

Шивээнгол бүрдлийн Геохими, Геохронологийн шинэлэг үр дүнгээс

Т.Оюунчимэг^{1,*}, Т.Наранццэг¹, Х.Удаанжаргал²,
Б.Энхдалай¹, Ж.Энхтуяа², Б.Үржинханд²

¹ ШУА-ийн Геологийн хүрээлэн

² Эрэнчулуу ХХК

Abstract

The paper presents the latest geochronological and geochemical results on alkali granites of the Shiveengol complex, a Mesozoic alkali granitoid found of the Lake Fold System, in Western Mongolia. The granitoids are characterized by geochemical enrichment in large-ion lithophile elements (LILE) such as Rb, Nd, Th and U, and depletion in high-field strength elements (HFSE) such as Sr, Zr and Ti. Geochemically, it reveals similarities with A-type granites formed within plate settings. U–Pb dating results show that the absolute age of the syenite is 210.6 ± 2.4 Ma, which is Late Triassic.

*Холбоо барих зохиогч: Т.Оюунчимэг

И-мэйл: oyunchimegt@mas.ac.mn

Түлхүүр үг: Нуурын бүс, шүтлэг, анороген, өндөр цэнэгтэй элементүүд

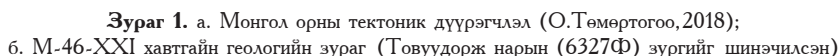
1. Оршил

Шивээнгол бүрдлийн гранитоид нь Нуурын атриат мегабүсийн *Хяргас-Дөргөний, Ханхөхийн* *бүсцүдэд* (Төмөртоогоо, 2018), М-46-XXI хавтгайн өмнөд хэсэгт тархдаг (Зураг 1а, б). Анх 1977 онд Жамьяндорж нар (2740Ф) 1:200 000-ын масштабтай геологийн зураглал, ерөнхий эрлийн ажлаар триасын настай интрузив биетийг зурагласан байдаг. Энэхүү Шивээнголын биетийн төв хэсэгт хагарлаар үүссэн олон фазын тогтоцтой вулкан-плутон эвшил бүхий цагираг хэлбэрийн бүслүүрлэг бүтэцтэй биетийг бие даасан массивуудтай хамтатган Шивээнгол бүрдэл болгон, 4 фазтай ялгасан байдаг. Эхний фаз нь габбро-эссексит, монцодиорит, оливинт габбро, перидотит, II фаз жижиг мөхлөгт монцодиорит, трахиандезитын субвулкан, III фаз жижиг-дунд мөхлөгт сиенит, граносиенит, трахитын субвулкан, сүүлийн фаз нь граносиенит порфир, трахириолитын субвулканаас тогтох бөгөөд III фазын гранитоид өргөн тархдаг гэжээ (Жамьяндорж нар, 2740Ф). УГЗ-200 иж бүрдэл зураг зохиох төслөөр Товуудорж нар

(6327Ф) хожуу девоны настай эх газрын рифтийн нөхцөлд үүссэн, хожим 1:500 000-ны масштабын геологийн зурагт үргэлжлүүлэн зураглаж, ялгасан байдаг (Эрдэнэчимэг нар, 8480Ф). М-46-XXI хавтгайд анх ялгасан массивууд болох Шивээнголын биетийн болон Тахилтын шовгор орчмын Шивээнгол бүрдлийн гранитоидын гарш нь хавтгай хэсэгшилд орсон, нам рельефтэй тарамцаг байдалтай III фазын жижиг-дунд мөхлөгт сиенит, граносиенит голчлон тааралдана (Зураг 2а, б). Энэхүү өгүүлэлд уг бүрдлийн нарийвчилсан судалгааны ажил байхгүй, нас нь баталгаажуулж байсан тул петрохими, геохимийн болон үнэмлэхүй насны U–Pb-ны шинжилгээний шинэ үр дүнгээр петрогенез, тектоник орчныг тодруулсан болно.

2. Геологийн тогтоц

Шивээнголын биет нь габброид, сиенит, гранитын найрлагатай ба Жамьяндорж нарын (2740Ф) ажигласнаар габброид нь гранит дотор ксенолит маягийн жижиг биет, заримдаа давхарга хэлбэрийн биет үүсгэх ба оливин, пироксен, эвэрхуурмагт габбро, габбро диабаз,



