

ХАРГАНАТЫН АМ ОРЧМЫН ВУЛКАНОГЕН ЧУЛУУЛГИЙН БОДИСЫН НАЙРЛАГА, ГАРАЛ ҮҮСЭЛ

А. Тулга^{1*}, Ц. Наранцэцэг¹, Г. Азжаргал²

¹ШУА-ын Геологийн хүрээлэн

²“Эрэн Чулуу” ХХК, “Галбын Говь-50” төсөл

ABSTRACT

In this study, we report on U-Pb dating, major and trace elements with aim constraining the tectonic setting of early carboniferous volcanic rocks near the Harganaty Am valley of Southern Mongolia. These volcanic rocks, which are mainly composed of basalt, basaltic andesite, andesite, rhyodacite and rhyolite, located in the eastern segment of Gobi-Tianshan between the Gurvansaikhan terrane and the Tsagaan Uul block. The result of LA-ICPMS zircon dating for two felsic rocks indicate that formed in the early carboniferous (ca. 325-333 Ma). The mafic and intermediate rocks have $\text{SiO}_2 = 41.3\text{-}57.7$ wt.%, $\text{K}_2\text{O} = 0.5\text{-}2.54$ wt.%, $\text{Mg\#} = 0.41\text{-}0.57$, $\text{Cr} = 11\text{-}122$ ppm, $\text{Ni} = 4.82\text{-}188$ ppm, whereas the felsic rocks have $\text{SiO}_2 = 41.3\text{-}57.7$ wt. %, $\text{K}_2\text{O} = 2.1\text{-}4.86$ wt. % $\text{Mg\#} = 0.41\text{-}0.57$, $\text{Cr} = 10\text{-}91$ ppm, $\text{Ni} = 0.8\text{-}17.88$ ppm. These data are typically calc-alkaline suite. The mafic to intermediate rocks are characterized by strong enrichment in large ion lithophile elements (LILE) such as Rb, Ba, Sr and Pb, depletion in high field strength elements (HFSEs) such as Nb, Ta and Ti, depletion in heavy rare-earth elements (HREEs), and positive Eu anomalies ($\text{Eu}/\text{Eu}^* = 1.72$). On the other hand, the felsic rocks show a strong depletion in Nb, Ta, Sr, P, and Ti, enrichment in Th, Rb, and, Ba, and relatively negative Eu anomalies ($\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0.56\text{-}0.74$). Taken together, these data suggest that the mafic to felsic volcanic rocks derived from the partial melting of newly accreted crust. The early carboniferous volcanic rocks indicate an extensional environment, similar to a subduction related rocks from orogenic belts.

Key words: Geochemistry, Calc-alkaline suite, Volcanic rock, Volcanic arc, South Mongolia

*corresponding author e_mail address: jojobnaa@gmail.com

1. Оршил

Өмнөт Монголын хэмжээнд өргөн тархсан палеозойн маагмын чулуулгууд судлаачдын анхаарлыг татсаар ирсэн ба ихэнхи вулканоген зузаалгууд нь гарал үүслийн хувьд маргаантай байдаг. Цаашлаад вулканоген зузаалагтай холбоотой үүссэн ашигт малтмалыг судлан илрүүлэх шаардлага орчин үед тавигдаж байна. Иймд бид Өмнөговь аймгийн Ханбогд сумын нутагт орших Ханбогд массивын өмнөд хэсэгт Харганатын ам орчимд тархалттай Ундаан /Su/ формацаар зураглагдаж ирсэн вулканоген зузаалгийг сонгон авч судалгааны ажлыг хийсэн. Уг вулканоген зузаалгийн талаар хийсэн судлаачдын ажлууд (тайлан, өгүүлэл) байдаг хэдий ч нарийвчилсан петрохими, геохими болон геохронологийн судалгаа хийгдээгүй юм. Иймээс бид энэхүү өгүүлэлд орчин үеийн арга, аргачлалаар уг зузаалгийн вулканоген чулуулагт петрохими, геохимийн нарийвчилсан шинжилгээг хийж үр дүнг боловсруулан чулуулгийн бодисын найрлага, петро-геохимийн онцлог, насны асуудлыг U-Pb-ны арга ашиглан тодруулсны үндсэн дээр чулуулгийн үүслийг геодинамик орчныг тодорхойлохыг зорьсон. Судалгааны талбай нь тектоник мужлалын хувьд Өмнөт Монголын ороген тогтолцооны Өмнөд Говийн супертерейний Баруун талд орших Говийн Тэнгэр уулын блокийн зүүн

өмнөд хэсэгт байрладаг (Төмөртоогоо, 2012). Бидний судалгаа явуулсан талбайн хэмжээнд палеозойн насны Ундаан /Su/, Булагбаян /D₂bb/, Цохиот /C₁ch/, мезозойн насны Цагаанцав /K₁cc/, Баянширээ /K₂bs/ зэрэг формацуудын тунамал-вулканоген зузаалгууд, мөн кайнозойн сэвсгэр хурдсууд тархсан байдаг бөгөөд хожуу девоны Цагаансуварга, түрүү пермийн Ханбогд бүрдлүүдийн гранитоид чулуулаг тархалттай байдаг (Зураг 1).

Ундаан (Su) формацын вулканоген зузаалгийг урьд өмнө нь Төмөртэй формацд хамааруулан авч үздэг байсан (Бүрэнхүү нар., 1995). Анх уг формацыг В.М.Синицин (1956) Говийн тэнгэр уулын баруун төгсгөлд ялгаж ордовикт хамааруулсан. Хожим нь Н.Г.Маркова (1975) уг хурдсын бүрэлдэхүүн, тогтцын талаар судалгаа хийжээ. Тэрээр Төмөртэй формац Эхийн голын формацд аажим шилжиж байгааг илрүүлсэн боловч насны асуудлыг хөндөөгүй байна. Зарим судалгаанд Төмөртэй формацын тулгуур зүсэлтийг нарийвчлан судалж, түүнийг силурын настай болох тухай дүгнэлтийг хийсэн (Руженцев нар., 1987). Ж.Бямба Зүүн Өмнөд Монголын серийн тайлбар бичигт ангилагдаагүй силүрт хамааруулж байсныг А.Амаржаргал, Я.Ихбаяр нар лландовери-венлокийн насанд хамааруулан Ундаан нэрээр үлдээсэн байдаг (Амаржаргал нар., 2007).

