

ЭХ ӨГҮҮЛЭЛ

ДОРНОД МОНГОЛЫН ХОЖУУ-МЕЗОЗОЙН ГАЛТ УУЛЫН ЧУЛУУЛГИЙН ГАРАЛ ҮҮСЭЛ БОЛОН ТЕКТНИКИЙН НӨХЦӨЛ

Б.Амаржаргал^{1,3} | Laicheng Miao^{1,2} | Zhang Fochin^{1,2} | Б.Мөнхцэнгэл⁴
А.Чимэдцэрэн⁴ | Т.Хасмарал^{1,3} |

1. Ашигт Малтмалын лаборатори, Геологи-Геофизикийн хүрээлэн, Хятадын Шинжлэх Ухааны Академи, Бээжин 100029, Хятад.
2. Дэлхийн Шинжлэх ухааны хүрээлэн, Хятадын Шинжлэх Ухааны Академи, Бээжин 100029, Хятад.
3. Хятадын Шинжлэх Ухааны Академийн их сургууль, Бээжин 100049, Хятад.
4. Геологи-Уул уурхайн сургууль, Шинжлэх Ухаан Технологийн их сургууль, Улаанбаатар 14191, Монгол

Хураангуй	
Хүлээн авсан: 2017.05.08	Энэхүү өгүүлэлд зүүн Монголын хожуу мезозойн галт уулын чулуулагт хийсэн геохронологийн болон геохимийн шинэ үр дүнг танилцуулж байна. Эдгээр хожуу мезозойн галт уулын чулуулаг өндөр-кали шохойлог-шүлтлэг болон шошонитын төрлийн бимодаль чулуулаг. Суурилаг чулуулаг дахь үл нийцлэг сарнимал элемент (Nb, Ta болон Ti) сөрөг аномальтай, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$ болон $\epsilon_{\text{Nd}(t)}$ утга 0.70502–0.70572; –1.72459–өөс +1.720736 байгаа нь суурилаг магм субдукцтэй холбоотой флюид уусмалаар метасоматигжсан, эх газрын царцдасын дээд хэсгээр бохирдсон, шавхагдсан литосферын мааньтын фракжчилтын талсжилтаар үүссэнг харуулж байна. Харин хүчиллэг чулуулгийн хувьд ГХЭ нь суурилаг чулуулгийнхтай ойролцоо, гэхдээ Eu болон Sr аномаль илүү сөрөг утгыг харуулж байна. Мөн $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$ агуулга 0.706496–0.71104 буюу суурилаг чулуулгийнхаас өндөр байхад $\epsilon_{\text{Nd}(t)}$ утга суурилаг чулуулгийнхтай төстэй буюу –0.28003-аас +2.928506 байна. Эдгээрээс дүгнэхэд, хүчиллэг чулуулаг нь суурилаг найрлагатай чулуулаг давамгайлсан залуу царцдасын эх үүсвэрийн хэсэгчилсэн хайлалтаас үүссэн байна. Бидний K-Ar үнэмлэхүй насны үр дүнг, өмнөх судалгааны үр дүнтэй хамтатган үзвэл зүүн Монголын хожуу мезозойн вулканоген чулуулаг хожуу юра-түрүү цэрдийн цаг үед, 99-155 с.ж хооронд үүссэн, баруунаас зүүн тийш шилжсэн зүй тогтолыг харуулж байна. Зүүн Монгол болон ЗХ Хятадын хожуу мезозойн галт уулын чулуулгийн геодинамик нөхцөлийг (Палео) Номхон далайн субдукцийн (баруун тийш) хавтангийн ухралтын улмаас нумын арын тэлэлтийн бүсэд үүссэн гэж тайлбарлаж болох юм.
Хянагдсан: 2017.09.20	
Зөвшөөрөгдсөн: 2017.10.17	
Түлхүүр үг: Дорнод Монгол, хожуу-мезозойн галт уулын чулуулаг, Монгол-Агнуурын сүтүр, Эртний Номхон далайн субдуки	
Харилцах зохиогч: Laicheng Miao Ашигт Малтмалын лаборатори, Геологи-Геофизикийн хүрээлэн, Хятадын Шинжлэх Ухааны Академи, Бээжин 100029, Хятад. Имэйл: miaolc@mail.igcas.ac.cn	

ОРШИЛ

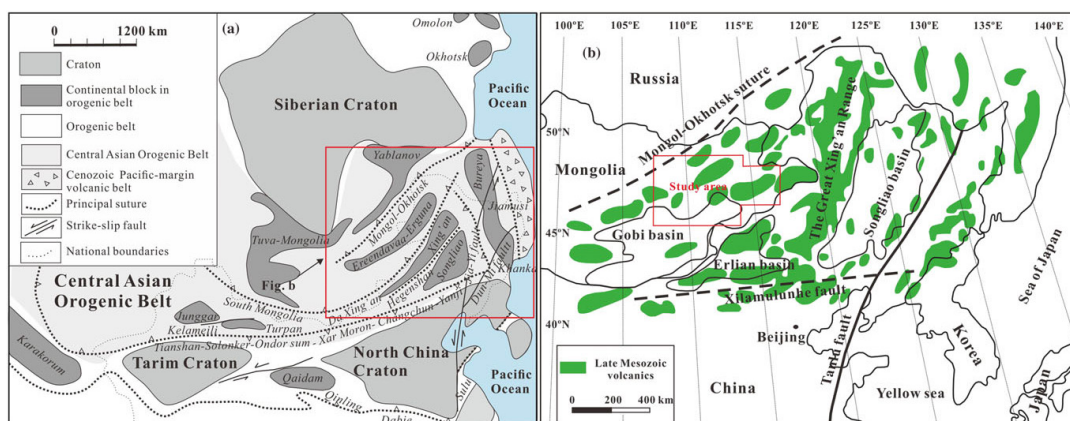
Хожуу-мезозойн галт уулын чулуулаг нь Ази тивийн зүүн хойд хэсэгт ихэвчлэн Төв Азийн Ороген Бүсийн

(ТАОБ) зүүн хэсгээр Оросын Алс дорнод, Хятадын зүүн хойд хэсэгт, Их Хянганы нуруу болон Дорнод Монгол зэрэг газар нутгуудаар тархсан байдаг (зур.1). Оросын Алс дорнодод орших

Ишлэлийг Amarjargal, B., et al., 2018. "Petrogenesis and tectonic implication of the Late Mesozoic volcanic rocks in East Mongolia", Geological journal, 53, 2449-2470. <https://doi.org/10.1002/gj.3080> хийнэ үү. Монгол орчуулга хянасан: Х.Уламбадрах

Сихотэ-Алин террейн нь Номхон далайн субдукцийн баруун хэсэг зүүн хойд Ази тив доогуур шургахад үүссэн субдукцийн аккрецийн комплекс юм. Энэхүү террейн нь аккрецийн призм, турбидит болон арлан нумаас тогтоно. Аккрецийн призм нь юрагаас-түрүү цэрдийн настай боловч Эртний Номхон далайн субдукцээс үүссэнийг ихэвчилэн түрүү цэрдийн настай гэж үздэг (Grebennikov, Khanchuk, Gonevchuk, & Kovalenko, 2016). Сихотэ-Алин террейн нь тектоникийн хувьд түрүү цэрдийн (132-98 сая жил) болон Эоцен (46-45 сая жил) гэсэн үндсэн 2 үе шаттай хөгжсөн (?) гэж үздэг (Jahn et al., 2015). Дорнод Монгол болон Их Хянганы нурууны галт уулын чулуулгийг Зүүн Хойд Азийн (Оросын Алс Дорнод болон Зүүн Хойд Хятадын зүүн хэсэг) хожуу-мезозойн галт уулын чулуулагтай харьцуулахад эх газрын захаас харьцангуй баруун тийш, эх газрын

дотор талдаа тархсан байна. Энэ нь галт уулын чулуулгийн гарал; үүсэл болон геодинамик нөхцлийн талаар томоохон маргаан үүсгэдэг ба дараах хэд хэдэн моделийг дэвшүүлсэн байдаг. Үүнд: (a) Мааньтын урсгал (plume) (Kojima, 1989; Zhou, Ge, & Wang, 2011); (б) Эртний Номхон далайн субдукцийн хавтангийн эргэлтийн нөлөөгөөр үүссэн арлан-нумын арын литосферын өргөлттэй холбоотой (Faure & Natal'in, 1992; Li & Shu, 2002; Sun et al., 2013; Zhang et al., 2011); (в) Монгол-Агнуурын далайн субдукцийн дагуух хожуу ороген (Fan, Guo, Wang, & Lin, 2003; Guo, Fan, Gao, & Li, 2010; Zhou, Wilde, Zhang, Ren, & Zheng, 2011; Li, Liu, Xu, Li, & Zhang, 2014); болон (г) Эртний Номхон далайн субдукцийн баруун хэсэг томоохон орон зайг хамарсан үелээсийг үүсгэсэн (Guo, Guo, Yan Wang, & Li, 2013; Wang et al., 2006; Wu et al., 2005; Zhang et al., 2010) зэрэг орно.



Зураг. 1 (a) Төв болон зүүн Азийн тектоникийн үндсэн нэгжүүдийг харуулсан хялбаршуулсан зураг (Ge et al., 2015); (б) Төв Азийн ороген бүсийн зүүн хэсгийн хожуу-мезозойн галт уулын чулуулгийн тархалтын зураг (Meng, 2003).