3. Судалгааны арга, аргачлал

Судалгааны 2 талбайгаас 20 орчим дээжинд петрографи, 10 орчим дээжинд геохими, 1 дээжийн цирконд U-Pb-ны аргаар геохронологийн шинжилгээг хийж гүйцэтгэв. Судалгаанд хамрагдсан дээжүүдийн петрографийн судалгааг ШУА-ийн Геологийн хүрээлэнгийн Петрографийн лабораторид, петрохими, геохимийн шинжилгээг Монгол дахь Швейцарын хөрөнгө оруулалттай “Эс Жи Эс” лабораторид чулуулаг бүрдүүлэгч үндсэн элементүүдийн ислийг литийн бораттай хайлуулалтаар гарсан хайлшин дискт XRF буюу рентгенфлуоресценцийн анализийн аргаар, ховор элементүүдийг 4 хүчлийн уусгалт хийж, 54 элементийн агуулгыг ICP-MS буюу масс спектрометрийн багажаар тус тус хийлгэн, үр дүнгүүдийг стандарт арга, аргачлалын дагуу боловсруулав. U-Pb-ны геохронологийн болон цирконы геохимийн шинжилгээг БНХАУ-ын Гуанжоугийн Геологи, геохимийн хүрээлэнгийн лабораторид LA-ICP-MS тоног төхөөрөмж ашиглан стандарт арга аргачлалын дагуу хийж гүйцэтгэсэн. Цирконуудын үнэмлэхүй насны харьцангуй тархалтын конкорд болон жигнэсэн дундаж насны диаграммыг Isoplot4 программ ашиглан байгуулсан (Ludwig, 2003).

4. Үр дүн

4.1. Петрографийн судалгаа

Кварцат сиенит, сиенит (шл М-21-2140, 2140/1, 2140/4, 2160/1, 2160/3, 2160/4) нь пойкилитлог, пегматитлаг структуртай, цул текстуртай, мөхлөгүүдийн хэмжээ 0.5-3.5мм, плагиоклаз 10-15%, калийн хээрийн жонш 55-65%, биотит 15-20%, кварц 5-15%, хоёрдогч эрдсээр альбит, пелит, хлорит, акцессор эрдсээс хүдрийн эрдэс, циркон тааралдана. Калийн хээрийн жонш нь хавтгай хэлбэртэй, жигд сулавтар пелитжиж, альбитын тасархай утас маягийн хэлбэртэй пертит ургалт агуулсан

байх ба плагиоклазын мөхлөгүүдийг түрсэн, пойкилитоор жижиг агрегатуудыг агуулжээ. Плагиоклаз нь призмлэг хэлбэртэй, полисинтет ихэрлэлттэй, хоёрдогчоор альбитын хувиралд оржээ. Кварц нь зөв бус, зуувандуу хэлбэртэй, долгиолог унтралттай бөгөөд ихэнхдээ калийн хээрийн жонштой пегматит ургалтууд үүсгэжээ. Биотит нь хуудсархаг хэлбэртэй, бор шаргал өнгөтэй бөгөөд хлоритоор бага зэрэг түрэгдэж лейкоксенээр хувирсан, төмрийн усан исэлд нэвчсэн харагдана (Зураг 2 в, г, е). Граносиенит (2140/3) нь гипидиоморфлог структуртай, цул текстуртай, эрдсийн мөхлөгийн хэмжээ 0.25-2.5мм, калийн хээрийн жонш 35-40%, плагиоклаз 15-20%, кварц 15-20%, эгирин 5%, эвэрхуурмаг 15-20%, хоёрдогч эрдсээр альбит, пелит, серицит, хлорит, акцессор эрдсээр хүдрийн эрдэс, апатит, сфен, циркон тохиолдоно. Калийн хээрийн жонш нь зөв бус, хавтгай хэлбэртэй, жигд сулхан пелитжсэнээс гадна альбитаар эрчимтэй, кварцаар бага зэрэг түрэгджээ. Плагиоклаз нь урт сунасан болон богино призмлэг хэлбэртэй, бүслүүрлэг бүтэцтэй, сулхан пелитжиж, серицитжсэн мөхлөгүүд нь бүслүүржилтийг илүү тодотгожээ. Эвэрхуурмаг нь зургаан талт, сунасан призмлэг хэлбэртэй, унтралын өнцөг $CNg=21-23^\circ$. Биотит нь хуудаслаг хэлбэртэй, төмрийн усан исэлд автаж хүрэндүү өнгөтэй болсон харагдана. Кварц нь долгиолог унтралтай, зөв бус хэлбэртэй мөхлөгүүд хээрийн жоншийн мөхлөгүүдийн завсар хооронд байрласан байна (Зураг 2д).