2. Судалгааны арга аргачлал

Судалгааны ажлыг хээрийн судалгаа, лабораторид анхдагч дээж материалыг боловсруулах, суурин боловсруулалт буюу нарийвчилсан шинжилгээний үр дүнд тайлалт хийх гэсэн гурван үе шатаар хийж гүйцэтгэсэн. Хээрийн судалгааны ажилд геологийн маршрут хийж, Харганатын ам орчимд Ундаан формацаар зураглагдсан вулканоген чулуулгийн зузаалгаас 30 орчим дээжлэлтийг хийсэн. Үүнээс 15 дээжийг петрографийн судалгаанд, 10 дээжинд геохимийн судалгаанд, 2 дээжийг нас тогтоох шинжилгээнд тус тус хамруулсан. Петрографийн судалгааг ШУА, Геологийн хүрээлэнгийн петрографийн лабораторид тунгалаг шлиф бэлтгэж, NIKON 50X-787.5X загварын нэвтэрсэн болон ойсон гэрлийн микроскопоор хийсэн. Геохимийн шинжилгээнд зориулан дээжилсэн цэвэр гадаргуутай чулуун дээжийг 0,075 мм хүртэл хэмжээтэй нунтаглан бутлаж Монгол дахь SGS лабораторид чулуулаг бүрдүүлэгч гол ислүүдийг рентген флуоресценцийн анализын аргаар (X-Ray Fluorescence), ховор элементүүдийг масс спектрометрийн аргаар (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) тус тус тодорхойлуулсан. Насны шинжилгээнд 2 чулуун дээжийг сонгон авч цирконыг ялгахдаа бутлаж нунтаглан, 0.2, 0.1, 0.075 мм-ийн шигшүүрээр шигшин, угааж, хүнд шингэн (Бромформ) ашиглан хүнд фракцуудыг ялгаж, Olympus бинокуляр ашиглан хийж гүйцэтгэсэн. Цирконы дотоод бүтцийг харах зорилгоор

катодлюмнисценцийн зургийг (CL) авах, цирконы үнэмлэхүй насны шинжилгээг U-Pb аргаар Element XR sector-field ICP-MS (Thermo Scientific) ба RESOLUTION M-50 193 nm laser ablation system (Resonetics) багаж тоног төхөөрөмжүүд ашиглан Хятадын ШУА-ийн Гуанжоугийн геохимийн хүрээлэнгийн Изотоп геохимийн лабораторид тус тус тодорхойлуулсан.

3. Үр дүн

3.1 Петрографийн судалгаа

Петрографийн судалгаанд хамруулсан 15 дээжинд эрдэслэг бүрэлдэхүүн болон структур, текстурын шинжээрээ суурилаг, дундлаг, дундлаг-хүчиллэг, хүчиллэг гэсэн гэсэн дөрвөн өөр шинжийг харуулдаг.

Порфирлог базальт /S18622-7/, метаандезибазальт /S18623-2/ 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 $C:N_{\text{g}}=11^{\circ}-14^{\circ}$ байгаагаас үзэхэд эвэр хуурмагийн эгнээнд хамаарна (Зураг 2а). Зарим тохиолдолд эвэр хуурмагийн талстууд нь хлоритоор хэсэгчлэн болон бүрэн түрэгдэж анхдагч шинжээ алдсан байна. Пироксенууд нь хэлбэрээ сайн олсон зургаан талт, урт сунасан

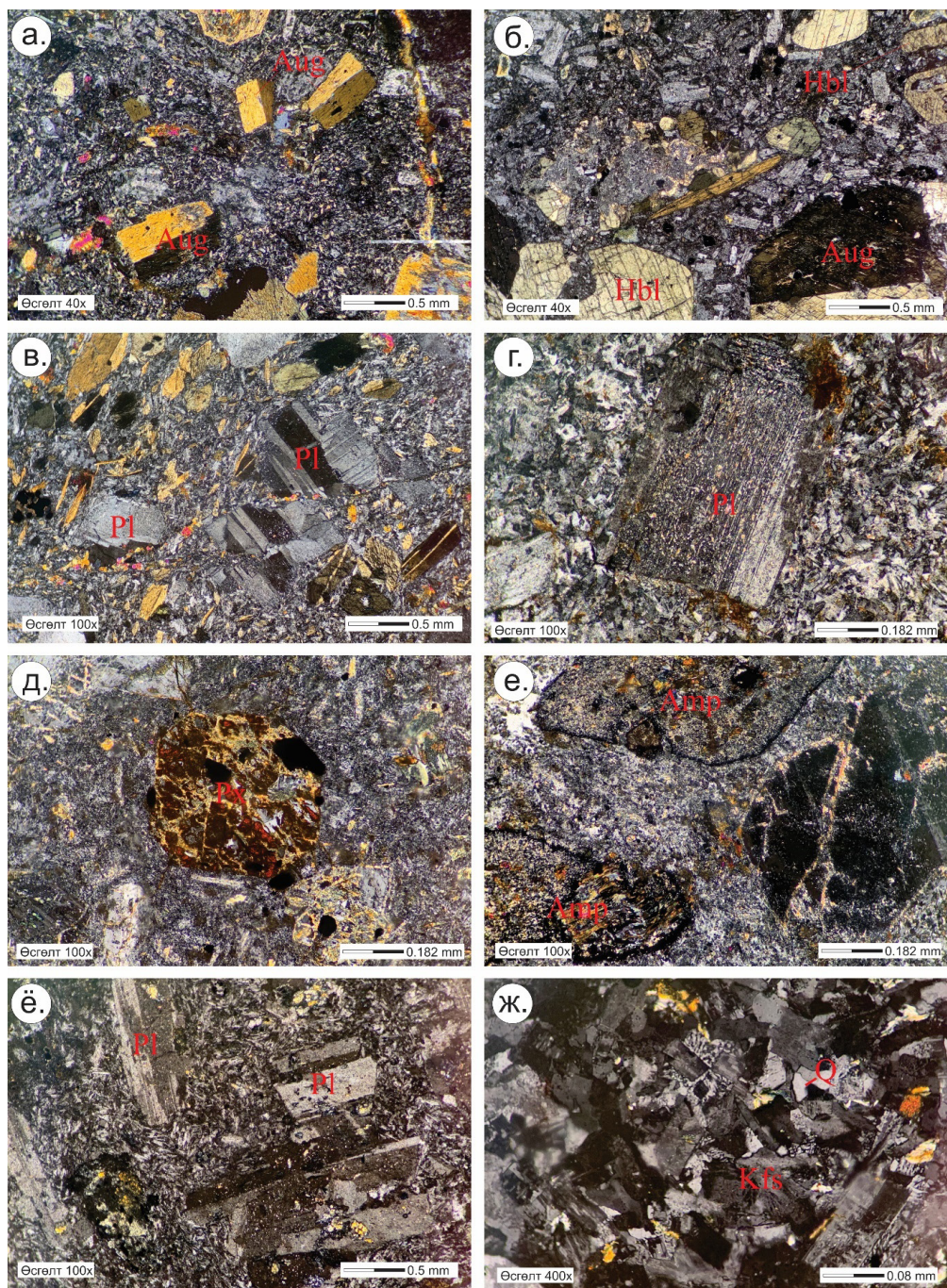
хэлбэртэй бөгөөд ихэрлэлтийн зураас, бүслүүрлэг унтралт ажиглагдана (Зураг 2б).