Дорнод Монгол нь Зүүн хойд (ЗХ) Азийн өргөн уудам тархалттай хожуу-мезозойн галт уулын чулуулгийн баруун зах нь юм. Дорнод Монголын

энэхүү галт уулын чулуулгийг Зүүн хойд Хятадынхтай харьцуулахад харьцангуй муу судлагдсан, үнэмлэхүй насны судалгаа хомс бөгөөд 1:500 000

масштабтай геологийн зурагт нийтэд нь цэрдийн настай гэж зурагласан байдаг. Харин зэргэлдээ орших ЗХ Хятадын галт уулын чулуулаг насны хувьд хожуу юра-түрүү цэрдийн цаг үеийг заадаг (Fan et al., 2003; Wang et al., 2006; Zhang, Zhou et al., 2008). Дорнод Монголын цэрдийн настай галт уулын чулуулгийн гарал үүслийг тайлбарлах геодинамикийн дөрвөн загварчлалыг санал болгосон байдагт (а) өмнөх мааньтын зузаарсан литосферийн хоёр тийш чиглэсэн үелэн салсан хайлалт (delamination), (б) хавтангийн эвдрэлтэй холбоотой нумын арын тэлэлт, (в) субдукцэд орсон Палео-Азийн далайн плитээс үүссэн мааньтын хүйтэн материал овоорч хуримтлагдан зузаарч мааньтдаа нуралт үүсгэсэн (Dash, Yin, Jiang, Tseveendorj, & Han, 2013), болон (г) Монгол-Агнуурын далайн субдукцтэй холбоотой үүссэн (Meng, 2003) зэрэг юм. Эдгээрээс үүдэн Дорнод Монгол болон ЗХ Хятад дахь хожуу-мезозойн галт уулын чулуулаг нь геодинамикийн ижил нөхцөлд үүссэн эсэх талаар асуулт гарч байна. Энэхүү өгүүлэл нь Дорнод Монгол дахь хожуу-мезозойн галт уулын чулуулгийн геохронологи болон геохимийн шинжилгээний шинэ үр дүнг танилцуулж, магмын бялхалтын нас, чулуулгийн гарал үүсэл, геодинамик орчныг тодорхойлох зорилготой.

ГЕОЛОГИ

Дорнод Монгол болон Зүүн Хойд Хятад нь хамгийн багадаа гурван Ороген системийн нөлөөлөлд өртсөн газар нутаг юм. Үүнд: Төв Азийн Ороген бүс (ТАОБ), Монгол-Агнуурын Ороген бүс болон Номхон далайн царцдас Зүүн Азийн эх газар доогуур субдукцлэсэн

процесс. ТАОБ нь пермийн төгсгөлөөс триасын эхэн үед үүссэн (Maruyama, Isozaki, Kimura, & Terabayashi, 1997; Miao et al., 2008; Şengur, Natal'in, & Burtman, 1993; Şengur & Natal'in, 1996; Xiao, Windley, Hao, & Zhai, 2003), хойд хэсэгтээ Сибирийн (Балтын) кратон болон Палео-Азийн далайн хооронд, урд хэсэгтээ хойд Хятадын (Тарим Тарим) кратоны (зур. 1а) хаагдалтын үр дүн юм. ТАОБ нь Фанерозойн үеийн дэлхий царцдасын хөгжлийн хамгийн том бүс нутаг гэж тооцогддог (Jahn, 2004; Jahn, Litvinovsky, Zanvilevich, & Reichow, 2009; Jahn, Wu, & Chen, 2000; Safonova et al., 2015; Windley, Alexeiev, Xiao, Kroner, & Badarch, 2007; Xiao, Huang, Han, Sun, & Li, 2010).

Монгол-Агнуурын Ороген бүс нь Дорнод Монгол болон Зүүн Хойд Хятадын хойд талд оршдог. Монгол-Агнуурын сүтүр нь баруун захдаа Төв Монголоос зүүн тийш Уда эрэг хүртэл, бүр цаашлаад Монгол-Агнуурын тэнгис хүртэл >3000 км сунаж тогтсон. Энэ нь хожуу-мезозойн үед Монгол-Агнуурын далайн хаагдалтын үр дүнд үүссэн гэж үздэг (Dong et al., 2014; Kravchinsky, Cogne, Harbert, & Kuzmin, 2002). Хожуу девон-карбоны үеийн Ононгийн арлан нум (Zorin, 1999) бол энэхүү Монгол-Агнуурын субдукцийн бүсийн зүүн өмнөд хэсэгт явагдсан анхдагч магмын нумын идэвхжилт гэж үздэг. Гэхдээ перм, хожуу-триасын үед нумын-магмын эрчимжилт илүү хөгжсөн (Donskaya, Gladkochub, Mazukabzov, & Ivanov, 2013). Түүнчлэн, Монгол-Агнуурын далайн плит нь хоёр тал руугаа субдукцлэсэн. Энэ нь хойд талдаа Сибирийн кратон, зүүн урд талдаа Дорнод Монгол болон Зүүн хойд Хятад доогуур субдукцлэн, Хангай болон Дундговийн перм-триасын галт

уулын плутон бүсэд хүрэх бөгөөд хоёр блокийн зүүн урд болон баруун хойд захад оршино (Badarch, Cunningham, & Windley, 2002; Donskaya, Gladkochub, Mazukabzov, Waele, & Presnyakov, 2012; Kravchinsky et al., 2002; Van der Voo, Spakman, & Bijwaard, 1999; Zorin, 1999). Судалгаанаас харахад Монгол-Агнуур далайн хаагдалт нь хайч маягийн хэлбэртэй гэж тодорхойлогддог. Өөрөөр хэлбэл анх баруун хэсэг нь (Монгол г.м) түрүү-дунд юра үед (Dong et al., 2014; Zorin, 1999), зүүн тал нь хожуу юра-түрүү цэрдийн үед Оросын Алс дорнод хэсэгт хаагдсан (Cogné, Kravchinsky, Halim, & Hankard, 2005; Kravchinsky et al., 2002). Зүүн Ази тив доорхи Номхон далайн субдукци нь Триас (Эртний-Номхон далай), мөн Сихотэ-Алин террейнээс эхлэж тогтсон бөгөөд энэ нь субдукци эсвэл аккрецийн системийн үр дүн юм (Kojima, 1989; Zhou et al., 2014). Зүүн Ази тивийн зүүн захаар тархалттай томоохон хэмжээний хожуу-мезозойн галт уулын чулуулаг нь субдукцийн нөхцөлд үүссэн гэж үздэг (Li & Li, 2007; Niu et al., 2015; Safonova et al., 2009; Wu et al., 2005; Zhang, Ge et al., 2008; Zhao, Yang, Wang, Fu, & Yang, 1989). Өмнө хэвлэгдсэн бүтээлүүдээс харахад, ЗХ Хятад дахь хожуу-мезозойн галт уулын чулуулаг нь 163-160, 147-140, 125-120 болон 116-113 сая жил гэсэн дөрвөн гол хугацаанд үүссэн байна. Вулканитын шилжилт нь цаг хугацааны дарааллаар баруунаас зүүн тийш тодорхойлогддог (Wang et al., 2006; Wu et al., 2011; Zhang et al., 2010). Мөн түүнчлэн хожуу-мезозойн вулканит нь 110-160 сая жилийн хооронд, Монгол-Агнуур далайн эцсийн хаагдалттай давхцах эсвэл бага зэрэг залуу байна (Zhang, Ge et al., 2008). Геохимийн

мэдээллээс харахад галт уулын чулуулаг нь ихэвчлэн өндөр-калитай шүлтлэг-шохойлог эгнээнд, чулуулгийн найрлага нь суурилагаас хүчиллэг хүртэл байна (Yarmolyuk, Kudryashova, Kozlovsky, Lebedev, & Savatenkov, 2015).

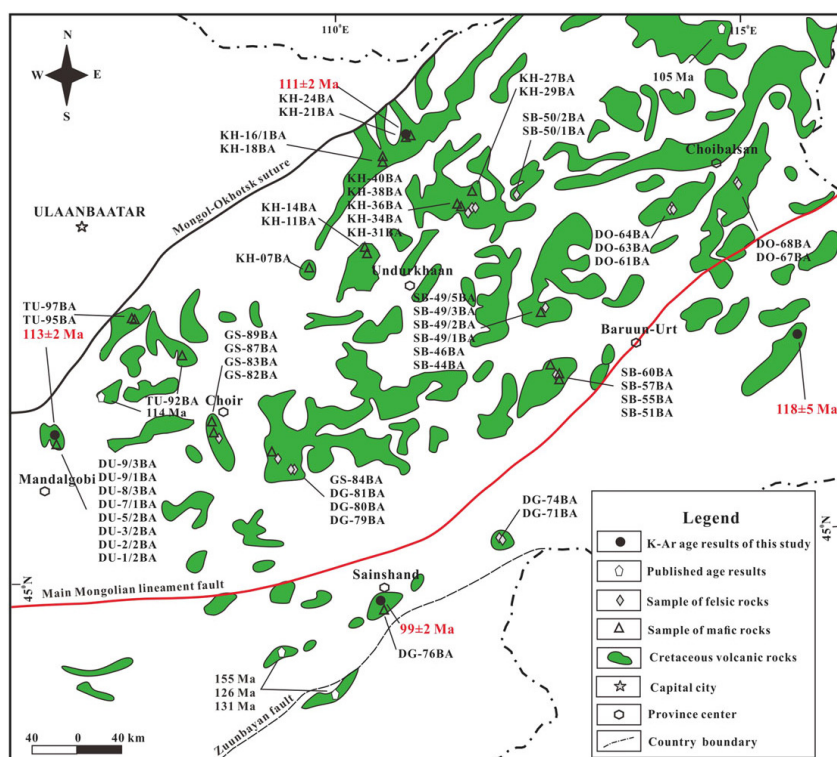
Дорнод Монголын хожуу-мезозойн галт уулын чулуулаг нь Төв Азийн Ороген бүсийн Палеозойн аккрецийн комплекс болон турбидитыг хучдаг (Badarch et al., 2002). Дорнод Монгол болон ЗХ Хятадад хожуу-мезозойн үед тунамал-вулканоген томоохон сав газрууд хөгжиж эхэлсэн. Үүнд: Зүүн хойд Хятадын Эрээн, Хайлаар болон Сулиао (Songliao), Зүүн урд Монголын Зүүн Говийн сав газрууд юм (Wang et al., 2006). Зүүн Говийн сав газрын доод хэсэгт хийгдсэн цооногийн судалгаагаар Шарил формацийн галт уулын чулуулгийн үелэлээс авсан дээжинд Ar-Ar нас 155 ± 1 сая жил (с.ж), мөн Ar-Ar аргачлалаар Цагаанцав формац 126 ± 1 с.ж болон 131 ± 1 с.ж гэж тус тус тодорхойлогдсон байдаг (Graham et al., 2001). Дөчгол, Цагаандэлгэр формацийн базальтад хийсэн хоёр дээжинд чулуулгийн Ar-Ar үнэмлэхүй нас 105 болон 114 с.ж гэж тодорхойлсон байдаг (Dash et al., 2013). Эрээний сав газарт галт уулын чулуулагт Ar-Ar болон K-Ar аргаар 145-156 с.ж (Chen & Chen, 1997; Meng, 2003), Хайлаарын сав газарт U-Pb цирконоор 125-136 с.ж (Li, Hegner, Yang, Wu, & Chen, 2014) настай байна.