4.2. Геохронологи

Шивээнгол бүрдлийн III фазын сиенитийн 2140 дугаартай дээжийг (Координат: $49^\circ 21' 25.9''$; $92^\circ 11' 52.3''$) U-Pb-ны аргаар үнэмлэхүй насны шинжилгээнд 35 дээжийг сонгож авсан бөгөөд 23 дээж нь 95%-аас дээш өндөр нарийвчлалтай конкорд өгөгдлүүд байлаа. Уг дээжийн 23 хэмжилт хийснээс

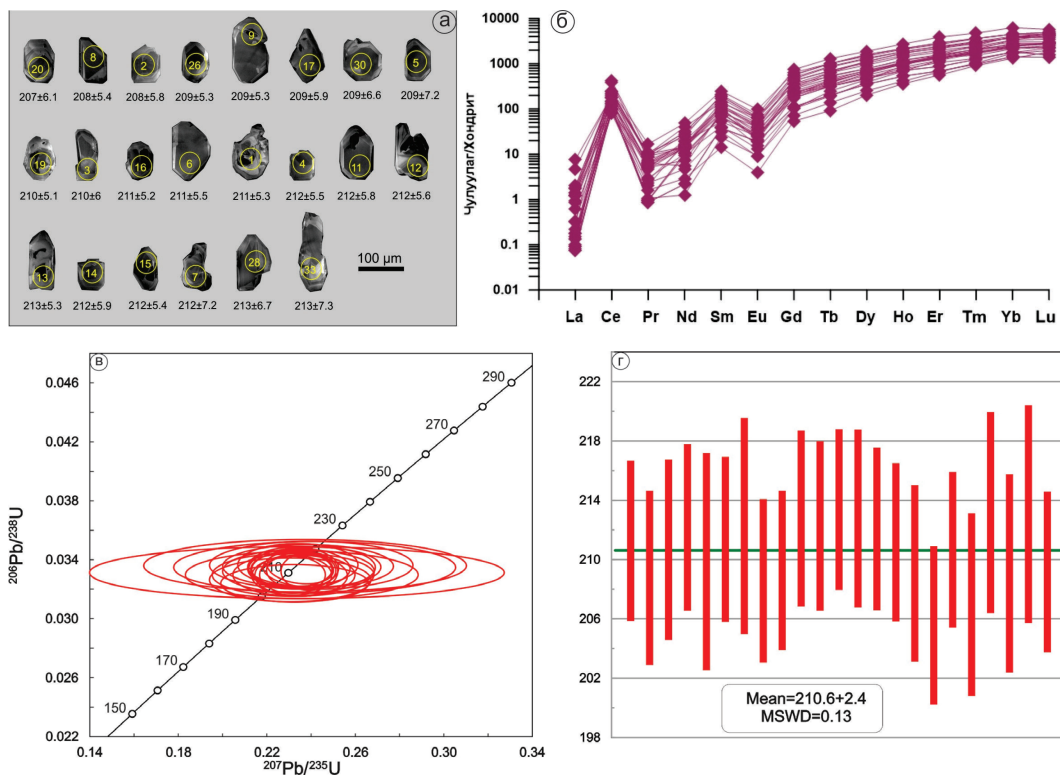


Зураг 2. а-б.Шивээнголын биетийн болон Тахилтын шовгор орчмын III фазын жижиг-дунд мөхлөгт сиенитийн гаршийн зураг, в-е. Кварцат сиенит, сиенитийн шлифийн микрофото зураг (дээж М-21-2140, 2140/1, 2140/3, 2160/1).

Ort-ортоклаз, kfs-калийн хээрийн жонш, pl-плагиоклаз, Q-кварц, hbl-эвэрхуурмаг, aeg-эгирын, bi-биотит

$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ харьцаагаар жигнэж дундачласан чулуулгийн талсжилтын конкордант нас нь 210.6 ± 2.4 сая жил буюу хожуу триасын нас тогтоогдсон тул сиенитийн үүслийн нас гэж тооцов (Зураг 3в). Цирконуудын мөхлөгүүдийн катодлюминесценцийн CL зургаас харахад морфологийн хувьд дийлэнх нь харьцангуй мөлгөржилт багатай, харилцан адилгүй хэмжээтэй ($50\text{--}130\mu\text{m}$), богино болон

сунасан призмлэг хэлбэртэй, бүслүүрлэг тогтоцтой байна (Зураг 3а). Th агуулга $25.7\text{--}237.9$ ppm, U агуулга $35.4\text{--}237.1$ ppm хооронд хэлбэлзэх ба байх ба Th/U утга $0.45\text{--}1.38$ буюу дундаж утга нь 0.89 буюу хүчиллэг найрлагатай байна. Тэрчлэн ГХЭ-ийн тархалтын муруйгаас харахад ХүГХЭ-ээр баяжсан, церийн эерэг, европын сулавтар сөрөг зүй тогтлыг үзүүлнэ (Зураг 3б).



