

Орхон-Сэлэнгийн бүсийн галт уулсын морфологи, гарал үүслийн асуудалд

Э.Алтанболд¹, Б.Бат^{2*}, Х. Уламбадрах², Ц.Баатарчулуун², Б.Баянжаргал³,
Я.Гансүх⁴, Ц.Баасанбат², Д.Даваадорж¹

¹ МУИС, Шинжлэх Ухааны Сургууль, Газарзүйн тэнхим, Геопедологийн лаборатори

² МУИС, Шинжлэх Ухааны Сургууль, Геологи-Геофизикийн тэнхим,

³ ШУА, Газарзүй, Геоэкологийн хүрээлэн, Физик газарзүйн салбар,

⁴ ХААИС, Агроэкологийн Сургууль, Экологийн тэнхим

Abstract

One of the key concerns in Mongolia's geomorphological study has been introducing the topic of volcano morphological research, explaining it at a contemporary theoretical level, and then developing it of the knowledge of people. To summarize the results, the composition of garnet lherzolite in Togoo mountain origin basalt was at temperatures between 960-1000°C and pressures between 18-22 kbar. In the south-north direction, the flowing lava is 80 km in size, 25 km long, and 50 meters thick, with a geochemical composition of 45.1-48.5 percent SiO₂. The Orkhon-Selenge belt's volcanoes are thought to be late Miocene to Pleistocene in age, and they have a mantle plume source. The morphometric parameters of the Hamilton volcano in Australia and the parameters of the volcanoes under study showed a strong positive correlation (RI = 0.65), which was close to the morphometric parameters of Uranus, Togoo, Tulga, and Jalavch. These volcanoes have a morphology that is similar to that of lava cones. This research can serve as a model for determining the type of craters that are formed due to lava overflows with basic compositions distributed in Mongolia.

*Холбоо барих зохиогч: Б.Бат

И-мэйл: bat.b@num.edu.mn

Keywords: Morphological type, Cenozoic volcanoes, Uran, Togoo volcano

1. Оршил

Вулканизмын үйл ажиллагааны үр дүнд үүсдэг гадаргын хэлбэрийн тоонд вулканы кратер ордог (Hugget, 2011; Уламбадрах, 2014; Hanagan et al., 2020; Huggett and Shuttleworth, 2022; Ai et al., 2023). Монгол орны хэмжээнд унтарсан галт уулын кратер ойролцоогоор 400 орчим байгааг тогтоосон нь бий (Шагдар, 2007). Вулканы кратерын морфологи хэлбэрийн судалгаа Монголд цөөн хийгджээ. Төв Монгол дахь Хорго уулын кратер нь лаавын өргөгдөл (Enkhbold et al., 2020),

Дорнод Монголын Шилийн Богд уулын кратер лаавын конус (Алтанболд нар, 2019)-т хамаардаг. Төв Монголын аялал жуулчлалын түшиц газруудын нэг болох Уран, Тогоо уулын байгалийн дурсгалт газарт байгаа кратеруудын морфологи, хэлбэр, гарал үүслийн зүй тогтлыг геоморфологийн аргазүйд тулгуурлан тодорхойлоогүй байна.

Монгол орны хэмжээнд XX зууны дунд үеэс БНМАУ, ЗХУ (хуучнаар)-ын Геологийн хамтарсан судалгааны үр дүнд кайнозойн вулканизмын талаар судалгааны

материалуудыг хуримтлуулж эхэлснээс (Желубовский, 1945; Кепежинскас, 1979; Геншафт и др., 1980; Девяткин, 1981; 2004; Геншафт, Салтыковский, 2000) хойш олон орны судлаачид Монголын вулканизмын судалгааг тасралтгүй хийж өдийг хүрчээ (Windley, Allen, 1993; Stosch et al., 1995; Barry, 1999; Barry et al., 2003; Harris et al., 2010; Kudryashova et al., 2010; Hunt et al., 2012; Savatenkov et al., 2010; Sheldrick et al., 2018; Khukhuudei et al., 2024). Өмнөх судалгаануудын үр дүнг тоймлон харвал, кайнозойн вулканизм нь Монгол орны нутаг дэвсгэрийн 20%-ийг эзлэн тектоникийн янз бүрийн стрүктүрийг хучиж тогтсон (Девяткин, 1981; Бямба, 2009) ба магмын гарал үүсэл, мантийн ксенолит, геохими, тектоникийн хувьсал, базальтын изотопийн болон геохронологийн талаас судлаачид голлон анхаарч төв Азийн хэмжээнд Монгол орны вулканизмын гүйцэтгэх үүргийн талаас судлан иржээ.

Монгол орны нутаг дэвсгэрт кайнозойн вулканик чулуулгийн тархалтаар 17 бүсийг ялгажээ (Маринов и др., 1973; Бямба, 2009). Харин кайнозойн шүлтлэг базальтын тархалтад үндэслэн 7 бүс ангилсан байдаг (Кепежинскас, 1979).

Маринов (1973)-ын ангиллаар Орхон-Сэлэнгийн галт уулын бүс нь 1400-1700 м хүртэл өргөгдсөн хойноос урагш чиглэсэн лаавын тархалтын 3 талбай, галт уулын хэд хэдэн кратераас бүрддэг. Орхон-Сэлэнгийн галт уулын бүсэд хэд хэдэн судалгааны ажлууд хийгдсэн (Кепежинскас, 1979; Barry, Kent, 1998; Barry, 1999; Yarmolyuk et al., 2007; Harris et al., 2010; Hunt et al., 2012; Sheldrick et al., 2018; Ancuta et al., 2018). Эдгээр судалгаанууд нь магмын үүсвэр, тектоник