ДЭЭЖЛЭЛТ БОЛОН ПЕТРОГРАФИ

Судалгааны явцад Дорнод Монголын долоон аймгийн нутаг дэвсгэрээс нийт 60 ширхэг цэвэр дээжийг цуглуулж бэлтгэсэн ба байршлыг зураг-2т

харуулав. Эдгээрээс дараах дөрвөн дээжийг K-Ar насны судалгаанд: KH_25BA Хэнтий аймгийн Цагаанцав формац (Зур. 3a), DO_70BA Дорнод аймгийн Баянхайласт формацийн дээд хэсгээс (Зур. 3b), DG_75BA Дорноговь аймгийн Цагаанцав формацийн дээд хэсгээс (Зур. 3c) болон DU_1/1BA Дундговь аймгийн Цагаануул формацаас (Зур. 3d), үлдсэн 56 дээжийг геохимийн шинжилгээнд хамруулав. Хээрийн судалгааны

ажиглалтаар, Дорнод Монголын хожуу-мезозойн галт уулын чулуулаг суурилаг болон хүчиллэг гэсэн үндсэн 2 хэсэгт хуваагдаж байна. Суурилаг чулуулагт трахибазальт, базальтлаг трахиандезит болон трахиандезит багтана. Трахибазальт (DU-1/1BA-аас DU-9/3BA, KH-18BA, KH-24BA, болон KH-97BA) нь порфирилог, интергранулар эсвэл интерсертал текстуртай (зур. 4a-b).



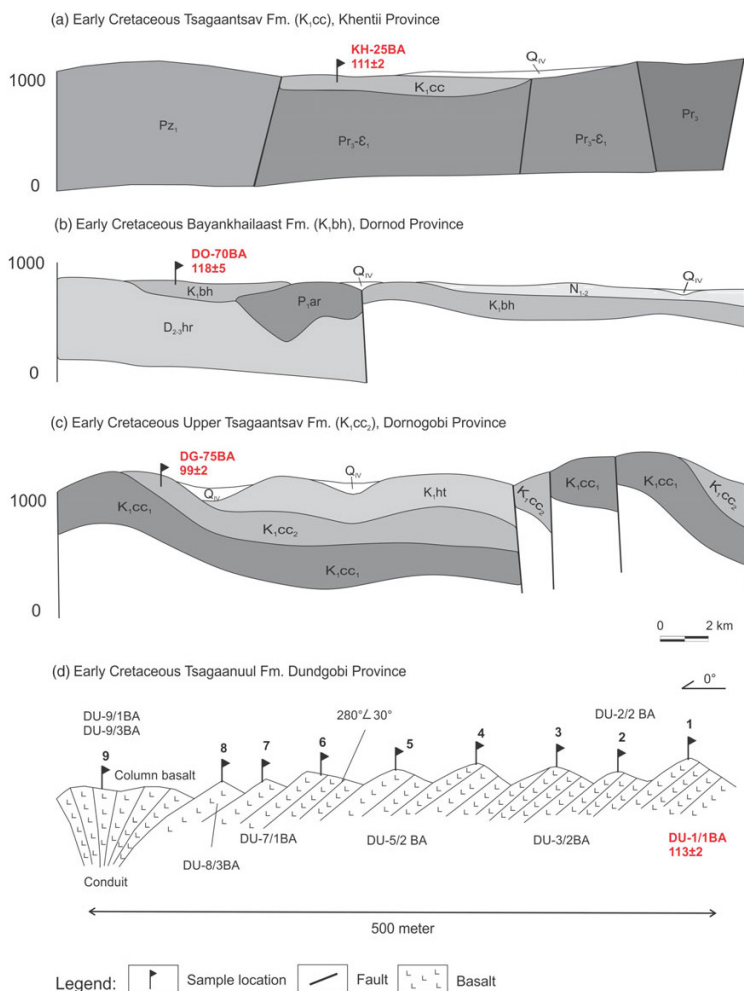
Зураг. 2 Дорнод Монголын хожуу-мезозойн галт уулын чулуулгийн тархалтын зураг (Төмөртоого, Гантөмөр, & Зул, 2012). Хараар тэмдэглэгдсэн нь Graham et al. (2001) болон Даш et al. (2013) нарын судалгаанаас авсан насны үр дүн. Улаанаар энэхүү судалгаагаар тодорхойлогдсон K-Ar насны үр дүнг харуулсан.

Ихэвчлэн плагиоклазын шигтгээлэг эрдсүүдээс тогтсон бөгөөд ховроор пироксен болон магнетитын шигтгээлэг эрдсүүд агуулагдаж байна. Полисинтет ихэрлэлт болон бүслүүрлэг бүтэц

плагиоклазын шигтгээнүүдэд өргөн ажиглагдаж байна (Зур. 4a). Пироксен нь эпидот болон хлоритод сулхан хувирсан. Чулуулгийн үндсэн масс нь пироксен, плагиоклаз эсвэл оливиноос

тогтоно. Оливин нь иддингситэд хувирсан байна. Түүнчлэн зарим дээжинд нүх сүвийг дүүргэсэн миндаль болон магнетитын талстууд тохиолдож байна (Зур. 4б). Трахиандезит (KH21-BA, SB-51BA, болон DG-81BA) нь цул

нягт, порфирлог текстуртай (зур. 4с-е). Шигтгээлэг эрдэс болох плагиоклаз (зур. 4с) болон үндсэн хэсэг нь афаниитик текстуртай, жижиг, ялтаслаг плагиоклазыг агуулсан.

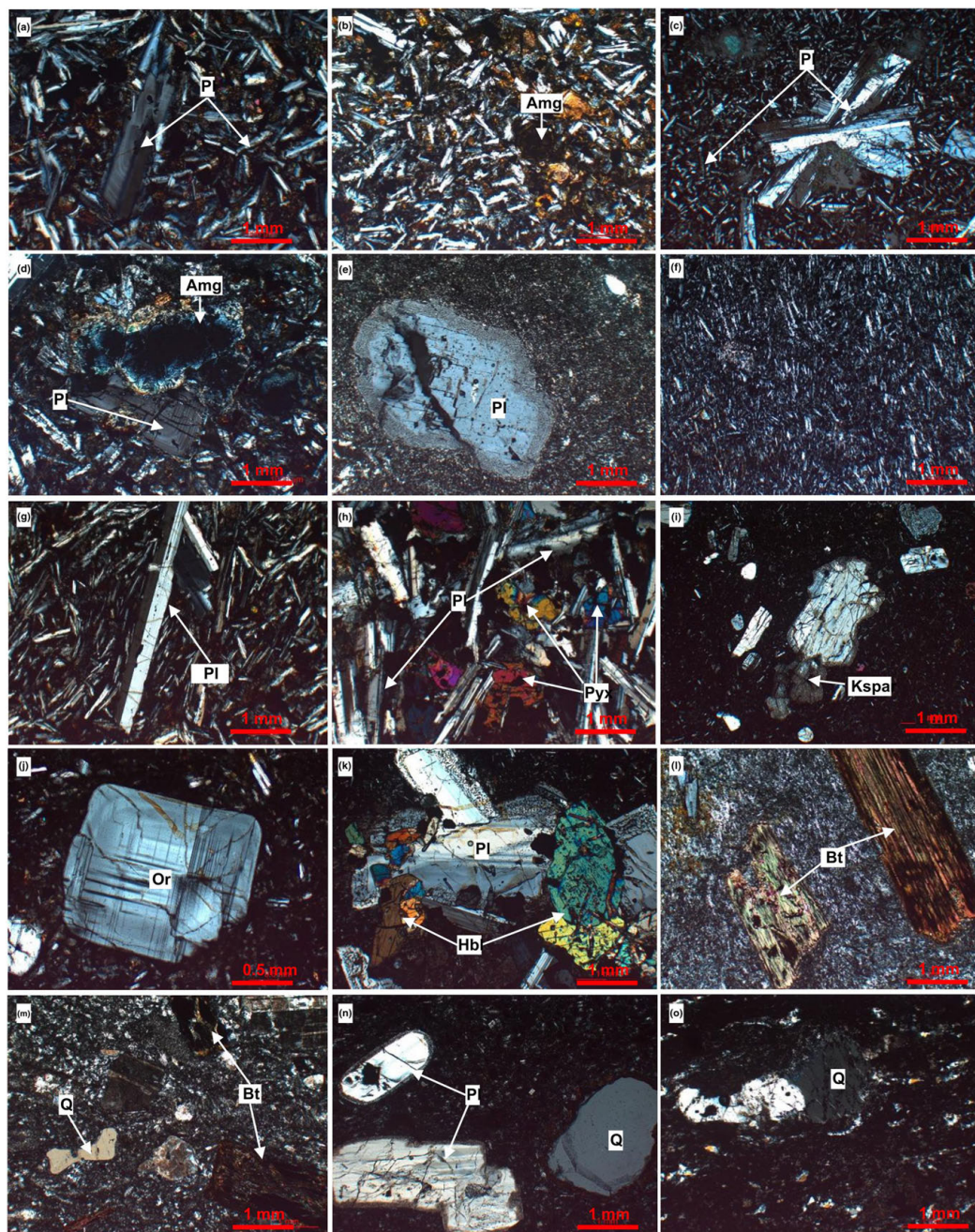


Зураг. 3 Дорнод Монголын хожуу-мезозойн галт уулын чулуулгаас насны судалгаанд авсан дээжний хялбаршуулсан зүсэлт. Улаанаар тэмдэглэгдсэн дээжийн байршлыг зураг 2-т харуулсан. Товчлол: (a) Pz1=түрүү палеозой; PR3- ϵ 1=хожуу протерозойгоос түрүү кембрий; PR3=хожуу протерозойн Эрэндаваа формац; K1cc= түрүү цэрдийн Цагаанцав формац; QIV = дөрөвдөгч; (b) D 2-3hl =дунд-хожуу девонын Халзан-Уул формац; P1ar=түрүү пермийн Аргалант формац; K1bh=түрүү цэрдийн Баянхайлааст формац; N1-2 =миоцен-плиоцен; (c) K1cc1=түрүү цэрдийн Цагаанцав формац-доод давхраас; K1cc2=түрүү цэрдийн Цагаанцав формац-дээд давхраас; K1ht =түрүү цэрдийн Хөхтээг формац