Андезитууд /S18622-5, S18622-6/ нь цайвар ногоон, боровтор ногоон өнгөтэй. Плагиоклаз, кварц, амфиболын порфируудтай (50-55%) порфирлог структуртай, микролитлог структуртай үндсэн хэсэг (45-50%), бичил миндалин текстураас тогтдог (Зураг 2в). Плагиоклазын порфир нь 0.5-2.8 мм хэмжээтэй богино призмлэг заримдаа урт сунасан хэлбэртэй, бөгөөд зарим дээжинд деформацид орсноор анхдагч хэбэрээ алдаж тасарч зай завсар нь хоёрдогч кварцаар дүүрч эпидот, хлоритоор түрэгдсэн байна (Зураг 2г). Үндсэн хэсэг нь плагиоклаз, галт уулын шилээс тогтоно.

Андезидацит /S18623-13/, риодацитууд /S18623-14/ нь плагиоклаз, өнгөт эрдэс, кварцын порфирууд (20-25%) болон фелизитлэг структуртай 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. Өнгөт эрдсээс порфирт бор хүрэн өнгөтэй призмлэг найман талтай эрдэс ажиглагдах бөгөөд энэ нь пироксений бүлгийн эрдэс боловч хувиралд өртөж

анхдагч шинжээ бүрэн алдсан байна (Зураг 2д). Зарим өнгөт эрдсүүд нь серицитэд бүрэн түрэгдэж, опацитчлагдсан буюу захаараа хүдрийн эрдсээр эмжээрлэгдсэн байдалтай илэрдэг (Зураг 2е). Үндсэн хэсэг нь плагиоклаз, хоёрдогч эрдүүдээс тогтоно.

Риолит порфир /S18623-3/ риолитууд /S18623-1/ нь плагиоклаз, калийн хээрийн жонш, кварц, биотитын порфируудтай (15-20%) Порфирлог структуртай, микрогранофир структуртай 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 (Зураг 2ё). Биотит нь 0.3-0.5 мм хүртэл хэмжээтэй порфирт бор шаргал өнгөтэй, хайрслалт хуудаслаг байна. Калийн хээрийн жонш нь порфирт 0.2-1 мм хэмжээтэй талстаа 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 (Зураг 2ж). Галт уулын шил нь төмрийн усан ислээр нэвчигдсэнээс нэг никольд улаан хүрэн өнгөтэй болж харагдана.

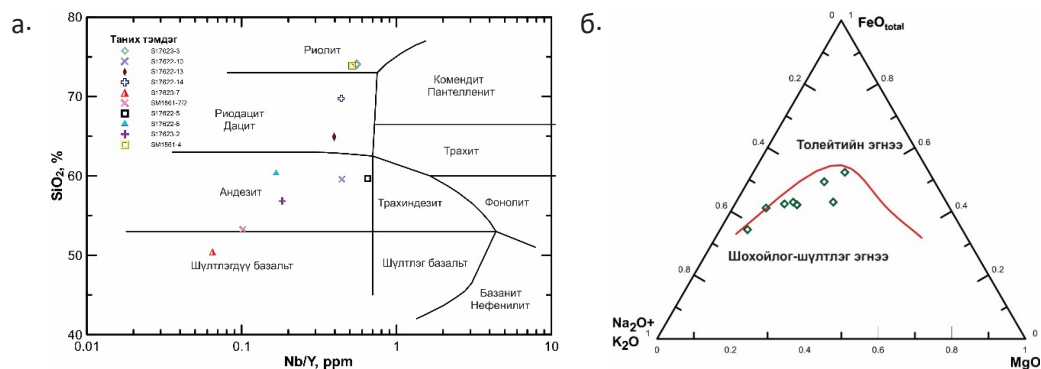


Зураг 2. Харганатын ам орчмын вулканоген чулуулгийн микрофотозураг а – Порфирлог базальт, б – Метаандезибазальт, в - Андезибазальт, г - Андезит, д - Андезидацит, е - Риодацит, ё - Риолит, ж – Риолит порфир

3.2 Петро-геохимийн судалгаа

Вулканоген чулуулгийн петрохимийн онцлогийг тодорхойлоход уламжлалт TAS диаграмм нь илүү өгөршил, хувиралд бага орсон дээжинд тохиромжтой байдаг бол бидны судалгаанд хамруулсан зарим дээжүүд нь хувиралд өртсөн байсан. Na, K зэрэг хөдөлгөөнтэй элементүүд нь вулканоген чулуулагт хожуу магмын идэвхжилд өртөж анхдагч шинж чанараа амархан алддаг (Yu Li et al., 2014). Тиймээс бид судалгаанд хамрагдсан нийт чулуулгийг илүү өгөршил, хоёрдогч хувиралд өртсөн дээжинд ашиглахад тохиромжтой, тогтвортой элементүүдийн хамаарлын

диаграммуудыг голлон ашиглахыг зорьсон. Вулканоген чулуулгийн тогтвортой элементүүд болох Nb/Y харьцааг цахиурын исэлд харьцуулсан диаграммд чулуулаг нь шүлтлэгдүү базальт, андезит, риодацит (дацит), риолит зэрэг найрлагатай байна (Зураг 3а). Харин AFM гурвалжин диаграммд нийт чулуулаг нь шохойлог-шүлтлэг эгнээнд хамаарч байна (Зураг 3б). Чулуулаг бүрдүүлэгч гол элементүүдийн ислийг цахиурын исэлтэй харьцуулсан Харкериин диаграмм дээр SiO_2 өсөхөд калийн ислийн агуулга өсдөг шууд хамааралтай бол эсрэгээрээ TiO_2 , MgO , CaO , Fe_2O_3 , P_2O_5 -ийн агуулга буурах урвуу хамаарал ажиглагдана (Зураг 4).