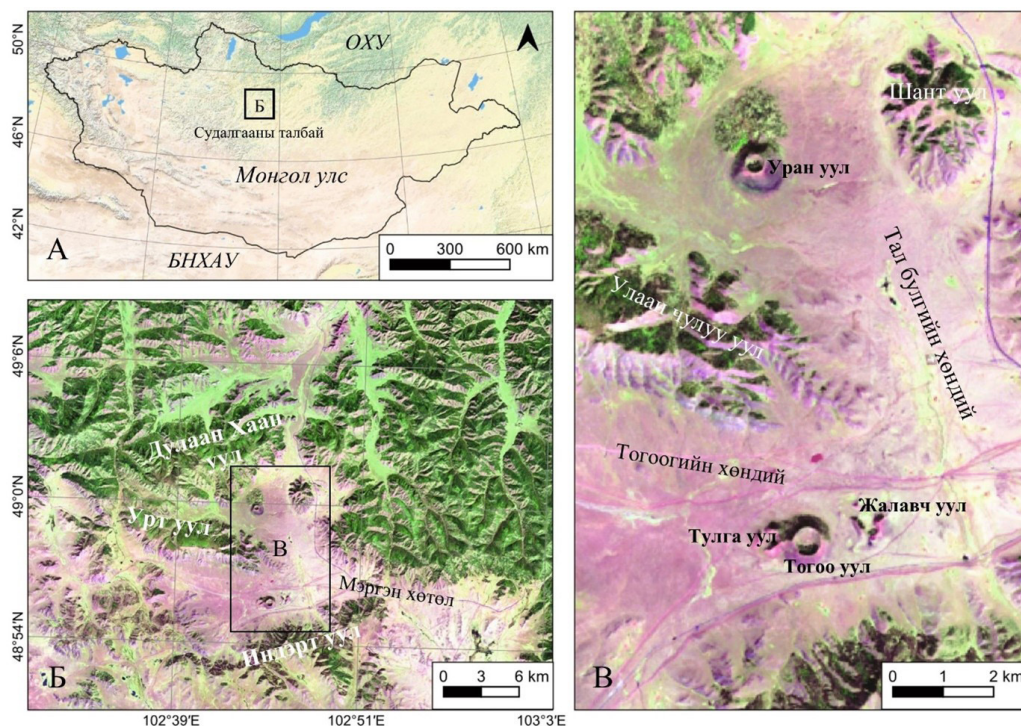
орчин, базальтын гарал үүсэл, мантийн ксенолит, геохимийн болон изотопын шинжилгээ, геохронологи, вулканы чулуулгийн давхаргазүйн онцлогийг тодорхойлсон байдаг. Харин Орхон-Сэлэнгийн галт уулын бүсэд орших кратеруудын морфологи хэлбэрийн талаар төдийлөн судлагдаагүй байгаа юм. Суурилаг найрлагатай лаавын бялхалттай холбоотойгоор лаавын бамбай, лаавын өргөгдөл, лаавын конус, лаавын толгой, лаавын тойрог зэрэг хэд хэдэн төрлийн морфологи хэлбэрүүд үүсдэгээс (Hugget, 2011; Уламбадрах, 2014; Huggett and Shuttleworth, 2022) Орхон-Сэлэнгийн бүсэд чухам аль төрөл нь байгааг тогтоох нь эхний гол зорилт учраас сонгон авч үзлээ.

Судалгааны талбай

Уран-Тогоо уулын байгалийн дурсгалт газар нь Улаанбаатар хотоос 340 орчим км зайд, Булган аймгийн Булган хотоос баруун тийш 80 км зайд, Хутаг-Өндөр сумын нутагт оршдог.

Уран уул (ХӨ 48° 59' 43", ЗУ 102° 44' 15") нь д.т.д 1686 метр өндөр, кратер дотроо 20 орчим диаметр бүхий 1-1.5 метр гүн нууртай. Тогоо уул (ХӨ 48° 55' 45", ЗУ 102° 44' 57") нь Уран уулаас урагш 12 км орчим зайд оршдог. Уг уулын өндөр д.т.д 1560 метр, Тулга уул (ХӨ 48° 55' 42", ЗУ 102° 44' 46") нь Уран уулын баруун талд д.т.д 1552 метр, Жалавч уул (ХӨ 48° 55' 51", ЗУ 102° 46' 16") нь Тогоо уулаас зүүн зүгт 1.2 км зайд д.т.д 1534 метрт оршдог. Уулс хооронд Залаа, Тал булаг, Тогоогийн хөндийд лаавын урсгал тархжээ.

Уран болон Тогоо, Тулга, Жалавч уулын хооронд Хөх Энгэр уул (д.т.д 1934 м), Урт уул (д.т.д 1922 м) болон Улаан Чулуу (д.т.д 1572 м) зэрэг атираат уулс түрж тогтсон. Эдгээр уулууд нь байгаль ландшафтын онцлог бүхий биологийн олон янз ургамал, амьтны зүйл



Зураг 1. Судалгааны талбайн газарзүйн байршил:

А. Орхон-Сэлэнгийн галт уулын бүс, Б. Уран-Тогоо уулын байгалийн дурсгалт газар,
В. Судалгаанд хамрагдаж буй галт уулсын кратерын байрлал.

тархсан учраас 1965 онд багахан хэмжээний газар нутгийг улсын тусгай хамгаалалтад авч байсан бол 1995 онд УИХ-ын 26 дугаар тогтоолоор 5800 га талбайг хамруулж байгалийн дурсгалт газар болгожээ (Шагдар, 2007).