Зарим шигтгээлэг эрдсүүд нь бараан өнгийн хүрэнүүд үүсгэсэн (Зур. 4е) нь эрдсийн хайлалт явагдсаныг харуулж байна. Базальтлаг трахиандезит (КН-07ВА, КН-11ВА, КН-14ВА, КН-16/1ВА, КН-27ВА, КН-31ВА, КН-34ВА, КН-39ВА, SB-42ВА, SB-44ВА, SB-46ВА, SB-55ВА, SB-57ВА, DG-76ВА, GS-82ВА, GS-87ВА, GS-89, TU-92ВА, болон TU-95ВА) нь нүх сүвэрхэг болон цул нягт структуртай (зур. 4f-h), порфиритоос интергранулар, интерсертал (зур. 4g-h) болон афанитик (зур. 4f) хүртэл текстуртай. Шигтгээлэг эрдсээр плагиоклаз болон пироксен, ховроор оливин ажиглагдана (Зур. 4g-h). Пироксены шигтгээнүүд нь жигд бус хэлбэртэй, эрчимтэй серицит болон иддингситэд хувирсан. Чулуулгийн үндсэн хэсэг нь микрокристалаас афанитик байдалтай байх ба плагиоклаз, пироксен, магнетит болон галт уулын шил, мөн хоёрдогч эрдсээр эпидот болон иддингсит зэргийг агуулж байна. Миндаль болон магнетитын талстууд зарим дээжинд ажиглагдсан. Хүчиллэг чулуулагт трахидацит болон риолит хамаарагдана. Трахидацит (КН-36ВА, КН-38ВА, КН-40ВА, SB-50/1ВА, SB-50/2ВА, SB-60ВА, DO-63ВА, DG-78ВА, DG-79ВА, болон DO-67ВА) нь нэг чиглэлийн дагуу сунасан эрдсүүдийн урсгал структуртай байна.

Порфирлог болон трахит текстуртай. Шигтгээлэг эрдсээр плагиоклаз, ортоклаз, биотит, эвэрхуурмаг болон калийн хээрийн жонш (зур. 4i-l) байна. Зарим калийн хээрийн жонш нь хүчтэй аргилитжсан хүрээтэй (зур. 4i). Плагиоклазын шигтгээнүүд нь калийн хээрийн жоншоор хүрээлэгдсэн байх ба (зур. 4k) энэ нь плагиоклаз болон магмын харилцан үйлчлэлийн үр дүн юм. Биотит нь хэсэгчилэн хлорит болон гематитаар хувирсан (зур. 4l). Чулуулгийн үндсэн хэсэг нь ортоклаз, плагиоклаз болон галт уулын шилнээс бүрдэнэ. Плагиоклаз нь эпидотод хувирсан байна.

Риолит (samples SB49/1ВА-SB-49/5ВА, DO-61ВА, DO-64ВА, DO-68ВА, DO-69ВА, DG-71ВА, DG-74ВА, DG-80ВА, GS-83ВА, болон GS-84ВА) нь цул нягт, урсгал структуртай мөн порфирлог текстуртай (зур. 4m-o). Шигтгээлэг эрдсээр плагиоклаз, биотит болон кварц тохиолдоно. Плагиоклаз нь хүчтэй аргилитжсан, харин биотит нь төмрийн ислээр хувирсан байна (зур. 4m). Плагиоклаз нь нарийн бараан өнгөөр хүрээлэгдсэн байгаа нь эрдсийн хайлалт явагдсаныг харуулж байна. Кварц нь тэгш бус хэлбэртэй, дахин хайлалт явагдсан шинж чанартай (зур. 4m-o). Үндсэн хэсэг нь афанитик боловч жижиг хээрийн жонш болон кварцын мөхлөгүүд ажиглагдаж байна.



Зураг .4 Дорнод Монголын хожуу-мезозойн галт уулын чулуулгийн петрографийн зураг (туйлширсан гэрлийн): (a-b) Трахибазальт (DU1/2BA болон DU-3/ 2BA); (c-e) трахиандезит (KH-21BA болон SB-51BA); (f-h) базальтлаг трахиандезит (KH-14BA, GS-87BA, болон TU-95BA); (i-l) трахидаци (SB-60BA болон DO-63BA); (m-o) риолит (SB-49/5BA, DO-68BA, болон DG-80BA). Эрдсийн товчлол: Px=пироксен; Pl=плагиоклаз; Q=кварц; Bt=биотит; Kspa=K-хээрийн жонш; Or=ортоклаз; Hbl=эвэрхуурмаг; Amg = миндаль.

АРГА, АРГАЧЛАЛ

4.1 Чулуулгийн K-Ar үнэмлэхүй насны шинжилгээ

Чулуулгийн K-Ar үнэмлэхүй насны шинжилгээг Хятадын Газар хөдлөлийн Захиргааны дэргэдэх Геологийн Хүрээлэнгийн Газар хөдлөлийн динамикийн лабораторид хийж гүйцэтгэсэн. Магмын голомтын талсжилтын түрүү шатанд радио идэвхит арганоор баяжсан фенокристүүд (оливин, пироксен, болон плагиоклаз) үүсдэг тул K-Ar үнэмлэхүй насны шинжилгээнд вулканоген чулуулгийн үндсэн хэсгээс сонгон авсан. Дээжийг боловсруулахдаа бутлаж нунтаглан, 0.25-0.5 мм хэмжээтэй шигшүүрээр шигшинэ. Үүний дараагаар бинокуляр микроскопын тусламжтайгаар ялгах буюу гар аргаар цэвэрлэнэ (хэрэв мааньтын ксенолит, миндаль хэлбэрийн мөхлөгүүд илэрсэн тохиолдолд). Ялган авсан дээжийг 5% -ийн азотын хүчилд 10-15 мин турш угааж, нэрмэл усаар сайтар зайлна. Кали болон аргоныг сонгогдсон мөхлөг дээр хоёр тусдаа цэг дээр хэмжсэн.

Кали – Аргоны хэмжилтийг сонгон авсан мөхлөг тус бүрт хоёр цэг сонгох замаар хийж гүйцэтгэнэ. Калийн агууламжийг хэмжихдээ атом шингээлтийн спектрометрийг ашиглах ба шинжилгээний нөхцөлийг бүрдүүлэх оновчлолын зөрүү нь (тодорхойгүй байдал) 1.0–1.5% хооронд байна. MM1200 масс спектрометрийн тусламжтайгаар аргоны изотопыг ялган авч цэвэршүүлнэ.

Уг ялгах аргачлал нь вакум орчинд цацрагийн дулааныг ашиглах ба масс спектрометр нь тухайн дээжийг электроны бөмбөгдөлтөөр өдөөх замаар цэвэршүүлэх зориулалттай

байдаг. Шинжилгээний явцад орчны температурыг тэнцвэржүүлэх аргачлалын тусламжтай хянах ба зөвшөөрөгдөх ялгаа нь ± 5 °C дотор байна. Судлагдахуун чулуулгийн дээжийг зориулалтын хоолойнд хийж 250°C температурт 12 болон түүнээс дээш цагаар халаана.

Электрон өдөөлт бүхий вакум орчинд дээжийг халаахдаа молибден, танталан доторлогоо бүхий хавчих сав ашиглана. Халаалтын явцад үүсэх хийн ялгарал нь нүүрстөрөгчийн давхар исэл ба илүүдэл усны агууламжийг зайлуулах замаар гадагшлах ба титан хөвөнгөөр дамжин нэмэлт реактив хий ялгаруулж, эцэст нь цайр – хөнгөн цагааны найрлага бүхий гурав дахь шатны шүүлтүүрийн түвшинг нэвтрэн цэвэршинэ.

Цэвэршиж дууссан инерт хий нь масс спектрометрийн шинжилгээнд ашиглагддаг.

Задралын тогтмол утгыг тооцохдоо дараах зарчмыг ашиглана: $\lambda = 5.543$ Ч 10–10/year, $\lambda_e = 0.581$ Ч 10–10/year, $\lambda\beta = 4.962$ Ч 10–10/year (Steiger ба Jäger, 1997).