Зураг 3. а.М-21-2130 дээжийн цирконуудын катод-люминесценцийн зураг, б. Цирконы хондритод нормчилсон ГХЭ-ийн диаграмм (Sun & McDonough, 1989), в-г. Үнэмлэхүй насны U-Pb-ны конкордийн ба жигнэсэн дундаж насны диаграмм

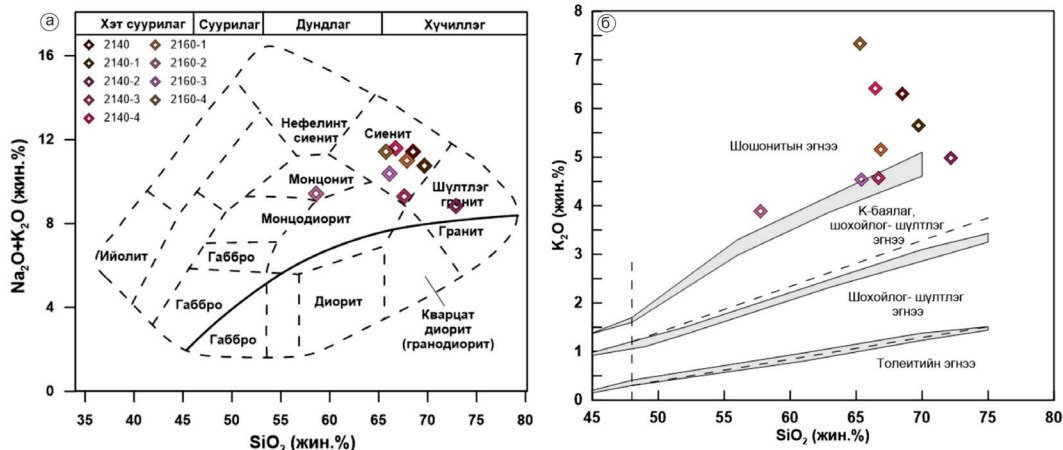
4.3. Гол болон сарнимал элементүүдийн геохими

Гол элементүүд: Шивэнгол бүрдлийн гранитоид нь $\text{SiO}_2 = 57.76\text{--}75.19$ жин.%; Al_2O_3 $12.45\text{--}15.34$ жин.%; Na_2O агуулга $3.80\text{--}5.81$, K_2O агуулга $3.95\text{--}7.39$ хэлбэлзэх ба шүлтийн нийлбэр утга $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 8.62\text{--}11.56$

жин.%; $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ утга $0.72\text{--}1.83$ зэрэг үзүүлэлтүүд болон цахиурын исэл-шүлтийн нийлбэрийн харьцаагаар байгуулсан ангилалын диаграмм дээр шүлтлэг эгнээний монцонит-сиенит-шүлтлэг гранитын найрлагатай байна. Дийлэнх дээжүүд $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ утга $1.11\text{--}1.83$ өндөр байгаа нь калиар баялаг, шошонитын

эгнээний чулуулаг гэж тодорхойлогдож байгаа нь петрографийн судалгааны үр дүнгээр ортоклазтай холбоотой гэж тайлбарлаж болохоор байна. (Зураг 4а). $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$ диаграммд дээжийн ихэнх нь шошонитын

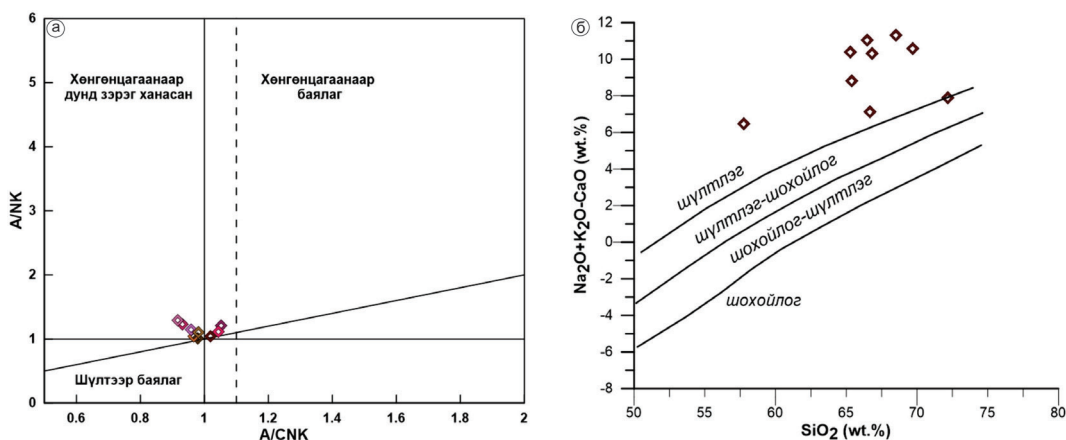
эгнээнд хамаарах ба цөөхөн дээж калиар баялаг шохойлог-шүлтлэг бүсийн заагт хамаарч байгаа бол $\text{SiO}_2\text{-(Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O-CaO)}$ диаграммд дээжүүд шүлтлэг эгнээнд ялгардаг (Зураг 4б, 5б).