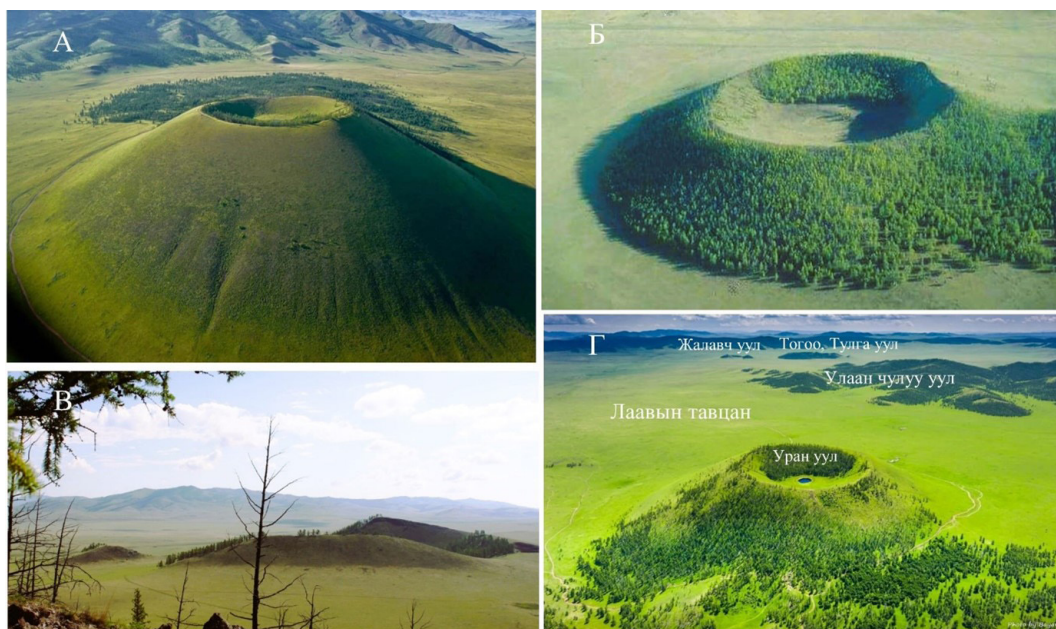
Үржил шимт хар хүрэн ба хар шороон хөрстэй учир хээрийн ба ойт хээр, уулт хээрийн бүсийн ургамал ургадаг (Tsogbadral, 2021). Галт уулын гаралтай хөрснөөс шалтгаалаад эмийн болон хүнсний ургамал нэлээд их ургадаг онцлогтой. Уран, Тогоо, Тулга, Жалавч уулын ар бэл болон тогооны дотор шинэсэн ой голлохоос гадна улиас, улиангар, хус ургадаг (Doljin and Yembuu, 2021).

Судалгааны материал, аргазүй

Судалгааны талбайн кайнозойн эриний галт уулсын талаар хийгдсэн өмнөх судалгааны материалын үр дүнд тулгуурлан задлан шинжилгээ хийж нэгтгэн дүгнэв.

Хиймэл дагуулын зургийн баталгаажуулалтад Landsat 8 OLI/TIRS хиймэл дагуулын 30 м орон зайн нарийвчлалтай зураг ашигласан бөгөөд АНУ-ын Үндэсний Геологийн Албаны нээлттэй эх сурвалжаас (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) татан авч боловсруулсан.

Судалгаанд ашигласан морфометрийн аргыг ашиглаж, хэмжилтийн үзүүлэлтүүдийг 'Google Earth Pro' сансрын зураг болон байрзүйн зураглалын материалд тулгуурлан тооцоолов.



Зураг 2. Судалгааны талбайн кратеруудын төрх ба ландшафтын хэв шинж:

А. Уран уул, Б. Тогоо уул, В. Жалавч уулын кратер, Г. Уран-Тогоо уулын байгалийн дурсгалт газрын ландшафтын хэв шинж. Гэрэл зургуудыг Б.Баяр, Б.Нархүү, З.Батзориг нарын нээлттэй материалаас эх үүсвэр болгон ашиглав.

Хээрийн судалгаагаар 2022 оны V сард морфометрийн хэмжилтээр баталгаажуулалт хийж судалгааны талбайн геофизикийн болон агаарын гэрэл зураглалын материалууд ашиглав (Хүснэгт 1).

Геофизикийн царцдасын зузааны зураглалыг газар хөдлөлтийн станцуудын долгионд тулгуурлан телесейсмик хүлээн авагчийн өгөгдлийн тооцоогоор “QGIS” програм хангамжийн “IDW (Inverse Distance Weighted)” аргаар интерполяци хийж зураглав.

Морфометрийн үзүүлэлтүүдийг ‘Google Earth Pro’ программ хангамжийн ‘Ruler’ цэсийн line, patch болон polygon командын тохиргоо, хээрийн хэмжилт, байрзүйн зургийн материалаас тооцсон.

Морфометрийн харьцуулсан шинжилгээнд орон зайн өгөгдлүүд нь тоон өгөгдлөөр илэрхийлэгдэх шаардлагатай байдаг (Ivanov and Rogazinskii, 1988). Тоон өгөгдлүүдийг хооронд нь харьцуулах байдлаар хоёрдогч дүн шинжилгээний үр дүнг гарган авах нь харьцуулсан морфометрийн шинжилгээний үндсэн зарчим юм (Kolb, 2012). Энэ судалгаанд галт уулын үүсэлтэй нь уялдуулан кратеруудын морфологийн хэлбэрийг тодорхойлохдоо судалгааны онолын үр дүнгүүдтэй (Huggett, 2011; Уламбадрах, 2014; Алтанболд нар, 2019; Hanagan et al., 2020; Enkhbold et al., 2020; Huggett and Shuttleworth, 2022; Ai et al., 2023) морфометрийн харьцуулалт хийж тогтоосон.

