орчмын гранодиорит ба биотитот гранитын цирконы U-Pb нас (258-

252 сая жил)-ыг шинээр тогтоож, Сэлэнгэ бүрдлийн магматизм Хожуу Перм-Түрүү Триасын тектоник-магмын идэвхжилтэй цаг хугацааны хувьд бүрэн давхцаж байгааг харуулаа.

4. Иймд Сэлэнгэ бүрдлийн гранитоидууд нь субдукцын орчинд бүрэлдсэн магмын нумын цогц интрузив бүрдэл бөгөөд субдукцын флюидээр баяжсан мантийн эх үүсвэрээс үүсч, фракцжсан талстжилтын замаар хөгжсөн магмын системийн бүтээгдэхүүн болно гэж дүгнэж байна.

Ашигласан материал

- Berzina, N. P., & Sotnikov, V. N. (1989). [Geochronology and petrology of Erdenet-type porphyry associations]. Moscow: Nauka.
- Chappell, B.J., and White, A.J.R., 1974. Two contrasting granite types: *Pacific Geology*, v. 8, p. 173-174.
- Irvine, T.N., Baragar, W.R.A., (1971). A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks. *Can. J. Earth Sci.* 8, 523–548. <https://doi.org/10.1139/e71-055>
- Middlemost, E.A.K. (1994) Naming Materials in the Magma/Igneous Rock System. *Earth-Science Reviews*, 37, 215-244. [http://dx.doi.org/10.1016/0012-8252\(94\)90029](http://dx.doi.org/10.1016/0012-8252(94)90029)
- Jahn, B. M., Wu, F., & Chen, B. (2000). Geochemistry of subduction-related granites. *Journal of Petrology*, 41(10), 1471-1492.
- Kovalenko, V. I., Sotnikov, V. N., & Berzina, N. P. (2004). Geochemistry of Late Paleozoic intrusive complexes in Mongolia. *Lithos*, 74(1-2), 109-132.
- Lamb, W. M., & Cox, R. A. (1998). Ar-Ar dating of hydrothermal systems. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 62, 421-433.
- Li, X., Tang, G., Wang, Q., & Zhang, H. (2023). Geochemical constraints on the origin of calc-alkaline granitoids in Central Asia. *Gondwana Research*, 120, 102–118.
- Middlemost, E.A.K. (1994) Naming Materials in the Magma/Igneous Rock System. *Earth-Sci-*

- ence Reviews, 37, 215-244. [http://dx.doi.org/10.1016/0012-8252\(94\)90029](http://dx.doi.org/10.1016/0012-8252(94)90029)
- Munkhtsengel, T. (2007). SHRIMP U-Pb zircon dating of Erdenet porphyry copper-molybdenum deposit and host intrusions. *Mongolian Journal of Geology*, 5(1), 33-45.
- Munkhtsengel, T., et al. (2009). SHRIMP U-Pb zircon geochronology of the Erdenet Ovoid area. *Mongolian Geoscience Reports*, 7, 12-28.
- Pearce J.A., (2008). Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust. *Lithos*, 100: p.14-48.
- Pearce J.A., Harris N.B.W., Tindle A.G., (1984). Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks, *J. Petrol.*, Vol.25, №4, p.956-983
- Peccerillo, A. and Taylor, S.R. (1976) Geochemistry of Eocene Calc Alkaline Volcanic Rocks from Kastamonu Area, Northern Turkey. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 58, 63-81. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00384745>
- Shand, S.J., (1943). *Eruptive Rocks. Their Genesis, Composition, Classification, and Their Relation to Ore-Deposits with a Chapter on Meteorite*. New York: John Wiley & Sons.
- Sotnikov, V. N., Berzina, N. P., & Ivanov, A. V. (2005). $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology of intrusive and metamorphic rocks in Mongolia. *Russian Geology and Geophysics*, 46, 412-430.
- Sun S.S., McDonogh W.F., (1989). Chemical and Isotopic Systematics of Ocean Basalts: Implication for Mantle Composition and Processes. In: *Magmatism in Ocean Basins*, Saunders, A.D. and M.J. Norry (Eds.). *Geol. Soc. London Special Publication*, London, p.313-345.
- Tang, G., Li, X., Wang, J., & Chen, Y. (2023). Geochemistry and geochronology of Permian-Triassic granitoids in Northern Mongolia. *Journal of Petrological Research*, 35(2), 45-66.
- Taylor, S.R., McLennan, S.M., (1985). *The Continental Crust: its Composition and Evolution*. Blackwell Scientific Publications, Oxford
- Wang, J., Tang, G., Li, X., & Zhou, Y. (2024). Late Paleozoic-Early Mesozoic tectono-thermal evolution of Northern Mongolia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 235, 105-128.
- Watanabe, Y., & Stein, H. J. (2000). Re-Os geochronology of porphyry copper-molybdenum deposits in Mongolia. *Economic Geology*, 95(3), 497-506.
- Windley, B. F., Alexeiev, D., Xiao, W., & Kröner, A. (2007). Tectonic evolution of the Central Asian Orogenic Belt. *Journal of Asian Earth Sciences*, 30, 115-129.
- Xiao, W., Windley, B. F., & Allen, M. B. (2009). Geodynamic evolution of the CAOB: A review. *Lithos*, 112S, 1-22.
- А.А. Моссаковский, нар 1976, Орогенные структуры и вулканизм палеозойд Евразии их место в процессе формирования континентальной земной коры. М: Наука, с.318
- Г.Дэжидмаа, (2008) УГЗ-200 иж бүрдлийн геологийн 1:200000-ны масштабын зураг, Хөвсгөл-Булганьы сери М-48-XXVII.
- Р. А. Хасин, В. А. Благонравов, Ю. А. Борзаковский и др. Геология Монгольской Народной Республики Текст : В 3 т. / Гл. ред. Н. А. Маринов; М-во геологии СССР. Науч.-исслед. лаб. геологии заруб. стран Т. 2
- Э. В. Михайлов Интрузивные комплексы Северо-Восточной Монголии // Магматизм и металлогения Монгольской Народной Республики, Москва, Недра, 1971, с.60-77.