Зураг 4. Шивээнгол бүрдлийн гранитоид чулуулгийн (а) нийлбэр шүлт-цахиурын ислийн ангилалын TAS (Cox et al,1979) ба (б) $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$ ангиллын диаграмм (Peccherillo and Taylor,1976)

Гранитоидын ислүүдийн агуулгыг ашиглан хөнгөнцагааны ханалтын индексг тооцоолон ямар төрлийн гранит болохыг тодруулахад A/CNK утга нь 0.92-1.02 ба A/NK (1.05-1.9)-

ийн хэмжээгээр шүлтээр болон хөнгөнцагаанаар дунд зэрэг ханасан чулуулагт хамаарч байна (Зураг 5а).



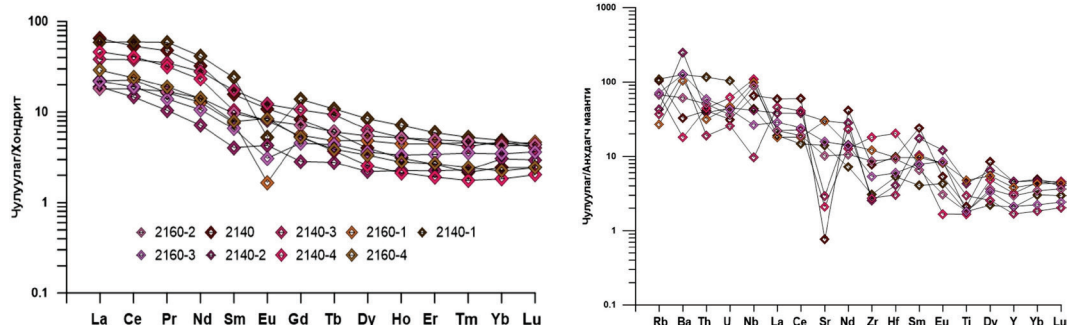
Зураг 5. а.Хөнгөнцагааны ханалтын индексийн A/CNK-A/NK диаграмм (Shand,1943),б. $\text{SiO}_2\text{-Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O-CaO}$ хамаарлын диаграмм (Frost et al,2001)

Ховор элементцүд: Геохимийн хувьд хондриттой харьцуулсан Газрын ховор элемент

(ГХЭ)-ээр байгуулсан диаграммаас харахад ерөнхийдөө ХГХЭ-ээр сулавтар баяжсан,

ХүГХЭ-ээр бага зэрэг ядуурсан (La/Yb) $n=4.24-26.79$, $Eu/Eu^*=0.26-1.33$ тогтвортой жигдхэн хэмжээтэй хэлбэлзэл бага, харин Eu сөрөг гажлыг үүсгэж байгаа чулуулаг нь ортоклаз агуулснаар ялгагдаж ажиглагдана

(Зураг 6а). Анхдагч мантийтай харьцуулсан спайдер диаграмаас харахад гранитоид нь Sr , Ti ядуурсан, Rb , Ta өндөр агуулгатайгаар тэлэлтийн процесстэй холбоотой үүсдэг шинжүүдийг харуулж байна (Зураг 6б).



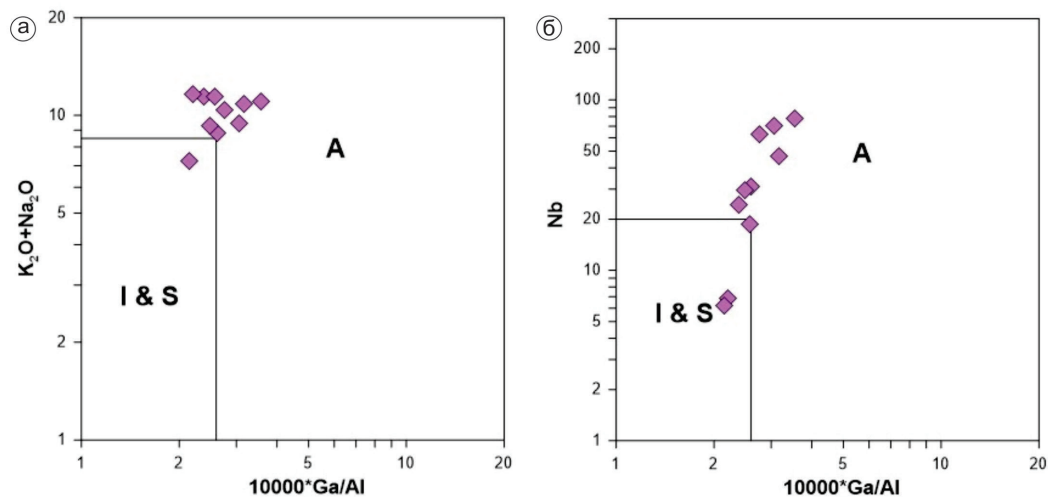
Зураг 6. Шивээнгол бүрдлийн гранитоидын а.С1 хондритын найрлагаар нормчилсон ГХЭ-ийн муруй, б.Анхдагч маантийн найрлагаар нормчилсон олон элементийн спайдер диаграмм (Sun & McDonough, 1989)