Хүснэгт 1. Судалгааны талбайн морфометрийн үзүүлэлт

№	Морфометрийн үзүүлэлт	Хэмжих нэгж	Хэмжилтийн утга
Уран уул			
1	Д.т.дээших өндөр	м	1686
2	Харьцангуй өндөр	м	217
3	Кратерын диаметр	м	390
4	Кратерын гүн	м	43
5	Кратерын налуу	градус	55
6	Кратерын амсрын талбай	мІ	110.7
7	Кратерын амсрын урт	м	1181.8
8	Кратерын суурийн талбай	мІ	1514.6
9	Кратерын суурийн урт	м	4371
Тогоо уул			
1	Д.т.дээших өндөр	м	1560
2	Харьцангуй өндөр	м	107
3	Кратерын диаметр	м	568
4	Кратерын гүн	м	58
5	Кратерын налуу	градус	41
6	Кратерын амсрын талбай	мІ	237.2
7	Кратерын амсрын урт	м	1729.7
8	Кратерын суурийн талбай	мІ	1275.7
9	Кратерын суурийн урт	м	4011.4
Тулга уул			
1	Д.т.дээших өндөр	м	1552
2	Харьцангуй өндөр	м	102
3	Кратерын диаметр	м	376
4	Кратерын гүн	м	45
5	Кратерын налуу	градус	39
6	Кратерын амсрын талбай	мІ	120.2
7	Кратерын амсрын урт	м	1231.3
8	Кратерын суурийн талбай	мІ	416.6
9	Кратерын суурийн урт	м	2292.4
Жалавч уул			
1	Д.т.дээших өндөр	м	1534
2	Харьцангуй өндөр	м	70
3	Кратерын диаметр	м	441.7
4	Кратерын гүн	м	63
5	Кратерын налуу	градус	45
6	Кратерын амсрын талбай	мІ	206.3
7	Кратерын амсрын урт	м	1613.6
8	Кратерын суурийн талбай	мІ	663.5
9	Кратерын суурийн урт	м	2893.1

Судалгааны үр дүн ба хэлэлцүүлэг

Галт уулсын морфологи ба морфометрийн харьцуулалт:

Суурилаг найрлагатай лаавын бялхалттай холбоотойгоор лаавын бамбай, лаавын өргөгдөл, лаавын конус, лаавын толгой, лаавын тойрог зэрэг хэд хэдэн төрлийн морфологи хэлбэрүүд үүсдэг (Huggett, 2011; Уламбадрах, 2014; Huggett and Shuttleworth, 2022). Лаавын бамбай нь суурилаг лаав ан цаваар аажим бялхаж томоохон талбайг хамарсан тавцанг үүсгэхийг хэлнэ. Ямар нэгэн конус хэлбэрийн өрх тогоо үүсгэхгүй онцлогтой (Зураг 3А). Жишээ нь Хавайн халуун цэгийн нөлөөгөөр Номхон далайн ёроолоос бараг 9 км дээш өргөгдсөн

Мауна Лоа галт уулын бамбай юм (Huggett, Shuttleworth, 2022). Лаавын өргөгдөл нь лаавын бамбайгаас талбайгаараа бага хагарлын дагуу хүчтэй оргилж бялхаж кратер үүсгэх (ЗБ) бөгөөд жишээ нь Хавайн Мауна Кеа юм (Уламбадрах, 2014; Huggett, Shuttleworth, 2022). Лаавын конус нь лаавын өргөгдлөөс морфометрийн үзүүлэлтээр 2-3 дахин жижиг хэмжээтэй, конус маягийн хэлбэр бүхий кратер үүсгэдэг (ЗВ). Австралийн Викториа мужид орших Хамилтон уул нь лаавын конус хэлбэрийн жишээ юм (Huggett, 2011; Huggett, Shuttleworth, 2022). Харин лаавын толгойд тогоо гэх зүйл байдаггүй (ЗГ), кратер үүсгэдэггүй, бөмбөгөр маягийн морфологи үүсгэдэг

А. Лаавын бамбай



Б. Лаавын өргөгдөл



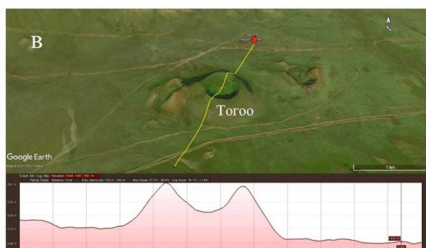
В. Лаавын конус



Д. Лаавын толгой



Е. Лаавын тойрог

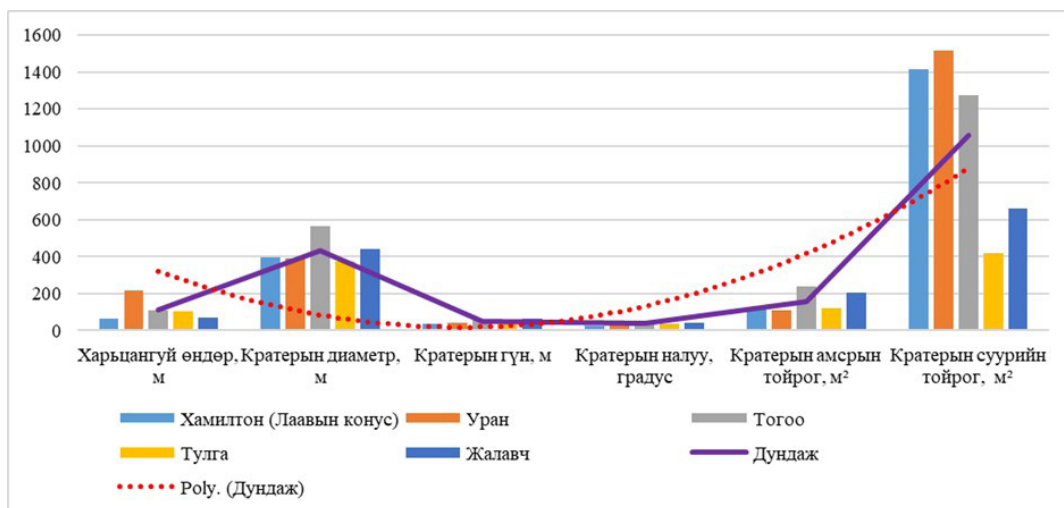


Зураг 3. Кратерын морфологи хэлбэрийн ангилал ба гипсометрийн зүсэлтээр илэрхийлэгдсэн кратеруудын морфологи

онцлогтой (Уламбадрах, 2014). Лаавын тойрог нь суурилаг лаавын урсамтгай шинж чанартай холбоотойгоор үүссэн кратерын бус морфологи үүсгэдэг (3E). Австралийн Виктория мужид тархсан галт уулсад лаавын тойрог бүхий морфологи хамгийн тод илэрдэг (Huggett, Shuttleworth, 2022).