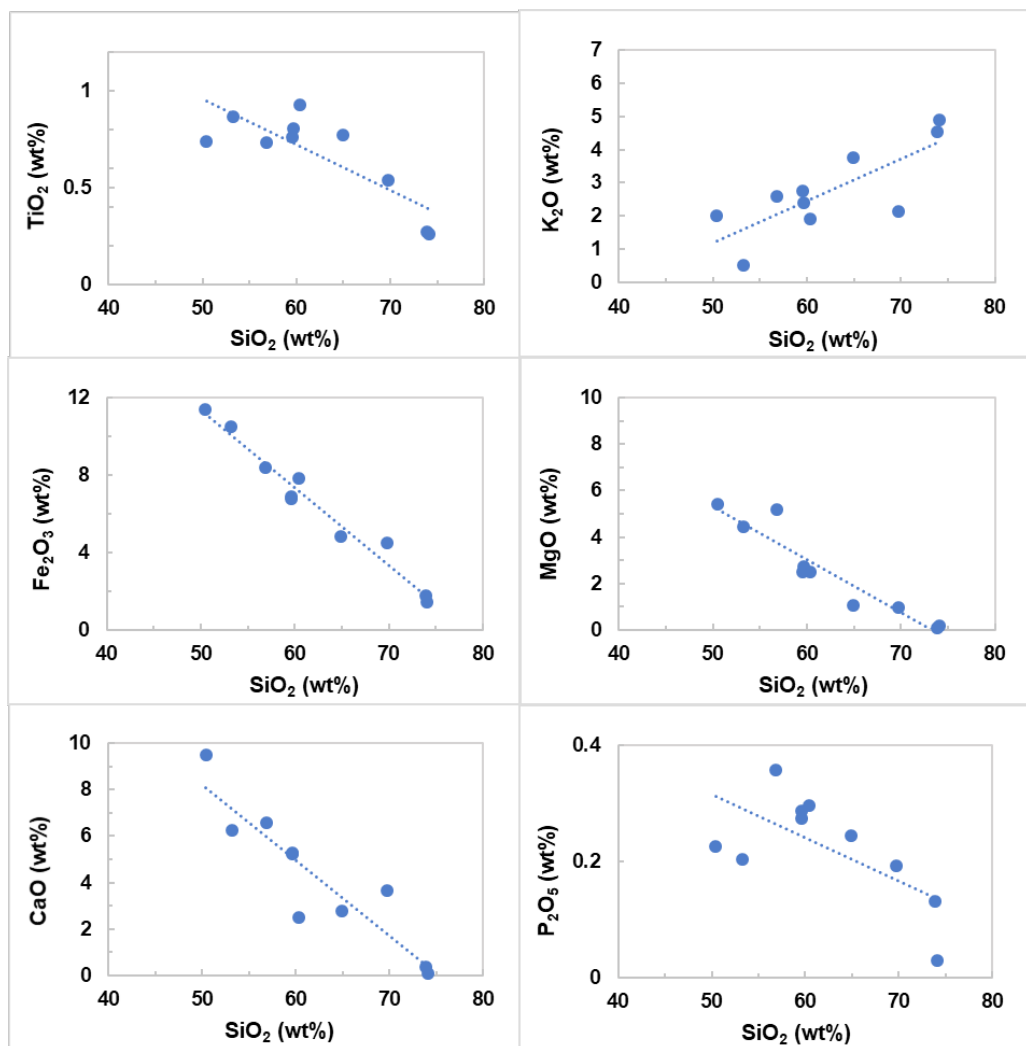
Зураг 3. Харганатын ам орчмын вулканоген чулуулгийн найрлага тодорхойлох а – Nb/Y- SiO_2 диаграмм (Winchester and Floyd, 1977); б – AFM диаграмм (Irvine and Baragar, 1971)

Геохимийн шинжилгээнд хамрагдсан вулканоген чулуулгийн магнилаг шинж нь $\text{Mg\#} = 100 * \text{MgO} / (\text{MgO} + \text{Fe}^{2+})$ суурилаг, дундлаг найрлагатай чулуулагт хамгийн багадаа 41.3, хамгийн ихдээ 57.7 хүрдэг бол хүчиллэг-дундлаг вулканоген чулуулагт багадаа 12.2, ихдээ 32.8 байдаг.

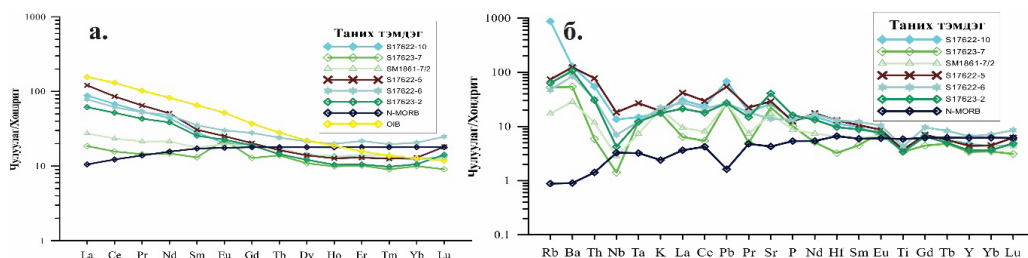
Суурилаг, дундлаг найрлагатай вулканоген чулуулгийн $\text{Mg\#} = 41.3 - 57.7$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 6.7 - 11.4$ жин.%, $\text{TiO}_2 = 0.7 - 0.9$ жин.%, $\text{P}_2\text{O}_5 = 0.20 - 0.35$ жин.%, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 15.5 - 17.7$ жин.% байхад SiO_2 агуулга 50-60 жин.%. Мөн титаны ислийн агуулга багатай

(TiO_2 дундаж=0.8), ГХЭ-хувьд ХөГХЭ -ээр баяжсан (Зураг 5а) шинж чанартай бөгөөд $(\text{La/Sm})_n = 1.42-3.13$, $(\text{Gd/Yb})_n = 1.28-1.78$, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2 = 18.15-23.41$. Мөн S17623-7 /Шүлтлэгдүү базальт/ дээжний хувьд Eu -ийн тод илэрсэн эерэг гажил ажиглагдаж байгаа ($\text{Eu}/\text{Eu}^* = 1.72$)

нь шифт чулуулаг эпидотын судлаар хэрчигдсэнээр тайлбарлагдана. Олон элементийн спайдер диаграмм дээр Nb болон Ti зэрэг элементүүдийн сөрөг гажлыг үзүүлдэг бол Ba, Pb, Sr зэрэг элементүүдээр илүү баяжсан байгаа нь ажиглагдана (Зураг 5б).