5. Хэлэлцүүлэг

5.1. Петрогенез

А төрлийн гранитоидыг петрохимийн шинжээр шүлтийн нийлбэр (Na_2O+K_2O) өндөр, Al_2O_3 , CaO , MgO , Sr , Eu -ийн агуулга бага, K_2O , фтор болон бусад өндөр цэнэгтэй элемент (Zr , Nb , Y , ГХЭ)-ийн агуулга өндөр болон структурын байршлаар нь ялгасан бөгөөд ороген хөгжлийн голлох явцын дараа үүссэн төдийгүй анх «шүтлэг», «усгүй», «анороген» гэж тодорхойлсон байдаг (Loiselle, Wones, 1979). А төрлийн гранитоид нь анороген (anorogenic) буюу ороген бус нөхцөлд үүсдэгээр ялгагддаг. Эх үүсвэр нь маргаантай хэдий ч Al_1 дэд төрөл нь Nb -ээр харьцангуй баяжсан, $Y/Nb < 1.2$ бага, эх үүсвэр нь царцдасын материалын оролцоо багатай, эх газрын рифтийн болон далайн арлын базальтын геохимийн шинж бүхий шүтлэг базальтын анхдагч магмын эх үүсвэртэй, Al_2 дэд төрөл нь $Y/Nb > 1.2$ өндөр, арлан нумын болон эх газрын захын базальттай ижил геохимийн шинжтэй, гарал үүслийн хувьд нэг хэсэг нь маантийн материалын оролцоо ихтэй маagmaас, нөгөө хэсэг нь царцдасын эх үүсвэртэй гэж үздэг (Eby, 1990).

Геохимийн хувьд Шивээнгол бүрдлийн гранитоид нь шүлтийн агуулга өндөр, FeO^T/FeO^T+MgO 0.75-0.94 болон $10000 \cdot Ga/Al$ 2.20-3.56 утгууд багатай байдаг. Мөн $С1$ хондритод нормчлосон ГХЭ-ийн тархалтын диаграмм нь ХөГХЭ-ээр баяжсан, ДуГХЭ-ээр хомсдсон, дунд зэргийн сөрөг Eu гажилтай. Анхдагч маантид нормчлогдсон олон элементийн аалзан диаграмм нь Rb , Nd , Th , U зэрэг том ионт литофиль элементүүд (LILE)-ээр баяжиж, Sr , Zr , Ti зэрэг өндөр цэнэгтэй элементүүд (HFSE)-ээр шавхагдаж буйг харуулж байгаа нь А төрлийн гранитын шинжүүд байдаг (Whalen et al, 1987; Bonin, 1990). Вален нарын (1987) Na_2O+K_2O ба $10000 Ga/Al$, Nb ба $10000 Ga/Al$ харьцуулсан ислийн болон ховор элементийн диаграммд дээжүүд нь А төрлийн гранитоид руу голчлон бууж байгаа нь давхар харуулна (Зураг 7).

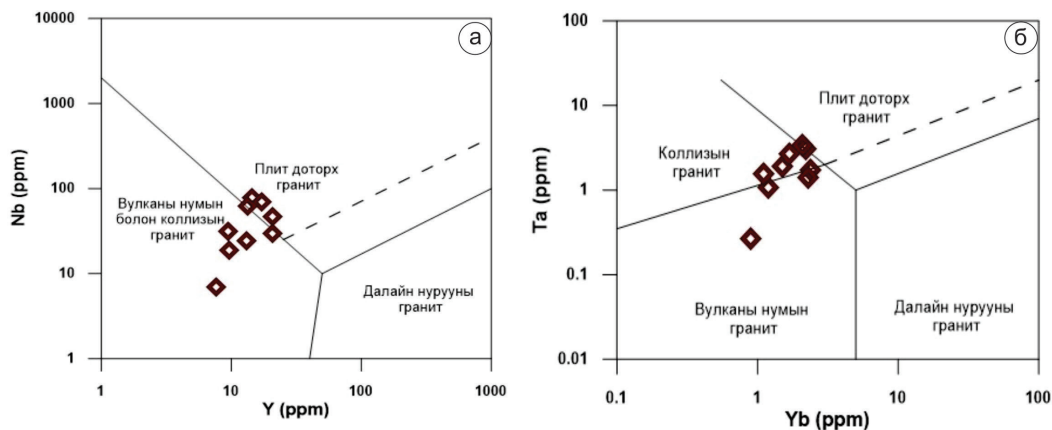


Зураг 7. Гранитын төрлийг ялгах диаграммууд (Whalen et al,1987):

а. Na_2O+K_2O ба $10000 \cdot Ga/Al$; б. Nb ба $10000 \cdot Ga/Al$

Интрузив чулуулгийн гарал үүслийн тектоникийн орчныг тодруулах зорилгоор байгуулсан ховор элементүүдийн хамаарлын Пирсийн диаграммуудад шинжилгээний үр дүнг боловсруулан буулгахад гранитоид нь

Nb-Y диаграмм болон Ta-Yb диаграммд үзүүлсэнээр дээжийг плит дундын гранитын болон синколлизын гранитын талбайд ялгарч бууж байна (Зураг 8).