4.2 Гол болон сарнимал элементийн судалгаа

Гол болон сарнимал элементийн судалгааг Хятад улсын Бээжин хотын ШУА-ийн Геологи Геофизикийн Хүрээлэнгийн магадлан итгэмжлэгдсэн улсын лабораторид (IGGCAS) хийсэн. Чулуулгийг бусад хольцоос салган, миллиметр хүртэл бутлана. Бутлахын өмнө чулуулгийг хэт авианы ваннд нэрмэл усаар угааж бохирдолоос цэвэрлэнэ. Цэвэрлэсэн дээжийг агат тээрэмд <200 мэш хэмжээтэй болтол нунтаглан гол болон сарнимал элементийн шинжилгээнд ашигласан. Гол элементийг рентген

флюоресценцийн спектрометр ашиглан тодорхойлсон. Шинжилгээний аргачлалын талаар илүү дэлгэрэнгүйг Guo, Evans, болон Li (2006) нарын бүтээлээс харж болно.

Нунтаг дээжийг нарийвчлан жигнэж 0.5 гр дээжийг 1000 градусд 60 минутын турш шатааж дахин жигнэж шатаалтын үеийн алдагдал (LOI) тооцно.

Сарнимал элементийн шинжилгээнд, нунтаг дээжийн хүчлийн аргаар уусган (HF, HNO₃) өндөр даралтын Teflon бөмбөгт 7 хоногийн турш байлгана. Сарнимал элементийн агуулгыг индукцын холболтот масс спектрометрийн (ICP-MS) багажаар тодорхойлсон. Алдааг 5% бага байхаар тооцсон бөгөөд нарийвчлал нь GSR1 болон GSR3 стандартад суурилсан. Нарийвчилсан ажлын арга, аргачлалыг Li нарын (2009) бүтээлээс харна уу.

4.3 Sr-Nd изотопын судалгаа

Rb-Sr болон Sm-Nd изотопын шинжилгээг Хятадын Бээжин хотын ШУА-ийн Геологи Геофизикийн Хүрээлэнгийн магадлан итгэмжлэгдсэн улсын лабораторид шинжлүүлсэн. Чу нарын (Chu et al., 2009) тодорхойлсон шинжилгээний процессын дагуухийсэн.

Sm-Nd изотопын шинжилгээг Phoenix-T (thermal ionization mass spectrometry (TIMS)), харин Rb-Sr изотопын шинжилгээ IsoProbe-T (TIMS) масс спектрометрээр тодорхойлсон. Бланк дээж Sr-ийнх <0.3 ng, Nd 0.05 ng байхаар тооцсон. ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr -ийн дундаж утгыг NBS 987 (N=14) 0.7100287±0.000010, ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd дундаж утга нь JMC (n=12) 0.511942±0.000012. Sr изотопын агуулгыг ⁸⁶Sr/⁸⁸Sr=0.1194 тохируулсан бол ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd харьцааг ¹⁴⁶Nd/¹⁴⁴Nd=0.729 хүртэл нормчилсон. Шинжилгээний стандарт хазайлтын түвшин 2σ гэж өгөгдсөн болно.

ҮР ДҮН

5.1 Чулуулгийн K-Ar үнэмлэхүй нас

Нийт дөрвөн дээжинд K-Ar аргаар үнэмлэхүй нас тодорхойлсон бөгөөд үр дүнг Хүснэгт 1 болон Зураг 2-т харуулав. Үүнд: Трахибазальт (DU-1/1BA болон KH-25BA) 113±2 болон 111±2 с.ж; Базальтлаг трахиандезит (DG-75BA) 99±2 с.ж; риолит (DO-70BA) 118±5 с.жилийн настай гэж тодорхойлогдсон. Эдгээр насаар Дорнод Монголын галт уулын чулуулгийн магмын дэлбэрэлтийн үеийг төлөөлүүлж тайлбарласан болно.

Хүснэгт 1. Дорнод Монголын хожуу-мезозойн галт уулын чулуулгийн дээжинд хийсэн K-Ar үнэмлэхүй насны үр дүн

Дээжийн дугаар	Байршил	Чулуулгийн төрөл	Координат		K (%)	⁴⁰ Ar rad	⁴⁰ Ar rad (%)	±1σ, Ma
DU-1/1BA	Дундговь	Трахибазальт	106.4233333	46.15	1.87	3.80E-10	96.87	113 ± 2
KH-25BA	Хэнтий	Трахибазальт	110.7601944	8.54769444	1.87	3.70E-10	95.45	111 ± 2
DG-75BA	Дорноговь	Базальтлаг трахиандезит	110.0941111	44.78252778	2.16	3.83E-10	91.74	99 ± 2
DO-70BA	Дорнод	Риолит	115.1845278	46.60125	0.16	3.37E-11	53.77	118 ± 5

5.2 Геохимийн шинжилгээ

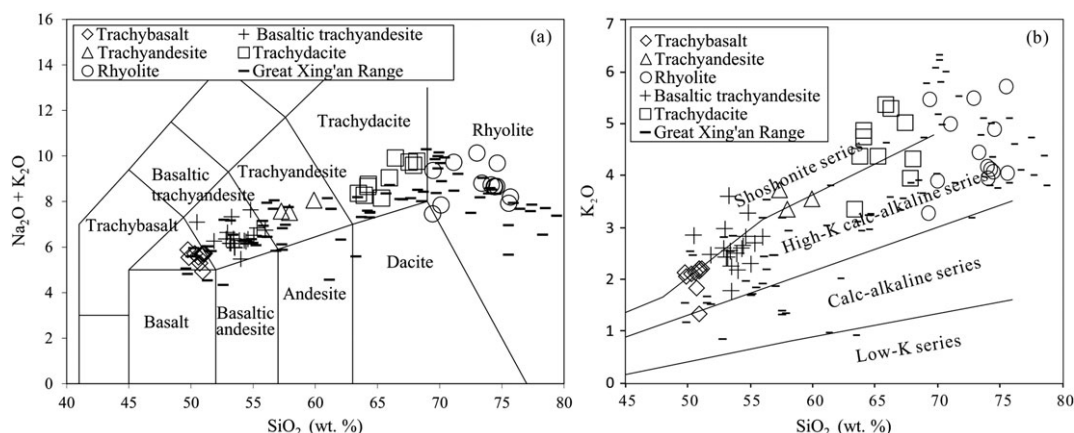
Гол болон сарнимал элементийн шинжилгээний үр дүнг Хүснэгт 2 –т

харуулсан. Na₂O+K₂O болон SiO₂ харьцуулсан диаграмд зүүн Монголын вулканоген чулуулаг нь трахибазальт,

трахиандезит, базальтлаг трахиандезит болон риолитын талбайд, ихэвчлэн шүлтлэг эгнээнд хамаарч байна (Зур. 5а). Харин K_2O болон SiO_2 харьцуулсан диаграмд шилжилтийн бүс буюу өндөр-калитай шүлтлэг-шохойлог эгнээнээс шохонитын эгнээнд буюу ихэвчлэн өндөр-калиттай шүлтлэг-шохойлог эгнээнд (Зур. 5б) бууж байна. Харкерын диаграммаас харахад (зур. 6), ихэнх ислүүд (TiO_2 , Al_2O_3 , MgO , MnO болон P_2O_5) цахиурын исэлтэй (SiO_2) ямар нэг хамааралгүй боловч базальтаас дундлаг найрлагатай чулуулгууд (цаашид суурилаг чулуулаг) болон дацитаас риолитын найрлагатай чулуулгууд (цаашид хүчиллэг чулуулаг) тус тус тодорхой зүй тогтол харуулж байна.

Суурилаг найрлагатай чулуулаг дахь SiO_2 агуулга 49.74-59.89 wt.% байхад, Al_2O_3 (14.26-17.38 wt.%) өндөр байна. Мөн MgO болон K_2O тус тус 1.96-5.45; 1.32-3.74 wt.% хооронд хэлбэлзэж байна. Чулуулгийн K_2O/Na_2O харьцаа 0.36-0.97% хооронд хэлбэлзэж байна.

Хүчиллэг чулуулгийн хувьд өндөр SiO_2 (63.47-75.69 %), болон K_2O (3.25-5.68 %) агуулгатай. MgO агуулга чулуулагт 0.11-1.54 % байхад K_2O/Na_2O харьцаа 0.66-2.54% хооронд хэлбэлзэж байгаа нь өндөр-калитай шүлтлэг-шохойлог болон шохонитын эгнээг харуулж байна. Суурилаг болон хүчиллэг чулуулгууд бага $Mg\#$ $[=Fe^{2+}/(Fe^{2+}+Mg)*100]$ 27.76-59.37 болон 10.73-49.86 агуулгатай байна (Хүснэгт 3). Галт уулын чулуулгийн шатаалтын үеийн алдагдал (LOI) нь гидравлик эрдсийн фазын тодорхойлогч юм. Жишээлбэл: амфибол болон хоёрдогч эрдэс болох хлорит, карбонат гэх мэт. Дорнод Монголын суурилаг болон хүчиллэг найрлагатай галт уулын чулуулаг нь бага LOI (0.22-3.84%) агуулгатай бөгөөд La/Sm харьцаатай ямар нэг хамаарал харуулахгүй байна. Энэ нь газрын ховор элементийн (ГХЭ) муруй дээр хувиралд өртөөгүйг харуулж байна (Labanieh, Chauvel, Germa, & Auidelleur, 2012).



Зураг. 5 Дорнод Монголын хожуу-мезозойн галт уулын чулуулагт хийсэн TAS ангиллын диаграм ($Na_2O + K_2O$ vs. SiO_2 ; Maitre et al., 1989) болон (b) K_2O vs. SiO_2 diagram (after Peccerillo & Taylor, 1976). Их Хянганы (Great Xing'an) нурууны датар Fan et al., (2003); Meng et al., (2011); Dong et al. (2014); Li, Ma, Xing, болон Zhou (2015) нарын бүтээлээс.