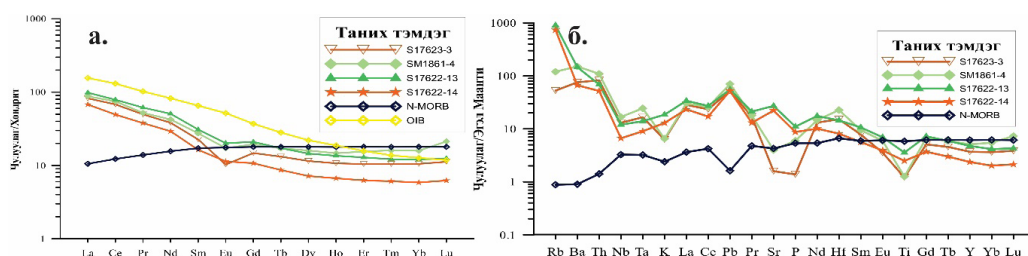
Зураг 4. Харганатын ам орчмын вулканоген чулуулгийн Харкерийн диаграмм



Зураг 5. Харганатын ам орчмын суурилаг-дундлаг вулканоген чулуулгийн а – C1 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 чулуулгийн $Mg\# = 12.2-32.8$, $Fe_2O_3 = 1.4-4.8$ жин.%, $TiO_2 = 0.2-0.7$ жин.%, $P_2O_5 = 0.03-0.24$ жин.%, $Al_2O_3 = 14.05-16.8$ жин.% байхад SiO_2 агуулга 64-73 жин.%. Мөн титаны ислийн агуулга багатай ($TiO_{2\text{дундаж}} = 0.46$), ГХЭ-хувьд ХөГХЭ-ээр баяжсан шинж чанартай $(La/Sm)_n = 3.18-4.14$, $(Gd/Yb)_n = 1.22-1.83$, $Al_2O_3/TiO_2 = 21.75-53.57$ (Зураг 6а). Мөн хүчиллэг чулуулагт Eu-ийн сул илэрсэн сөрөг гажил илэрч байгаа нь $(Eu/Eu^*) = 0.56-0.74$ хээрийн жоншоор хянагддаг болохыг тайлбарладаг (Rollinson, 1989). Олон

элементийн спайдер диаграммд суурилаг болон дундлаг найрлагатай чулуулгуудтайгаа ижлээр Nb, P болон Ti зэрэг элементүүдийн сөрөг гажил, Ba, Pb, зэрэг элементүүдээр илүү баяжсан байдаг нь тод ажиглагдана (Зураг 6б). Харин Sr нь цахиурын ислийн өндөр агуулгатай риолитод (73.11-73.43 жин.%) харьцангуй илүү ядуурдаг бол риодацитаас базальт хүртэлх найрлагатай чулуулагт баяждаг шинжийг үзүүлдэг. Энэ нь плагиоклазын ихээхэн ялгаралын дүнд үүссэн маагмын чулуулаг юм (Hugh Rollinson R, 1989).



Зураг 6. Харганатын ам орчмын хүчиллэг вулканоген чулуулгийн а – C1 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 ($Nb/La_{pm} = 0.35$) шавхагдсан байгаа нь тэдгээрийн эх үүсвэрт нь эх газрын царцдасын материал оролцсоныг илтгэх бол Ti-аар ядуурсан нь субдукцын бүсийн геодинамик орчныг илэрхийлж байна. 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 . Харин бидний судалгаанд хамрагдсан дээжүүд нь энэ шинжийг харуулахын зэрэгцээ ДГНБ-той адил төмрөөр баяжсан шинж байдаггүй. Мөн нумын вулканитад Th/La-ны харьцаа нэгээс их байдгаараа ДГНБ-аас ялгагдана (О.М.Туркина, 2018). Ихэнх магмын нумын чулуулгууд нь бусад тектоник орчны магмын чулуулгаас ХөГХЭ/ӨЦЭ болон ТИЛЭ/ӨЦЭ-ийн өндөр харьцаатай байдгаараа ялгардаг (Хавкесворт нар., 1993). Эдгээр нь бидний судалгаанд хамрагдсан дээжний элементүүдийн харьцаатай ерөнхийдөө дүйж байгаа юм (Хүснэгт 1).

Хүснэгт 1. Харганатын ам орчмын вулканоген чулуулгийн гол (жин.%) болон ховор (ppm) элементүүдийн агуулга

Дээж	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	SI17623-3	SI17622-10	SI17622-13	SI17622-14	SI17623-7	SM1861-7/2	SI17622-5	SI17622-6	SI17623-2	SM1861-4
SiO ₂	73.43	58.15	63.82	68.60	49.27	49.72	58.71	59.16	55.72	73.11
TiO ₂	0.26	0.74	0.76	0.53	0.72	0.81	0.79	0.91	0.72	0.27
Al ₂ O ₃	13.93	17.33	16.53	14.56	16.66	16.58	16.95	16.52	15.27	13.96
Fe ₂ O ₃	1.44	6.70	4.77	4.40	11.14	9.82	6.68	7.69	8.24	1.75
Mn ₂ O ₄	0.04	0.19	0.19	0.05	0.19	0.26	0.18	0.15	0.13	0.02
MgO	0.18	2.42	1.03	0.97	5.29	4.13	2.69	2.44	5.06	0.11
CaO	0.11	5.14	2.73	3.60	9.26	5.85	5.15	2.47	6.43	0.37
Na ₂ O	4.75	3.82	4.41	3.24	2.91	5.47	4.15	6.16	3.36	4.35
K ₂ O	4.86	2.68	3.70	2.10	1.97	0.50	2.36	1.88	2.54	4.50
P ₂ O ₅	0.03	0.28	0.24	0.19	0.22	0.19	0.27	0.29	0.35	0.13
LOI	0.76	2.57	1.82	1.73	2.52	6.91	2.07	2.32	2.26	1.28
Total	99.89	100.16	100.12	100.05	100.20	100.29	100.47	100.32	100.29	100.23
Mg#	21.74	44.53	32.43	32.89	51.35	48.32	47.23	41.36	57.72	12.26
CaO/Al ₂ O ₃	0.01	0.30	0.17	0.25	0.56	0.35	0.30	0.15	0.42	0.03
La	19.51	20.92	23.33	16.06	4.40	6.50	28.70	18.60	14.60	20.80
Ce	41.61	41.65	48.25	30.26	9.60	14.30	52.50	37.70	31.70	45.80
Pr	4.72	5.09	5.85	3.59	1.37	2.03	6.17	5.00	4.10	4.95
Nd	17.83	20.54	23.67	13.66	6.90	10.00	23.80	22.60	18.00	19.80
Sm	3.47	4.31	4.73	2.50	2.00	2.70	4.70	5.40	3.90	4.20
Eu	0.60	1.17	1.17	0.66	1.30	1.15	1.46	1.74	1.31	1.00
Gd	3.03	4.05	4.31	2.20	2.64	3.70	4.17	5.73	3.89	3.99
Tb	0.49	0.62	0.64	0.32	0.52	0.65	0.61	0.90	0.54	0.64
Dy	2.92	3.62	3.68	1.82	2.77	3.58	3.54	5.44	3.08	4.06
Ho	0.61	0.77	0.77	0.38	0.56	0.77	0.72	1.12	0.59	0.83