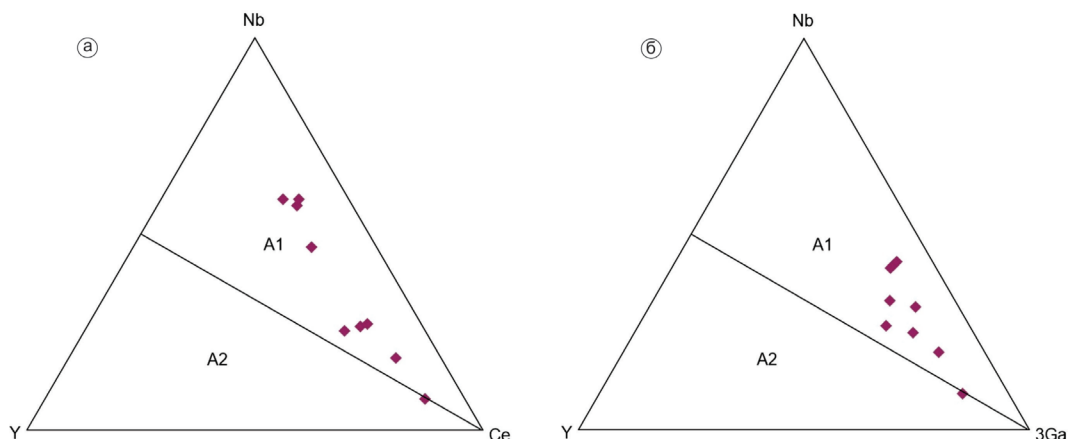


Зураг 8. Шивээнгол бүрдлийн гранитондын тектоник нөхцлийг тодорхойлох

а. Y-Nb, б. Yb-Ta харьцуулсан диаграмм (Pearce et al,1984).

Геохимийн хувьд Шивээнгол бүрдлийн гранитоид нь А төрлийн шүтлэг гранит бөгөөд Y/Nb-ийн утга нь 0.19-1.10, дунджаар 0.42 (1.2-оос бага) бөгөөд энэ нь А төрлийн гранитын шинжтэй тохирч байна. Мөн А төрлийн гранитоидыг Y

— Nb — Ce болон Nb-Y-3Ga-ийн гурвалжин диаграммуудыг боловсруулсан дэд төрлүүдэд бүх дээжүүд A1 төрлийн гранитын талбайд буусан нь A1 төрлийн, анороген орчинд үүссэн болохыг харуулна (Зураг 9).



Зураг 9. Шивээнгол бүрдлийн гранитоидын дэд төрлийг тодорхойлох Y-Nb-Ce болон Nb-Y-3Ga-ийн гурвалжин диаграмм (Eby, 1992)

Олон судлаачид А төрлийн гранитоидыг тэлэлтийн нөхцөлд үүсдэг гэж үздэг хэдий ч зарим судлаачид энэ төрлийн гранитоидын үүслийн талаар маантийн базальтын магмын талсжилтын ялгарал, тэлэлтийн нөхцөлд маантиас үүссэн, царцдасын материалын хэсэгчилсэн хайлалт, царцдасын болон маантийн гаралтай магмын холилдолт гэх мэт нилээдгүй таамаглал, үзэл бодлыг дэвшүүлсэн байдаг (Whalen et al, 1987; Bonin, 1990; Eby, 1990; Green, 1995). Шивээнгол бүрдлийн гранитоид нь Nb/Ta 12.1-27.2; Rb/Sr 0.03-5.9; Zr/Hf 9.04-45.6 утгатай бөгөөд эдгээр утгууд нь эх газрын царцдасын магмын холилдолт үүсгэх боломжгүй юм. Учир нь Nb/Ta утга нь царцдасын гаралтай магмд 11-12, мантийн гаралтай магмд 17.5 ± 2 , Rb/Sr нь царцдасын гаралтай магмд 3, мантид 15, Zr/Hf утга нь маантийн гаралтай магмд 33 байдагтай (Green, 1995) харьцуулан таамаг дэвшүүлэх боломжтой хэдий ч харьцангуй шинжилгээний үр дүнгүүд бага тул цаашид судлах шаардлагатай гэж үзлээ.