Sample No	DU-1/2BA	DU-2/2BA	DU-3/2BA	DU-5/2BA	DU-7/1BA	DU-8/3BA	DU-9/1BA	DU-9/3BA	TU-97BA	KH-24BA	KH-18BA
Rocktype	Trachybasalt										
SiO ₂	50.30	49.84	51.10	50.60	50.91	50.93	50.91	50.98	49.75	50.71	50.94
TiO ₂	3.18	3.49	3.26	3.27	3.31	3.27	3.33	3.29	3.25	3.35	3.45
Al ₂ O ₃	14.54	14.39	14.54	14.40	14.26	14.52	14.64	14.49	15.18	14.58	14.48
Fe ₂ O ₃ T	12.88	13.27	12.73	12.70	12.85	12.76	12.68	12.67	12.60	12.17	12.76
MnO	0.16	0.16	0.14	0.17	0.16	0.15	0.13	0.15	0.14	0.15	0.16
MgO	4.25	4.14	3.64	4.03	4.03	3.63	3.51	3.65	4.58	3.97	4.09
CaO	7.27	7.41	7.16	7.50	7.11	7.37	7.30	7.31	7.04	7.89	7.55
Na ₂ O	3.61	3.48	3.53	3.43	3.41	3.48	3.52	3.53	3.75	3.47	3.60
K ₂ O	2.10	2.05	2.19	2.13	2.20	2.14	2.20	2.19	2.13	1.82	1.33
P ₂ O ₅	1.70	1.76	1.72	1.77	1.77	1.76	1.77	1.75	1.59	1.88	1.65
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
LOI	0.80	1.06	1.48	1.68	1.20	1.72	1.66	1.94	1.44	1.86	1.20
Na ₂ O+K ₂ O	5.71	5.54	5.72	5.56	5.61	5.62	5.73	5.71	5.88	5.29	4.93
K ₂ O/Na ₂ O	0.58	0.59	0.62	0.62	0.65	0.62	0.63	0.62	0.57	0.52	0.37
Sc	17.78	16.35	16.38	16.98	16.91	15.53	17.17	16.39	14.91	15.15	15.68
Ti	1.91	2.09	1.95	1.96	1.98	1.96	2.00	1.97	1.95	2.01	2.07
V	209.20	198.25	187.73	192.02	190.07	161.20	205.11	184.60	197.20	192.13	196.71
Cr	54.33	41.13	44.88	42.90	43.20	34.95	42.49	41.70	43.55	48.68	44.97
Co	32.46	30.11	27.55	27.54	27.33	22.40	27.42	26.71	30.32	26.71	27.92
Zn	200.44	190.27	192.08	194.02	195.63	167.01	194.91	192.09	174.25	190.30	188.92
Rb	41.15	36.36	40.93	42.49	40.50	35.61	39.38	34.17	34.58	33.06	61.72
Sr	1009.89	912.20	870.93	936.92	821.28	805.69	879.07	871.68	809.01	1317.46	969.70
Y	34.82	32.97	35.35	37.49	36.52	33.95	37.59	35.44	29.74	33.39	32.20
Zr	449.16	377.15	434.50	452.88	439.62	380.06	460.89	424.80	339.48	449.70	366.64
Nb	36.02	29.95	31.81	32.18	31.90	27.45	34.06	31.28	31.73	27.18	27.52
Cs	0.94	0.92	0.66	0.61	0.71	0.44	0.43	0.65	1.60	0.56	2.04
Ba	1162.87	1030.52	1114.03	1145.16	1075.98	968.99	1135.69	1077.97	930.39	1430.20	1103.99
La	85.72	71.70	79.74	83.68	81.72	74.18	80.89	79.76	58.67	85.68	62.52
Ce	187.37	160.48	178.75	183.28	179.75	156.88	183.13	173.65	130.11	193.38	143.76
Pr	24.76	21.54	23.39	24.67	23.61	21.59	23.94	23.06	17.41	25.54	19.83
Nd	97.27	87.71	95.01	97.37	92.64	83.39	102.00	90.04	70.38	104.90	82.65
Sm	19.35	17.04	17.15	17.96	17.24	16.00	17.94	16.81	14.54	18.98	15.78
Eu	4.36	4.00	4.09	4.36	4.14	3.88	4.18	4.11	3.86	4.44	4.10
Gd	14.11	12.89	14.14	14.60	14.05	12.78	14.32	13.89	11.41	14.54	12.30
Tb	1.79	1.68	1.79	1.87	1.81	1.66	1.83	1.77	1.47	1.76	1.62
Dy	8.49	7.94	8.52	8.83	8.44	7.84	8.69	8.22	7.10	8.12	7.86
Ho	1.48	1.39	1.47	1.61	1.54	1.42	1.56	1.44	1.23	1.38	1.38
Er	3.42	3.24	3.61	3.76	3.60	3.38	3.72	3.54	2.88	3.28	3.22
Tm	0.44	0.42	0.47	0.49	0.47	0.44	0.48	0.46	0.36	0.43	0.40
Yb	2.51	2.46	2.81	2.88	2.78	2.66	2.84	2.70	2.13	2.45	2.38
Lu	0.38	0.35	0.40	0.42	0.41	0.38	0.41	0.40	0.31	0.36	0.35
Hf	10.28	9.03	10.08	10.92	10.58	9.09	9.89	9.99	8.00	10.68	9.14
Ta	1.98	1.73	1.76	1.73	1.71	1.51	1.77	1.71	1.62	1.60	1.64
Tl	0.18	0.14	0.14	0.18	0.15	0.15	0.15	0.14	0.08	0.52	0.55
Pb	16.06	13.44	15.05	16.07	15.30	13.54	15.60	16.81	9.69	17.61	13.25
Th	4.06	3.39	3.86	3.94	3.77	3.59	4.04	3.70	2.63	3.92	2.96
U	1.08	0.90	1.07	1.10	1.06	0.90	1.08	1.01	0.75	1.14	0.92
Mg#	43.45	42.09	40.00	42.51	42.24	39.85	39.23	40.16	45.85	43.20	42.76
La/Yb	34.14	29.17	28.40	29.05	29.43	27.88	28.50	29.56	27.52	34.91	26.30
Eu/Eu*	16.53	14.82	15.57	16.19	15.56	14.30	16.03	15.28	12.88	16.62	13.93

Хүснэгт. 2 Дорнод Монголын хожуу-мезозойн галт уулын чулуулгийн Гол (wt.%) болон сарнимал элемент (ppm)

Sample No	KH-07BA	KH-11BA	KH-27BA	KH-29BA	KH-34BA	SB-42BA	SB-44BA	SB-55BA	DG-76BA	GS-82BA	GS-89BA
Rocktype	Basaltic trachyandesite										
SiO ₂	55.98	54.29	53.88	54.59	55.05	53.52	55.32	53.42	54.01	54.43	50.47
TiO ₂	2.16	2.40	2.83	2.30	2.30	1.27	1.39	2.70	2.91	2.73	2.85
Al ₂ O ₃	16.60	15.73	15.11	15.29	16.08	17.03	17.10	14.94	14.91	15.21	16.17
Fe ₂ O ₃ T	8.08	10.09	10.98	9.56	9.30	8.70	8.01	10.64	10.12	9.36	9.14
MnO	0.12	0.13	0.14	0.19	0.13	0.10	0.14	0.10	0.09	0.19	0.09
MgO	2.76	3.68	2.03	3.71	2.63	5.45	3.78	3.78	3.18	2.48	4.94
CaO	6.47	6.34	7.15	6.70	6.77	7.52	6.71	6.60	7.52	7.71	7.56
Na ₂ O	3.93	3.68	3.81	3.52	4.21	4.18	4.15	3.83	3.30	3.59	4.26
K ₂ O	2.81	2.61	2.49	2.82	2.30	1.79	2.69	2.54	2.17	2.65	2.84
P ₂ O ₅	1.08	1.06	1.58	1.33	1.22	0.43	0.70	1.46	1.78	1.65	1.69
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
LOI	1.54	0.22	1.40	1.68	2.62	0.80	1.88	1.08	2.12	2.38	2.34
Na ₂ O+K ₂ O	6.75	6.28	6.30	6.34	6.51	5.97	6.84	6.37	5.47	6.24	7.09
K ₂ O/Na ₂ O	0.72	0.71	0.66	0.80	0.55	0.43	0.65	0.66	0.66	0.74	0.67