Er	1.73	2.16	2.13	1.04	1.68	2.31	2.15	3.60	1.74	2.56
Yb	1.79	2.11	2.05	1.00	1.70	2.10	2.20	3.50	1.80	2.70
Lu	0.29	0.34	0.32	0.16	0.23	0.32	0.46	0.63	0.36	0.54
Sc	4.44	11.88	11.86	7.17	34.00	26.00	15.00	23.00	26.00	6.00
Co	0.80	12.88	11.47	5.88	44.60	24.70	15.00	15.40	25.00	0.80
Hf	4.68	3.52	4.48	2.51	1.00	2.00	4.00	4.00	3.00	7.00
Ta	0.68	0.61	0.57	0.37	0.50	0.50	1.10	0.50	0.50	1.00
Th	7.04	4.65	5.85	4.42	0.50	1.00	6.60	2.70	2.60	9.30
U	1.78	1.49	2.20	1.47	0.51	0.78	2.45	1.17	1.26	3.05
Ba	528.20	897.70	1022.70	465.30	378.00	199.00	865.00	596.00	743.00	1056.00
Rb	59.07	48.56	81.01	32.57	33.20	11.00	46.80	29.90	40.10	76.20
Sr	33.53	553.80	571.90	468.30	472.00	356.00	612.00	291.00	862.00	84.00
Y	16.79	21.72	21.60	10.77	15.40	19.70	20.00	30.00	16.40	23.20
Zr	161.20	129.70	167.30	95.30	34.60	63.30				
Nb	9.29	9.65	8.54	4.74	1.00	2.00	13.00	5.00	3.00	12.00
Nb/Y	0.55	0.44	0.40	0.44	0.06	0.10	0.65	0.17	0.18	0.52
La/Yb	10.92	9.92	11.40	16.14	2.59	3.10	13.05	5.31	8.11	7.70
Th/Nb	0.76	0.48	0.69	0.93	0.50	0.50	0.51	0.54	0.87	0.78
Ta/Yb	0.38	0.29	0.28	0.37	0.29	0.24	0.50	0.14	0.28	0.37
Th/Yb	3.94	2.21	2.86	4.45	0.29	0.48	3.00	0.77	1.44	3.44
(La/Sm)n	3.63	3.13	3.19	4.14	1.42	1.55	3.94	2.22	2.42	3.20
(Gd/Yb)n	1.40	1.59	1.74	1.83	1.28	1.46	1.57	1.35	1.79	1.22
(La/Yb)n	7.84	7.12	8.18	11.58	1.86	2.22	9.36	3.81	5.82	5.53
(Ce/Yb)pm	6.47	5.49	6.55	8.45	1.57	1.89	6.63	2.99	4.89	4.71
(Nb/La)pm	0.46	0.44	0.35	0.28	0.22	0.30	0.44	0.26	0.20	0.56
(Th/La)pm	2.92	1.80	2.03	2.23	0.92	1.24	1.86	1.17	1.44	3.61
(Nb/Th)pm	0.16	0.25	0.17	0.13	0.24	0.24	0.23	0.22	0.14	0.15

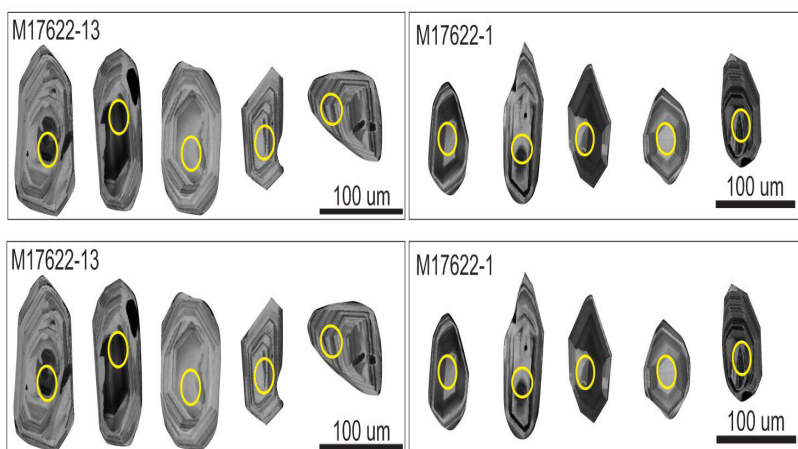
3.3. Геохронологи

Геохронологийн шинжилгээнд хамрагдсан дээжүүдийн ерөнхий мэдээллийг хүснэгт 2-т харуулав. Риолит /M17622-1/, риодацитийн /S17622-13/ дээжүүдийн катодлюминесценцийн (CL) зургаас харахад цирконууд нь 120µm хүртэлх хэмжээтэй, ихэнхдээ тод илэрсэн бүслүүрлэг тогтоцтой ихэвчлэн

маагмын бүслүүржилт бүхий бага зэрэг сунасан призмлэг талстуудаас тогтох бөгөөд зарим цирконыг ажиглахад нилээд нийлмэл бүтэцтэй, бүслүүрийнхээ хэмжээнд хайлшийн ором, цөм агуулна (Зураг 7) (Pupin, 1980; Koschek, 1993). $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ -ны харьцаа 0.53-1.36 хооронд байгаа нь тэдгээрийг магмын гаралтай болохыг харуулна (Kirkland et al., 2014).