Судалгаанд хамрагдаж буй Уран, Тогоо, Тулга, Жалавч уулын кратерууд нь лаавын бамбай, лаавын толгой, тойрог хэлбэрт хамаарагдахгүй нь морфометрийн болон морфологи хэлбэрээрээ батлагдаж байна. Харин лаавын өргөгдөл эсвэл лаавын конус хэлбэрийн аль нь болохыг харьцуулсан шинжилгээний аргад тулгуурлан тодорхойлов. Эндээс лаавын өргөгдлийн жишээ болох Мауна Кеа галт уулын кратерын диаметр 405 м, гүн 156 м, налуу 64°, рельефийн энерги 510 м, кратерын амсрын талбай 131 мI, галт уулын суурийн талбай 2869 мI байв. Эндээс Мауна Кеа галт уултай морфометийн харьцуулалт хийж үзэхэд $RI = 0.47$ буюу дундаж эерэг хамааралтай байв.

Харин лаавын конусын жишээ болох Хамилтон галт уулын кратерын диаметр 399 м, гүн 35 м, налуу 27°, рельефийн энерги 66 м, кратерын амсрын талбай 123.5 мI, галт уулын суурийн талбай 1415.2 мI байв. Судалгаанд хамрагдаж буй кратеруудыг морфометрийн үзүүлэлтүүд нь тулгуурлан жишээ галт уулстай харьцуулалт хийв (Зураг 4). Морфометрийн харьцуулалтыг галт уулын кратерын диаметр, гүн, рельефийн энерги (харьцангуй өндрийн зөрүү), кратерын амсрын ба суурийн талбайг тооцон гаргаж (Хүснэгт 1) полином чиг хандлагын шинжилгээ хийв. Полином чиг хандлага нь өгөгдлүүд хэлбэлзэлтэй үед ашиглахад илүү тохиромжтой бөгөөд өгөгдлийн хандлагын зүй тогтлыг тодорхойлоход чиглэдэг (Hargreaves and McWilliams, 2010). Хамилтон галт уулын морфометрийн үзүүлэлтийг судалгаанд хамрагдсан галт уулсын үзүүлэлттэй харьцуулав (Зураг 4).



Зураг 4. Лаавын конусын жишээ Хамилтон галт уулын морфологитой харьцуулалт

Хамилтон галт уулын морфометрийн үзүүлэлтийг судалгаанд хамрагдсан галт уулсын үзүүлэлттэй

харьцуулж үзэхэд хамаарал $RI = 0.65$ буюу хүчтэй эерэг хамааралтай байв. Эндээс

нэгтгэн үзэхэд Уран, Тогоо, Тулга, Жалавч зэрэг галт уулсын морфометрийн үзүүлэлтүүд нь хоорондоо ойролцоо байсан. Энэ морфометрийн үзүүлэлтүүдээс 6 суурь үзүүлэлтийг сонгон авч жишээ галт уулын морфологитой харьцуулалт хийхэд Уран, Тогоо, Тулга, Жалавч лаавын конус гэх хэлбэрт хамаарагдаж байв.

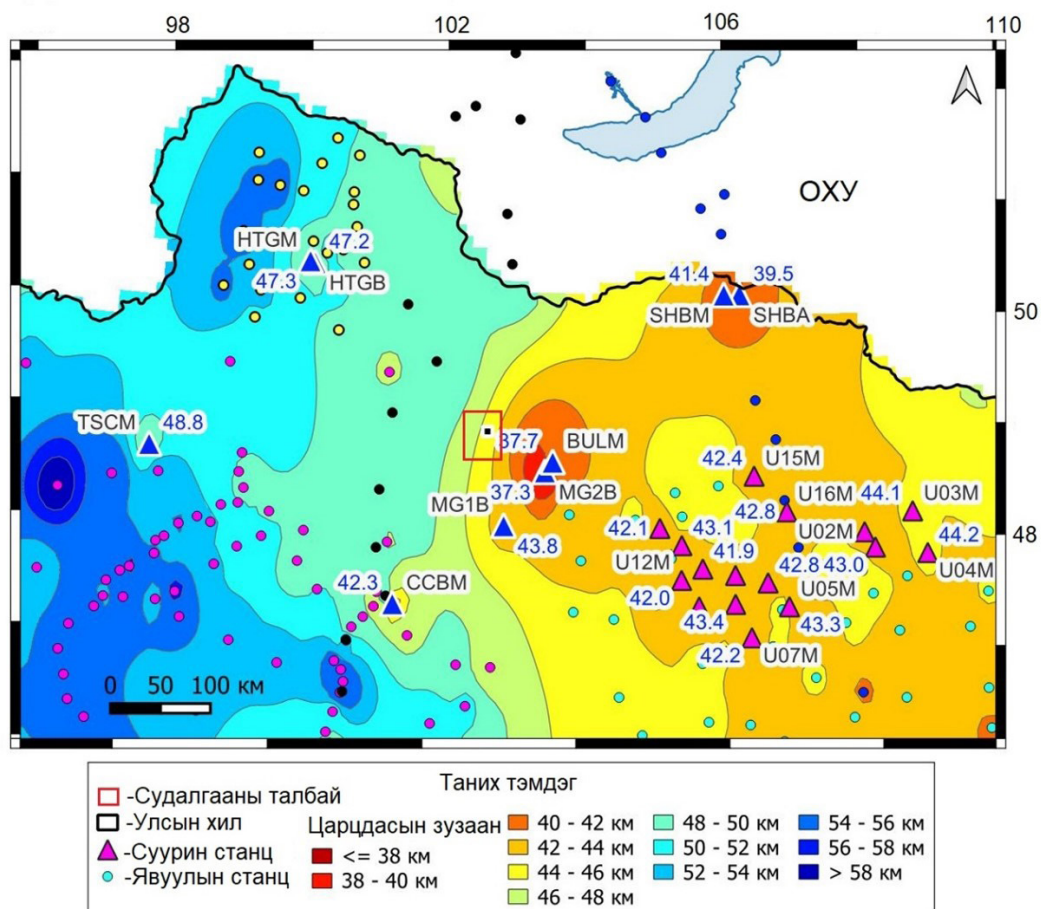
Магмын гарал цүцэл ба геохими, геохронологийн тойм ба гарал цүцлийн бичлэг: Windley and Allen (1993) төв Монголын галт уулсын магмын эх үүсвэрийг мантийн плюм ба эх газрын литосферийн харилцан тектоник үйлчлэлийн үр дагавар гэж үзсэн байдаг. Төв Азид мантийн плюмын нөлөө царцдаст илрэх гол илэрхийлэл нь кайнозойн магматизм юм (Кепежинскас, 1979; Yarmolyuk et al., 1991; Windley and Allen, 1993; Stosch et al., 1995; Генштафт и Салтыковский, 2000; Barry et al., 2003; Yarmolyuk et al., 2007; Harris et al., 2010; Hunt et al., 2012). Монголын кайнозойн галт уулын үүсэл нь ойролцоогоор 1000 км орчим диаметртэй, хэдэн зуун километр гүнтэй магмын плюмээс үүсэлтэй болохыг тодорхойлжээ (Richards et al., 1989; Windley and Allen, 1993; Campbell, 2007; Xiang et al., 2021). Плюмын өгсөх урсгал нь мантийн чулуулгийн даралтаас хамааралтай хайлах температураас давж, хэсэгчлэн хайлж, өргөн тархсан магматизмд хүргэдэг байна (Koppers et al., 2021). Энэхүү плюмын өгсөх урсгалын үр дүнд төв Монголын Хангайн нуруут тойрсон Орхон-Сэлэнгийн галт уулсын бүсийн магмын эх үүсвэр болжээ (Khukhuudei et al., 2024).