Trace element (ppm)											
Sc	15.93	16.70	16.49	14.82	12.86	17.71	14.40	14.98	11.86	11.28	11.01
Ti	1.29	1.44	1.69	1.38	1.38	0.76	0.83	1.62	1.75	1.63	1.71
V	144.04	98.13	201.91	156.06	162.46	171.01	146.74	179.24	185.79	168.99	163.29
Cr	61.84	66.92	51.77	47.61	40.78	155.95	59.42	46.90	55.11	47.08	71.46
Co	21.06	23.51	24.77	22.61	20.51	26.19	20.45	23.95	22.04	23.86	24.45
Zn	147.82	161.99	171.77	164.27	153.81	96.26	106.14	172.97	169.09	172.82	119.20
Rb	66.95	64.20	54.53	87.85	98.01	26.65	50.20	53.90	68.46	55.52	35.93
Sr	867.73	1018.46	920.44	827.24	938.06	1288.10	1460.32	784.03	895.99	1001.18	3891.90
Y	30.17	32.31	34.98	32.25	25.00	15.00	17.89	30.49	37.30	34.96	12.94
Zr	437.38	383.66	577.00	561.82	449.31	158.42	257.48	488.79	583.10	552.44	155.22
Nb	22.26	22.26	30.45	29.34	26.38	5.53	9.74	30.56	36.14	33.93	19.02
Cs	0.71	0.89	7.07	5.37	1.44	0.66	1.94	1.00	1.36	1.96	28.38
Ba	1103.90	1142.27	1242.58	1207.43	1190.49	671.51	930.56	1055.80	1198.51	1421.07	1633.38
La	71.47	63.77	91.45	99.15	82.65	29.59	48.21	82.89	98.63	95.91	55.03
Ce	152.58	136.19	202.06	200.23	164.33	59.20	100.80	179.34	221.68	214.37	114.95
Pr	19.48	17.98	25.69	26.02	20.84	8.20	13.05	23.26	27.73	26.98	15.33
Nd	73.74	69.58	100.50	97.89	78.05	32.22	48.97	89.60	106.05	100.31	59.23
Sm	13.42	13.39	17.98	16.70	14.33	6.00	8.73	16.17	19.13	18.70	10.82
Eu	2.83	3.05	3.90	3.61	3.25	1.71	2.36	3.61	4.23	3.89	3.00
Gd	11.00	11.19	13.72	13.48	10.94	4.74	6.75	12.25	14.92	13.61	7.30
Tb	1.40	1.48	1.71	1.62	1.31	0.64	0.83	1.57	1.86	1.73	0.79
Dy	6.76	7.21	7.85	7.55	5.99	3.14	4.04	7.20	8.72	8.18	3.30
Ho	1.26	1.35	1.41	1.38	1.08	0.59	0.72	1.28	1.53	1.43	0.53
Er	3.00	3.23	3.40	3.28	2.50	1.50	1.79	3.01	3.66	3.48	1.19
Tm	0.41	0.43	0.44	0.43	0.33	0.22	0.25	0.39	0.48	0.46	0.16
Yb	2.47	2.63	2.55	2.57	1.97	1.35	1.54	2.26	2.86	2.74	0.90
Lu	0.35	0.37	0.37	0.38	0.29	0.20	0.24	0.32	0.41	0.40	0.12
Hf	10.83	9.52	12.85	13.55	10.60	3.98	6.21	10.95	13.06	12.48	3.87
Ta	1.20	1.26	1.49	1.53	1.39	0.31	0.54	1.57	1.83	1.65	0.81
Tl	0.25	0.29	0.19	1.80	0.49	0.07	0.18	0.17	0.19	0.37	0.12
Pb	17.18	14.78	18.06	21.62	17.79	13.09	18.46	15.82	20.07	19.94	9.22
Th	6.41	6.30	4.55	6.21	6.13	2.56	4.27	5.20	5.20	5.78	2.10
U	1.34	1.20	1.57	2.00	1.82	0.52	1.13	1.36	1.58	1.57	0.66
Mg#	44.27	45.95	30.08	47.50	39.69	59.37	52.37	45.30	42.31	38.22	55.76
La/Yb	28.98	24.22	35.81	38.61	41.89	21.92	31.26	36.66	34.49	35.05	61.15
Eu/Eu*	12.15	12.24	15.71	15.00	12.52	5.33	7.68	14.07	16.89	15.96	8.89

Sample No	SB-46BA	SB-57BA	GS-87BA	TU-95BA	KH-14BA	KH-16/1BA	KH-31BA	TU-92BA	KH-21BA	DG-81BA	SB-51BA
Rocktype	Basaltic trachyandesite					Trachyandesite					
SiO ₂	53.21	53.13	52.83	51.85	52.93	53.27	54.80	53.49	57.27	59.89	57.92
TiO ₂	1.34	2.66	2.95	2.72	2.88	2.65	2.46	2.64	2.06	1.25	1.86
Al ₂ O ₃	17.39	14.76	15.04	14.76	15.02	15.50	15.28	15.74	15.54	16.65	15.71
Fe ₂ O ₃ T	8.30	10.87	10.71	11.60	11.90	10.12	9.81	10.17	8.58	5.96	8.67
MnO	0.11	0.14	0.12	0.10	0.21	0.23	0.13	0.10	0.09	0.07	0.06
MgO	4.98	3.07	2.65	3.55	1.96	2.85	2.74	2.64	2.68	2.00	2.10
CaO	7.86	7.61	7.83	7.73	6.71	6.44	5.70	7.55	5.08	5.44	5.15
Na ₂ O	3.75	3.75	3.76	3.79	3.68	3.73	4.36	3.74	3.83	4.51	4.15
K ₂ O	2.41	2.42	2.59	2.47	2.96	3.60	3.28	2.25	3.75	3.55	3.36
P ₂ O ₅	0.65	1.58	1.51	1.44	1.74	1.60	1.45	1.67	1.11	0.69	1.02
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
LOI	3.84	2.74	2.08	1.88	1.32	1.94	1.16	2.62	1.98	1.28	1.10
Na ₂ O+K ₂ O	6.16	6.16	6.36	6.26	6.64	7.33	7.63	5.99	7.58	8.06	7.52
K ₂ O/Na ₂ O	0.64	0.64	0.69	0.65	0.80	0.97	0.75	0.60	0.98	0.79	0.81
Trace element (ppm)											
Sc	12.72	13.49	12.90	13.10	16.29	15.90	11.02	11.85	12.71	8.75	13.02
Ti	0.80	1.60	1.77	1.63	1.72	1.59	1.47	1.58	1.23	0.75	1.12
V	179.93	183.75	178.59	174.61	159.95	167.76	147.90	163.69	130.30	112.11	148.85
Cr	53.67	48.05	41.87	89.85	48.69	54.93	31.00	67.86	47.88	45.24	44.72
Co	23.50	24.77	23.82	27.73	20.20	23.38	20.55	20.81	16.70	14.87	17.22
Zn	92.55	174.66	171.84	171.00	161.78	194.27	128.95	158.14	154.68	117.44	128.90
Rb	33.62	65.50	48.30	49.86	78.92	116.58	60.98	36.61	93.13	54.62	92.19
Sr	1761.34	917.06	921.67	949.39	874.82	965.94	1176.22	1162.70	693.67	887.97	800.71
Y	16.06	29.63	33.10	31.93	43.25	38.33	23.46	32.80	29.33	15.14	26.35
Zr	167.90	508.70	448.33	439.35	593.22	614.76	439.32	483.83	576.86	337.13	503.14
Nb	6.65	31.26	32.29	28.81	32.50	35.07	28.55	29.00	28.75	18.03	26.49
Cs	0.76	3.37	0.66	4.45	1.04	2.06	0.62	2.04	0.97	0.55	1.85
Ba	841.61	1101.44	1107.06	1230.57	1421.00	1481.45	1575.01	1552.54	1284.09	1210.09	1391.35
La	39.25	79.74	74.78	76.81	115.50	114.32	95.30	91.27	99.87	62.62	85.78
Ce	86.33	184.21	163.38	167.65	239.89	238.01	197.98	196.68	196.32	118.59	175.98
Pr	11.54	23.04	21.09	21.16	31.58	30.60	24.66	24.48	24.55	14.30	22.15
Nd	43.99	89.32	80.56	82.35	119.61	115.72	90.94	91.94	88.33	50.05	81.10
Sm	7.97	16.26	15.92	16.27	21.36	19.89	15.27	16.76	15.16	8.19	14.57
Eu	2.17	3.61	3.58	3.66	4.50	4.28	3.70	3.60	3.14	2.02	2.99
Gd	5.98	12.21	12.10	12.01	16.87	15.37	11.65	12.29	11.95	6.12	10.40

Tb	0.75	1.55	1.56	1.54	2.06	1.92	1.39	1.54	1.45	0.72	1.31
Dy	3.54	7.28	7.60	7.44	9.70	9.01	6.16	7.36	6.88	3.30	6.06
Ho	0.65	1.30	1.33	1.33	1.69	1.62	1.00	1.30	1.26	0.59	1.08
Er	1.63	3.01	3.29	3.22	4.30	3.95	2.32	3.14	3.09	1.46	2.66
Tm	0.24	0.39	0.43	0.42	0.55	0.50	0.28	0.41	0.40	0.20	0.35
Yb	1.47	2.23	2.58	2.61	3.33	3.01	1.62	2.52	2.50	1.21	2.15
Lu	0.22	0.32	0.38	0.37	0.49	0.44	0.23	0.38	0.37	0.18	0.32
Hf	4.46	11.29	10.39	10.20	14.66	15.20	10.28	10.99	13.61	8.18	11.66
Ta	0.37	1.57	1.74	1.44	1.67	1.80	1.59	1.40	1.46	0.96	1.41
Tl	0.15	0.24	0.29	0.14	0.24	0.30	0.14	0.43	0.27	0.22	0.22
Pb	18.74	17.51	15.27	14.50	29.73	24.15	17.71	18.00	23.52	15.22	19.68
Th	3.43	4.54	4.59	3.61	6.76	6.65	5.00	4.45	7.65	5.67	8.93
U	0.81	1.32	1.27	0.93	1.38	1.58	1.36	1.12	1.72	1.36	2.17
Mg#	58.33	39.68	36.55	41.60	27.77	39.63	39.41	37.72	42.16	43.89	36.04
La/Yb	26.79	35.69	29.01	29.40	34.65	38.04	58.83	36.23	39.96	51.71	39.95
Eu/Eu*	6.90	14.09	13.88	13.98	18.98	17.48	13.34	14.35	13.46	7.08	12.31