Ийнхүү Нуурын атриат мегабүсийн хэмжээнд үнэмлэхүй насны үр дүнгээр баталгаажсан, А1 дэд төрлийн мезозойн настай шүтлэг гранитоидыг УГЗ-200 төслийн ажлаар хожуу

девоны настай эх газрын рифтийн процесстэй холбоотой үүссэн гэж үздэг байсан. М нэгтгэл төслийн хүрээнд уг бүрдлийн нас болон найрлагыг тодруулах, зэргэлдээх зүүн хавтгайд үргэлжлүүлэн зураглагддаг нь зөв эсэхийг нягтлах зорилгоор нилээдгүй дээжлэлт хийсэн бөгөөд М-46-XXI, XXVII, XXIX хавтгайн хэмжээнд хожуу девоны Шивээнгол бүрдлээр зурагласан талбайгаас хэд хэдэн дээжлэлт хийсэн хэдий ч хээрийн нөхцөлд өөр хоорондоо ялгаатай, уг хавтгайн гранитоид нь том хэмжээний массив байдлаар, гаршийн хувьд төдийгүй петрографи, геохимийн шинжилгээний тайлалт ялгаатай байсан тул тусад нь өөр бүрдэлд хамааруулан зурагласан болно.

Дүгнэлт

Шивээнгол бүрдлийн гранитоидын LA-ICP-MS цирконы нас нь 210.6 ± 2.4 сая жил буюу хожуу триасын цаг үед үүсчээ.

Шүлтийн өндөр, хөнгөнцагааны ислийн бага агуулгатай, хөнгөнцагаанаар дунд зэрэг ханасан, Rb, Nd, Th, U, X₀ГХЭ зэрэг том ионтой литофиль элементүүдээр баяжсан, Zr, Hf, Sr, Ti зэрэг өндөр цэнэгтэй элементүүдээр шавхагдаж байна. $10000^{\circ}\text{Ga}/\text{Al}$ утга 2.20-3.56 байгаа нь А1 төрлийн гранитоид болохыг харуулна.

Уг бүрдлийн гранитоид нь анороген орчинд царцдас бага зэрэг хэсэгчлэн хайлснаас үүссэн А1 төрлийн гранитоид гэж үзлээ.

Ашигласан материал

Жамьяндорж У, Безпечинский В.С, Варламов И.С, Гантумур Б, Ням Б, Содой Н, Тумур Д, Чагнадорж Д. Геологическое строение и полезные ископаемые части листов М-46-XX, XXI, XXII, XXVI, XXVII. /отчет о геологосъемочных и поисковых работах масштаба 1:200 000, проведенных Улангомской партией №5 в котловине Больших Озер в 1974-75гг, №2740Ф

Товуудорж нар, 2011. Нууруудын бүсийн УГЗ-200 иж бүрдэл зураг зохиох төсөл, №6327Ф

Төмөртоого, О. 2018. Монгол Улсын нутаг дэвсгэрийн тектоник дүүрэгчлэл, масштаб 1:3000000.

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

Bonin, B. 1990. From orogenic to anorogenic settings: Evolution of granitoid suites after a major orogenesis. *Geology* 25,261–270

Cox, K.G., Bell, J.D, Pankhurst, R.J. 1979. The Interpretation of Igneous Rocks. Allen and Unwin, London, 450 p.

Eby, G.N. 1992. Chemical subdivision of the A-type granitoids: Petrogenetic and tectonic implications. *Geology* 20,641–644

Frost, B.R, Barnes, C.G, Collins, W.J, Arculus, R.J, Ellis, D.J, Frost, C.D. 2001. A geochemical classification for granitic rocks. *Journal of Petrology* 42, 2033–2048

Green, T.H. 1995. Significance of Nb/Ta as an indicator of geochemical processes in the crust-mantle system. *Chemical Geology* 120,347–359

Loiselle, M.C.; Wones, D.R. 1979. Characteristics and origin of anorogenic granites. *Geological Society of America Abstracts with Programs* 11,468.

Ludwig, K.R., 2003. “User’s manual for Isoplot/Ex version 3.00, a geochronological toolkit for Microsoft Excel”. Berkeley Geochronology Center Special Publications, 4,72.

Sun, S.S, McDonough, W.F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes. *Geol. Soc. Lond. Spec. Publ.* 42,313–345.

Pearce, J.A, Harris, N, Tindle, A.G. 1984. Trace Element Discrimination Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks. *Journal of Petrology* 25,956–983

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.

Shand, S.J. 1943. The eruptive rocks: 2nd edition, John Wiley, New York, 444 p

Whalen, J.B, Currie, K.L, Chappell, B.W. 1987. A-type granites: Geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 95,407–419