Орхон-Сэлэнгийн бүсийн галт уулсын базальтын геохимийн өгөгдлөөс үзэхэд магмын голомт нь 70-120 километрийн гүнд шпинель лерцолит, гранат перидотитын эх үүсвэрийн хэсэгчилсэн хайлалт болон хэсэгчилсэн

талстжилтын үр дүнд үүссэн болохыг тодорхойлсон, магмын геохимийн найрлага нь далайн арлын базальтын найрлагатай төстэй (Barry et al., 2003; Yarmolyuk et al., 2007; Savatenkov et al., 2010; Meng et al., 2018; Sheldrick et al., 2020).

Тогоо уулын дээжинд хийсэн базальтын найрлагад цахиурын ислийн хэмжээ (SiO_2) 45.1-48.5% байсан (Barry et al., 2003; Hunt et al., 2012) нь суурилаг найрлагатай урсамттай шинж чанартай лаав бялхаж энэ бүсэд 80 гаруй кмI талбайтай, урдаас хойд чигт чиглэсэн 50 орчим метр зузаан, 25 орчим км урттай Уньтын лаавын тавцанг үүсгэсэн байдаг (Yarmolyuk et al., 2007). Тогоо уулын гранат лерцолитын найрлагад хийсэн шинжилгээгээр 18-22 кбар даралттай, 960-1000°C температуртай нөхцөлд үүссэн (Harris et al., 2010) болохыг нотолсон. Мантийн кселонитийн судалгаагаар магмын эх үүсвэр 60-70 км-ийн гүнд 1200-1300°C халуунтай байсан (Harris et al., 2010) болохыг тодорхойлсон байна.

Энэ бүсэд царцдасын зузааныг газар хөдлөлтийн станцуудын долгионд тулгуурлан телесе́ймик хүлээн авагчийн өгөгдлийн тооцоогоор Монгол орны төв хэсэгт царцдасын зузаан 45 км, Орхон-Сэлэнгийн бүсийн зүүн тийш 30 орчим км зайд царцдас 38 км нимгэн байгаа нь Төв Азийн хэмжээнд хамгийн нимгэрсэн царцдасын хэсэг болж байгаа юм (Tsagaan et al., 2024). Уран болон Тогоо уул орчимд хамгийн ойрхон царцдасын зузааны хэмжилт бүхий цэг нь BULM станц юм. Интерполяцийн зургаас үзэхэд Урантогоо уулын доор царцдасын зузаан 44-46 км гэсэн интервалд байна (Зураг 5).



Зураг 5. Төв Монголын царцдасын зузааны тархалт (Tsagaan et al., 2024).

Царцдас давхарга энэ бүс орчимд нимгэн байгаа нь мантийн плюмын өгсөх урсгал газрын гадаргад суурилаг найрлагатай кратерын морфологи хэлбэр үүсгэхэд шууд нөлөөлсөн байж болох юм.

Орхон-Сэлэнгийн бүсийн галт уулын вулканоген чулуулаг нь калийн шүлтлэг базальтын бүлэгт багтдаг (Кепежинскас, 1979). Монгол орны төв хэсэгт тархсан шүлтлэг базальтын нас 30 саяаас 7 мянган жилийн өмнөх хугацааг хамардаг онцлогтой (Barry et al., 2003; Chuvashova et al., 2007; Harris et al., 2010; Hunt et al., 2012; Kim et al., 2024).

Орхон-Сэлэнгийн галт уулын бүс нь бамбай галт уулын бялхалтаар хэд хэдэн удаа дэлбэрэлтүүд үе шаттайгаар болж, янз бүрийн гипсометрийн өндрийн түвшинтэй лаавын дэнжүүдийг үүсгэсэн байдаг (Yarmolyuk et al., 2007). Энэ бүсийн галт уулын чулуулагт K-Ar аргаар тогтоосон нас өмнөд хэсэгтээ 16-14 с.ж настай бол харин энэ бүсийн хойд хэсгийн Тогоо, Уран уул орчимд базальтын нас харьцангуй залуу буюу <6 с.ж хүртэлх хугацааг хамардаг (Yarmolyuk et al., 2007). Харин Харрис (2010) нарын судалгаагаар плейстоцены настай буюу 2 с.ж хүртэлх хугацаанд идэвхэжсэн (Harris et al., 2010;

Hunt et al., 2012) гэж үзжээ. Судалгааны үр дүнгүүдийг нэгтгэж үзвэл Орхон-Сэлэнгийн бүсэд орших галт уулс нь мантийн плюмын эх үүсвэртэй, суурилаг найрлагатай, хожуу миоценоос плейстоцены настай болох нь

тогтоогдож байна. Орхон-Сэлэнгийн бүсийн галт уулсын гарал үүслийн бүдүүвчийг дараах байдлаар боловсруулав (Зураг 6).