Хүснэгт 2. Судалгааны талбайгаас насны судалгаанд хамрагдсан дээжний ерөнхий мэдээлэл

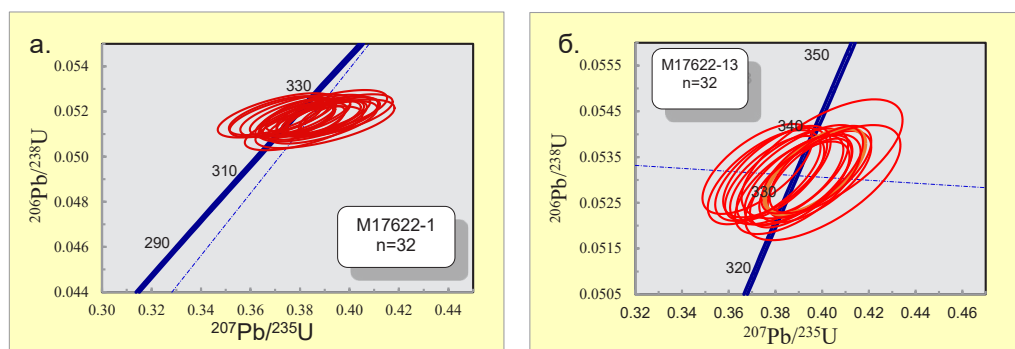
Д/д	Чулуулгийн нэр болон дугаар	Дээжийн координат	Газарзүйн байршил
1	Риолит /M17622-1/	N 42° 53' 4.9'' E 107° 15' 34''	Өмнөговь аймгийн, Ханбогд сумаас урагш Ханбогд массивын өмнө талд орших зузаалаг
2	Риодацит /M17622-13/	N 42° 52' 28'' E 107° 13' 48''	Өмнөговь аймгийн, Ханбогд сумаас урагш Ханбогд массивын өмнө талд орших зузаалаг



Зураг 7. S17622-13 ба S17622-1 дээжүүдийн Цирконы мөхлөгийн катодлюминесценцийн (CL) зураг

Дээжний шинжилгээ тус бүрийг 32 цирконы мөхлөгт хэмжилт хийсэн бөгөөд зөвхөн $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ ба $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ харьцааны 95%-иас дээш итгэлцүүр бүхий риолитийн 23 мөхлөгт хийсэн хэмжилтүүдийн конкорд насны дундаж утга нь 325 ± 1 сая жил, риодацитын

17 мөхлөгт хийсэн хэмжилтүүдийн конкорд насны дундаж утга нь 332 ± 2 сая жилийн нас тус тус тогтоогдсон. Эдгээд утгуудыг риолит болон риодацитын талсжилтын нас гэж үзэв (Зураг 8а, б).



Зураг 8. Ундаан формацийн вулканоген чулуулгийн цирконд хийсэн U-Pb-ийн насны конкордийн диаграмм.

4. Хэлэлцүүлэг

Бидний судалгаанд хамрагдсан Харганатын ам орчмын вулканоген чулуулгийн петрографи ба геохимийн шинжилгээний дүнгээр тэдгээр нь базальтаас андезит, дацит, риодацит, риолит хүртэлх найрлагатай, шохойлог-шүлтлэг эгнээний чулуулагт хамаарагдана. Харкерийн диаграммд эдгээр вулканоген чулуулгуудын SiO_2 ба TiO_2 , P_2O_5 , MgO , CaO , Fe_2O_3 -ийн шугаман хамаарал илэрч байгаа нь тэдгээрийг нэгэн маагмын эх үүсвэрээс бага гүнд хэсэгчилэн-талсжих процессийн дүнд үүссэн болохыг харуулна.

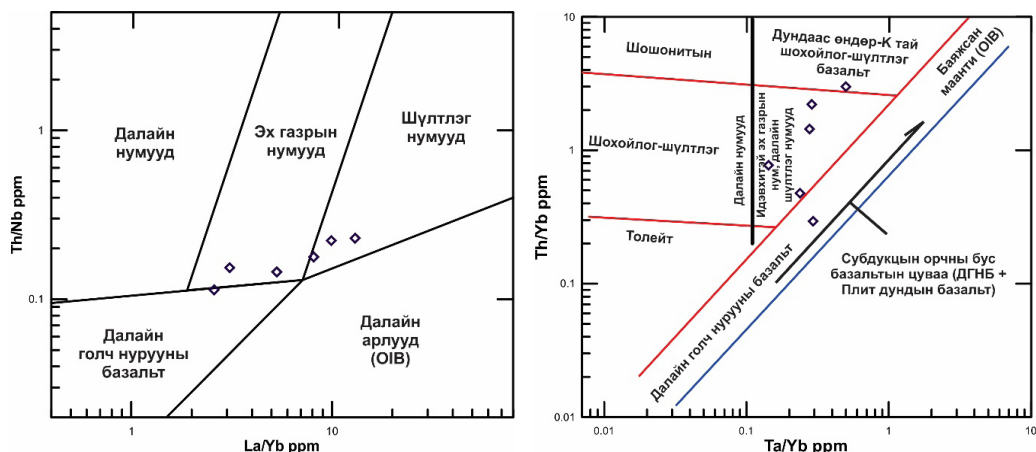
Мөн хүчиллэг, дундлаг, суурилаг найрлагатай вулканоген чулуулгууд нь ХөгХЭ-ээр баяжихын зэрэгцээ

Nb-гийн бага, харин Pb-ын өндөр агуулгатай байгаа зэрэг нь тэдгээрийг эх газрын царцдасын материалын бохирдлыг илтгэх бол Ti-аар шавхалдсан нь субдукцын бүсийн ойролцоо арлан нумын эсвэл эх газрын идэвхитэй 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 нарийвчлан тодорхойлох олон диаграмм байдгаас хамгийн тохиромжтойг сонгон авсан бөгөөд La/Yb-Th/Nb диаграмм дээр нийт суурилаг, дундлаг найрлагатай