Зураг 6. Орхон-Сэлэнгийн бүсийн галт уулсын гарал үүслийн бүдүүвч

Дүгнэлт

Монгол орны төв хэсэгт орших Орхон-Сэлэнгийн галт уулын бүсэд байрлах кратерын морфологи хэлбэрээ хадгалж үлдсэн 4 галт уулын морфологийн ангилалыг хийхэд Уран, Тогоо, Тулга, Жалавч уулууд лаавын конус гэх хэлбэрт хамаарагдаж байгааг тогтоолоо.

Энэхүү плюмын өгсөх урсгалын үр дүнд төв Монголын Хангайн нурууг тойрсон Орхон-Сэлэнгийн галт уулсын бүсийн магмын эх үүсвэр болжээ. Суурилаг найрлагатай лаав, хожуу миоценоос плейстоцены үед идэвхэжсэн бөгөөд Уран, Тогоо, Тулга, Жалавч галт уулс нь харьцангуй залуу буюу плейстоцены настай тул морфологи хэлбэрээ сайн хадгалж үлдсэн байна. Геохимийн найрлагаар SiO₂ хэмжээ 45.1-48.5 хувьтай тул суурилаг найрлагатай, урсамттай лаав 80 км² талбайтай, урдаас хойд

чиглэлд 25 км урт, 50 метр зузаантай лаавын тавцан үүсгэсэн.

Цаашид Монгол орны хэмжээнд хадгалагдан үлдсэн 400 гаруй галт уулын кратеруудын морфологи хэлбэрийн ангилалыг геоморфологийн уялдаат аргазүйд тулгуурлан тодорхойлох шаардлагатай юм.

Талархал

Энэхүү судалгааг ШУТС-ийн 2024-2026 онд хэрэгжүүлэх “Монгол орны нуурын геоморфологийн шинэ мужлал” сэдэвт суурь судалгааны төслийн хүрээнд гүйцэтгэв.

Ашигласан хэвлэлийн жагсаалт

Алтанболд, Э., Уламбадрах, Х., Бямбабаяр, Г., & Санчир, Д., 2019. Дарьгангын лаавын тавцан дахь Шилийн Богд галт уулын геоморфологийн

- хэлбэр. *Geographical Issues*, 19(2), 4-21.
- Алтанболд, Э., Уламбадрах, Х., 2022. Монгол орны нуурын хотгорын гарал үүсэл, Морфологи. Улаанбаатар, МУИС Пресс
- Бямба, Ж., 2009. Интрузив чулуулаг, Монголын геологи ба ашигт малтмал. III боть, Улаанбаатар хот, Соёмбо принтинг
- Генштафт, Ю. С., & Салтыковский, А. Я., 2000. Кайнозойский вулканизм Монголии. Российский журнал наук о Земле, 2(2), ис. 267-309.
- Девяткин, Е. В., 1981. Кайнозой Внутренней Азии: (стратиграфия, геохронология, корреляция). Наука.
- Девяткин, Е. В., 2004. Геохронология кайнозойских базальтов Монголии и их связь со структурами новейшего этапа. Стратиграфия. Геологическая корреляция, 12(2), 102-114
- Желубовский, Ю.С., 1945. Четвертичные вулканы Монголии. Очерки физической географии Монголии эмхтгэл. с. 70-74
- Кепежинскас, В. В., 1979. Кайнозойские щелочные базальтоиды монголий и их глубинные включения. Москва, ис. 48-146.
- Маринов, Н. А. (Ed.), 1973. Геология Монгольской народной республики. Недра.
- Уламбадрах, Х., 2014. Ерөнхий геоморфологи, Улаанбаатар, х. 40-54.
- Шагдар, Ш., 2007. Монголын газарзүйн нэрийн толь бичиг, Улаанбаатар хот, Стартлайн хэвлэх үйлдвэр
- Ai, L., Walter, T. R., Aguilera, F., Layana, S., Mania, R., Kujawa, C., ... & Inostroza, M., 2023. Crater morphology, nested ring structures, and temperature anomalies studied by unoccupied aircraft system data at Lascar volcano, northern Chile. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 439, 107840.
- Ancuta, L. D., Zeitler, P. K., Idleman, B. D., & Jordan, B. T., 2018. Whole-rock $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology, geochemistry, and stratigraphy of intraplate Cenozoic volcanic rocks, central Mongolia. *Bulletin*, 130(7-8), 1397-1408.
- Barry, T. L., & Kent, R. W., 1998. Cenozoic magmatism in Mongolia and the origin of central and east Asian basalts. *Mantle dynamics and plate interactions in East Asia*, 27, 347-364.
- Barry, T.L., 1999. Origins of Cenozoic basalts in Mongolia: a chemical and isotope study. University of Leicester (United Kingdom).
- Barry, T.L., Saunders, A.D., Kempton, P.D., Windley, B.F., Pringle, M.S., Dorjnamjaa, D. and Saandar, S., 2003. Petrogenesis of Cenozoic basalts from Mongolia: evidence for the role of asthenospheric versus metasomatized lithospheric mantle sources. *Journal of Petrology*, 44(1), pp.55-91.
- Campbell, I. H., 2007. Testing the plume theory. *Chemical Geology*, 241(3-4), 153-176.
- Chuvashova, I. S., Rasskazov, S. V., Yasnygina, T. A., Saranina, E. V., & Fefelov, N. N., 2007. Holocene volcanism in central Mongolia and northeast China: asynchronous decompressional and fluid melting of the mantle. *Journal of Volcanology and Seismology*, 1(6), 372-396.
- Doljin, D., & Yembuu, B., 2021. Division of the physiographic and natural regions in Mongolia. In *The Physical Geography of Mongolia* (pp. 177-193). Cham: Springer International Publishing.
- Enkhbold, A., Khukhuudei, U., Dorjgochoo, S., & Ganbold, B., 2020. Morphology of Khorgo Volcano Crater in the Khangai Mountains in Central Mongolia. *Proceedings of the Mongolian Academy of Sciences*, 19-35.
- Hanagan, C., La Femina, P. C., & Rodgers, M., 2020. Changes in crater morphology associated with volcanic activity at Telica volcano, Nicaragua. *Geochimistry, Geophysics, Geosystems*, 21(7), e2019GC008889.
- Hargreaves, B. R., & McWilliams, T. P., 2010. Polynomial trendline function flaws in Microsoft Excel. *Computational Statistics & Data Analysis*, 54(4), 1190-1196.
- Harris, N., Hunt, A., Parkinson, I., Tindle, A., Yondon, M. and Hammond, S., 2010. Tectonic implications of garnet-bearing mantle xenoliths exhumed by Quaternary magmatism in the Hangay dome, central Mongolia. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 160, pp.67-81.
- Huggett, R., 2011. *Fundamentals of geomorphology*. 4th edition, Routledge.
- Huggett, R., & Shuttleworth, E., 2022. *Fundamentals of*

- geomorphology. 5th Edition, Routledge.
- Hunt, A. C., Parkinson, I. J., Harris, N. B. W., Barry, T. L., Rogers, N. W., & Yondon, M., 2012. Cenozoic volcanism on the Hangai Dome, Central Mongolia: geochemical evidence for changing melt sources and implications for mechanisms of melting. *Journal of Petrology*, 53(9), 1913-1942.
- Khukhuudei, U., Kusky, T., Windley, B. F., Otgonbayar, O., Wang, L., Nie, J., ... & Song, X., 2024. Cenozoic intracontinental tectonics of Mongolia and its climate effects: A synthesized review. *Earth-Science Reviews*, 104934.
- Kim, T., Seong, Y. B., Sarıkaya, M. A., Jeon, Y., Enkhbold, A., Khukhuudei, U., & Binnie, S. A., 2024. Geochronological (³⁶Cl and OSL) and geomorphic insights into the formation of Terkhiin Tsagaan Lake and Khorgo Volcano in Central Mongolia: Unravelling a pre-Holocene paleolake. *Geomorphology*, 456, 109214.
- Kolb, S. M., 2012. Grounded theory and the constant comparative method: Valid research strategies for educators. *Journal of emerging trends in educational research and policy studies*, 3(1), 83-86.
- Kudryashova, E. A., Yarmolyuk, V. V., Kozlovsky, A. M. and Savatenkov, V. M., 2010. Magmatic zoning of Late Cenozoic volcanism in Central Mongolia: Relation with the mantle plume. In *Doklady Earth Sciences* (Vol. 432, pp. 565-569). SP MAIK Nauka/Interperiodica.
- Meng, F. C., Safonova, I., Chen, S. S., & Rioual, P., 2018. Late Cenozoic intra-plate basalts of the Greater Khingan Range in NE China and Khangai Province in Central Mongolia. *Gondwana Research*, 63, 65-84.
- Richards, M. A., Duncan, R. A., & Courtillot, V. E., 1989. Flood basalts and hot-spot tracks: plume heads and tails. *Science*, 246(4926), 103-107.
- Savatenkov, V. M., Yarmolyuk, V. V., Kudryashova, E. A., & Kozlovskii, A. M., 2010. Sources and geodynamics of the Late Cenozoic volcanism of Central Mongolia: evidence from isotope-geochemical studies. *Petrology*, 18, 278-307.
- Sheldrick, T. C., Hahn, G., Ducea, M. N., Stoica, A. M., Constenius, K., & Heizler, M., 2020. Peridotite versus pyroxenite input in Mongolian Mesozoic-Cenozoic lavas, and dykes. *Lithos*, 376, 105747.
- Sheldrick, T. C., Barry, T. L., Van Hinsbergen, D. J. and Kempton, P. D., 2018. Constraining lithospheric removal and asthenospheric input to melts in Central Asia: A geochemical study of Triassic to Cretaceous magmatic rocks in the Gobi Altai (Mongolia). *Lithos*, 296, pp. 297-315.
- Stosch, H. G., Ionov, D. A., Puchtel, I. S., Galer, S. J. G. and Sharpouri, A., 1995. Lower crustal xenoliths from Mongolia and their bearing on the nature of the deep crust beneath central Asia. *Lithos*, 36(3-4), pp. 227-242.
- Tsagaan, B., Chimed, O., Tsermaa, B., & Khukhuudei, Y., 2024. The Crustal Thickness and V_p/V_s Ratio in Mongolia. *Geodynamics & Tectonophysics*, 15(4), 0771.
- Tsogbadral, K., 2021. Biogeographical Characteristics of Mongolia. In *The Physical Geography of Mongolia* (pp. 161-176). Cham: Springer International Publishing.
- Windley, B. F. and Allen, M. B., 1993. Mongolian plateau: Evidence for a late Cenozoic mantle plume under central Asia. *Geology*, 21(4), pp. 295-298.
- Xiang, G., Wang, Z., & Kusky, T. M., 2021. Density and viscosity changes between depleted and primordial mantle at 1000 km depth influence plume upwelling behavior. *Earth and Planetary Science Letters*, 576, 117213.
- Yarmolyuk, V. V., Kovalenko, V. I., & Samoilov, V. S., 1991. Tectonic setting of late Cenozoic volcanism of Central Asia. *Geotectonics*, 25(1), 53-63.
- Yarmolyuk, V. V., Kudryashova, E. A., Kozlovsky, A. M., Lebedev, V. A., & Savatenkov, V. M., 2007. Late Cenozoic volcanism at the northeastern flank of the South Khangai volcanic region (Central Mongolia): Geochronology and formation conditions. In *Doklady Earth Sciences* (Vol. 417, No. 9, p. 1320). Springer Nature BV.