вулканитууд нь эх газрын нумууд болон шүлтлэг нумуудын хэсэгт буусан бол $Ta/Yb-Th/Yb$ хамаарлын

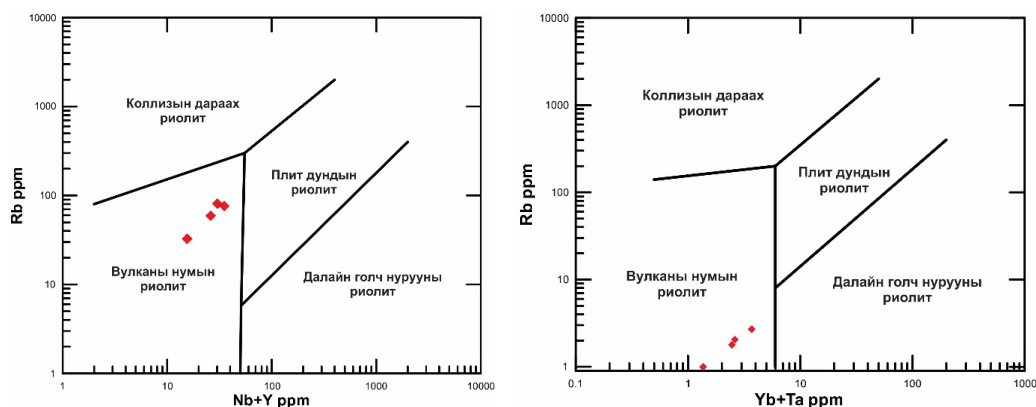
диаграмм дээр ч мөн адил ижил шинжийг харуулдаг (Зураг 9).



Зураг 9. Харганатын ам орчмын 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

вулканы нумын чулуулгийн хэсэгт буусан (Зураг 10).



Зураг 10. Харганатын ам орчмын 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 ± 2 с.ж ба 325 ± 1 с.ж байгаа нь Ханбогд массивын өмнөд талд Ундаан формацад ангилагдсан вулканоген зузаалгийг Ундаан формацаар бус харин Өмнөд говийн супертеррейний хэмжээнд өргөн тархалттай доод карбоны Сайншандхудаг формацын түвшинд ангилах нь зүйтэй болохыг харуулж байна.

5. Дүгнэлт

Петрографийн болон петрохимийн судалгааны үр дүнд вулканоген зузаалгууд нь шохойлог-шүтлэг эгнээний ихэвчлэн хүчтэй хувиралд орсон цул нягт текстуртай, порфир структуртай суурилагаас хүчиллэг хүртэлх найрлагатай тасралтгүй ялгарсан чулуулгуудаас тогтоно.

Уг формацын геохронологийн үр дүнгээр риолит (M17622-1) ба риодацитийн (M17622-13) талсжилтын нас нь 333 ± 2 с.ж ба 325 ± 1 с.ж байгаа нь үүнийг силүр бус харин доод карбоны сүүлч үе буюу серпуховын цаг үед үүссэн болохыг харуулна.

Вулканоген чулуулгуудын геохимийн үр дүнгээр ХөгХЭ-ээр илүү баяжсан байдаг бол Nb, Ti зэрэг элементүүдээр шавхагдсан байдаг. Мөн том ионтой литофиль элементүүдийг (Rb, Ba, Sr, K) ДГНБ-тай харьцуулвал илүү баяжсан зэрэг онцлог шинжийг авч үзвэл тэдгээрээр нь эх газрын идэвхитэй захын хэмжээнд нэгэн

маагмын эх үүсвэрээс бага гүнд хэсэгчилэн-талсжих процессийн дүнд үүсжээ.

Ашигласан хэвлэл

- 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, с.101-137.
- Туркина О. М., 2018. “Магмын ба метаморф үйл явцын геохими, лекци”, 135х
- Төмөртоогоо О., 2012, Монгол орны ороген мужуудын тектоник мужлалт. Хүрээлэнгийн эрдэм шинжилгээний бүтээл №21, х5-25.
- Hugh Rollinson R., Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation, 1992
- Hawkesworth C.J., Gallagher K., Hergt J.M and McDermott F. Mantle and slab contributions in arc magmas. Annual Review of Earth and Planetary Sciences. V.21. No. 1, pp 175-204
- Hollocher, K., Robinson, P., Walsh, E., and Roberts, D., 2012, Geochemistry of amphibolite-facies volcanics and gabbros of the Støren Nappe in extensions west and southwest of Trondheim, Western Gneiss Region, Norway: a key to correlations and paleotectonic settings. American Journal of Science, v. 312, p. 357-416.
- Irvine, T.N., and Baragar, W.R.A., 1971, A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks: Canadian Journal of Earth Sciences, v. 8, p. 523-548.
- Kirkland, C. L., Smithies, R. H., Taylor, R. J. M., Evans, N., & McDonald, B.

- (2015). Zircon Th/U ratios in magmatic environs. *Lithos*, 212-215, 397–414
- Koschek, G. (1993). Origin and significance of the SEM cathodoluminescence from zircon. *Journal of Microscopy*, 171(3), 223–232.
- Pearce, J.A., 1983, Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins: p. 230-249 in, Hawkesworth, C.J. and Norry, M.J., eds., *Continental Basalts and Mantle Xenoliths*, Shiva Publishing Ltd., Cambridge, Mass., 272 p.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W., and Tindle, A.G., 1984, Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks: *Journal of Petrology*, v. 25, p. 956-983.
- Pupin, J. P. (1980). Zircon and granite petrology. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 73(3), 207–220.
- 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. 42: 313-345.
- Winchester, J. A., and P. A. Floyd. “Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements.” *Chemical geology*” 20 (1977): 325-343.
- Yu Li, Wen-Liang Xu, Feng Wanga, Jie Tang, Fu-Ping Pei, Zi-Jin Wang., *Geochronology and geochemistry of late Paleozoic volcanic rocks on the western margin of the Songnen–Zhangguangcai Range Massif, NE China: Implications for the amalgamation history of the Xing’an and Songnen–Zhangguangcai Range massifs. “Lithos”* (2014). 394–410
- Амаржаргал нар, 2005-2007, “УГЗ-200 Өмнөд Монгол-II” төслөөр гүйцэтгэсэн 1:200,000-ны иж бүрдэл зураглал. 5861ф.
- Бүрэнхүү Э. нар, 1995. “Галбын говийн талбайд явуулсан геологийн цогцолбор судалгааны тайлан”, 4877ф.