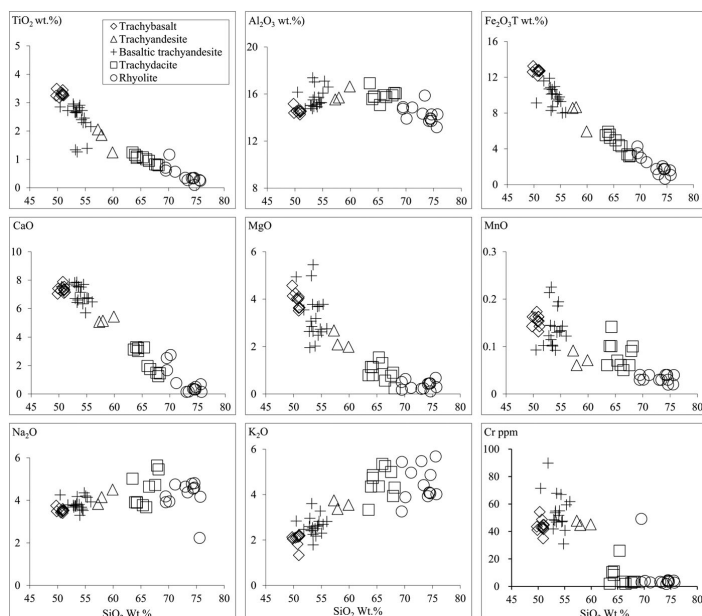
Sample No	KH-36BA	KH-38BA	KH-40BA	SB-50/1BA	SB-50/2BA	SB-60BA	DO-63BA	DG-78BA	DG-79BA	DO-67BA	DO-68BA
Rocktype	Trachydacite										Rhyolite
SiO ₂	64.24	63.93	64.26	68.17	67.90	65.33	67.56	66.45	65.95	63.48	69.44
TiO ₂	1.06	1.16	1.10	0.79	0.81	1.08	0.83	0.95	1.01	1.25	0.71
Al ₂ O ₃	15.77	15.57	15.80	16.06	16.10	15.07	15.90	15.75	15.92	16.93	14.75
Fe ₂ O ₃ T	5.60	5.92	5.25	3.25	3.17	4.96	3.40	4.30	4.44	5.54	4.28
MnO	0.10	0.10	0.14	0.10	0.09	0.07	0.06	0.05	0.06	0.06	0.03
MgO	0.80	1.15	1.13	0.24	0.90	1.55	0.77	0.57	1.31	0.79	0.51
CaO	3.24	3.31	3.03	1.46	1.26	3.28	1.50	1.76	1.98	3.14	2.54
Na ₂ O	3.92	3.91	3.89	5.46	5.64	3.78	4.73	4.65	3.68	5.02	4.19
K ₂ O	4.74	4.36	4.86	4.31	3.94	4.37	5.00	5.26	5.36	3.33	3.26
P ₂ O ₅	0.53	0.58	0.53	0.15	0.17	0.52	0.25	0.27	0.30	0.46	0.30
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
LOI	0.68	1.08	0.86	1.08	1.36	0.86	1.00	0.62	2.66	1.22	1.12
Na ₂ O+K ₂ O	8.66	8.27	8.75	9.77	9.59	8.14	9.73	9.91	9.04	8.36	7.45
K ₂ O/Na ₂ O	1.21	1.11	1.25	0.79	0.70	1.16	1.06	1.13	1.46	0.66	0.78
Trace element (ppm)											
Sc	7.55	8.98	9.88	5.31	6.02	6.05	7.62	7.52	7.35	9.25	5.58
Ti	0.63	0.70	0.66	0.48	0.49	0.65	0.50	0.57	0.60	0.75	0.42
V	45.99	53.77	47.80	36.56	39.52	81.72	37.53	15.52	41.39	80.84	42.26
Cr	8.35	10.43	11.01	3.50	3.27	26.10	2.07	1.90	3.52	2.07	49.27
Co	5.14	7.29	6.83	1.93	2.20	10.50	3.10	2.51	4.10	7.01	7.89
Zn	138.36	145.87	135.23	54.19	57.59	84.34	68.67	105.32	95.01	82.87	46.61
Rb	93.68	112.77	128.75	85.81	37.03	106.78	110.14	157.59	148.82	63.19	64.01
Sr	546.97	567.62	559.18	181.94	175.17	438.22	239.13	412.14	213.27	483.12	580.46
Y	34.65	37.54	38.48	22.01	25.92	18.31	30.67	41.22	37.78	26.84	14.58
Zr	704.56	681.73	739.04	390.37	370.17	334.12	465.05	539.79	458.59	343.87	199.94
Nb	37.28	36.98	35.00	12.09	11.85	22.93	21.11	38.67	37.92	13.41	9.93
Cs	5.54	3.52	3.48	2.84	2.69	4.44	2.82	10.48	4.43	1.43	2.07
Ba	1795.52	1670.71	1795.21	1101.39	926.44	846.57	1285.01	2322.50	1492.36	1207.41	767.99
La	84.73	92.53	97.80	28.94	28.63	58.95	58.98	91.17	84.48	50.53	36.36
Ce	182.79	190.99	197.22	51.76	74.49	128.12	108.60	146.51	172.22	109.33	65.83
Pr	22.99	24.68	26.01	7.99	8.56	14.64	15.19	22.95	20.89	15.18	9.18
Nd	84.85	91.58	94.35	32.28	35.37	51.83	57.73	89.57	73.29	59.52	36.81
Sm	16.25	17.73	16.70	6.00	6.84	8.90	9.97	15.39	13.18	11.66	6.49
Eu	4.02	3.91	4.08	1.32	1.48	1.90	2.06	3.71	2.39	2.79	1.58
Gd	11.54	12.14	13.37	4.92	5.82	6.48	8.10	12.27	10.38	9.61	5.03
Tb	1.54	1.67	1.75	0.75	0.90	0.84	1.16	1.70	1.46	1.30	0.66
Dy	7.68	8.27	8.90	4.32	4.93	4.01	6.14	8.85	7.66	6.41	3.14
Ho	1.41	1.50	1.64	0.88	0.99	0.72	1.19	1.62	1.45	1.16	0.56
Er	3.52	3.83	4.01	2.43	2.75	1.82	3.09	4.04	3.71	2.87	1.42
Tm	0.48	0.53	0.56	0.37	0.42	0.26	0.45	0.54	0.52	0.39	0.20
Yb	3.08	3.31	3.55	2.45	2.71	1.64	2.94	3.31	3.25	2.33	1.25
Lu	0.47	0.49	0.51	0.38	0.41	0.24	0.45	0.48	0.48	0.34	0.18
Hf	16.22	15.95	18.54	10.63	10.12	8.60	11.49	12.90	11.84	9.13	5.19
Ta	2.13	2.13	2.12	0.73	0.71	1.59	1.26	2.15	2.20	0.80	0.71
Tl	0.65	0.60	0.71	0.26	0.27	0.82	0.61	0.62	0.80	0.32	0.20
Pb	25.58	28.81	29.23	18.64	17.55	16.76	19.38	24.45	26.58	18.21	17.66
Th	11.92	12.55	13.07	7.67	8.57	18.04	12.25	14.40	18.52	7.49	8.03
U	3.24	3.66	3.66	2.40	2.25	3.94	1.98	1.82	3.95	1.28	1.98
Mg#	24.94	31.12	33.46	14.76	39.86	42.07	34.59	23.49	40.85	25.05	21.85
La/Yb	27.49	27.92	27.53	11.81	10.58	35.99	20.09	27.56	25.97	21.73	29.20
Eu/Eu*	13.69	14.67	14.94	5.43	6.31	7.59	8.99	13.75	11.70	10.58	5.71

Sample No	DG-71BA	SB-49/1BA	SB-49/2BA	SB-49/3BA	SB-49/5BA	DO-61BA	DO-64BA	DO-69BA	DG-74BA	DG-80BA	GS-83BA	GS-84BA
Rocktype	Rhyolite											
SiO ₂	69.48	74.39	74.15	74.60	74.45	73.00	71.14	74.63	70.11	75.56	73.39	75.69
TiO ₂	0.61	0.34	0.35	0.35	0.34	0.35	0.57	0.10	1.17	0.27	0.27	0.25
Al ₂ O ₃	14.90	13.90	13.73	13.72	13.94	14.34	14.87	14.27	13.92	13.19	15.88	14.28
Fe ₂ O ₃ T	3.52	1.78	2.07	1.76	1.72	1.76	2.52	0.68	3.01	1.60	1.18	1.09
MnO	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00
MgO	0.18	0.45	0.43	0.45	0.45	0.22	0.26	0.11	0.64	0.68	0.24	0.29
CaO	1.68	0.34	0.37	0.32	0.32	0.15	0.77	0.51	2.75	0.69	0.17	0.15
Na ₂ O	3.92	4.56	4.79	4.60	4.56	4.65	4.75	4.81	3.95	2.23	4.38	4.17
K ₂ O	5.44	4.10	3.93	4.06	4.08	5.48	4.97	4.87	3.89	5.68	4.42	4.02
P ₂ O ₅	0.24	0.10	0.14	0.10	0.10	0.02	0.10	0.02	0.52	0.06	0.05	0.04
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
LOI	1.10	1.04	0.94	1.08	1.10	0.72	0.76	0.94	1.10	1.82	1.40	1.04
Na ₂ O+K ₂ O	9.36	8.66	8.72	8.66	8.64	10.13	9.72	9.68	7.84	7.92	8.80	8.19
K ₂ O/Na ₂ O	1.39	0.90	0.82	0.88	0.90	1.18	1.05	1.01	0.99	2.54	1.01	0.96
Trace elements (ppm)												
Sc	5.36	2.41	3.28	2.74	2.66	5.85	4.14	3.00	5.84	3.39	4.45	4.51
Ti	0.36	0.20	0.21	0.21	0.20	0.21	0.34	0.06	0.70	0.16	0.16	0.15
V	27.02	30.20	23.40	28.88	27.33	8.73	18.10	2.21	44.02	16.02	5.69	8.60
Cr	3.09	3.90	1.86	4.05	4.52	3.47	2.95	3.38	4.10	4.29	2.78	2.81
Co	2.88	2.42	2.07	2.29	2.46	0.46	0.98	0.61	3.96	2.51	0.75	0.77
Zn	46.42	49.64	58.25	57.34	51.38	63.22	61.14	30.96	47.19	34.67	36.86	38.32
Rb	81.28	48.41	98.41	70.84	65.54	155.2	106.46	160.3	93.00	284.6	143.8	138.21
Sr	219.19	80.14	141.94	93.29	105.86	15.87	107.65	13.24	401.2	82.43	221.7	161.85
Y	18.83	15.06	19.02	17.05	15.38	29.13	27.08	37.55	22.74	24.26	28.30	34.82
Zr	655.12	177.67	243.52	187.34	219.18	540.5	496.53	336.0	522.9	195.6	324.4	307.37
Nb	25.45	11.63	11.76	11.94	11.80	26.21	21.97	26.01	41.69	23.11	11.35	10.51
Cs	1.73	1.10	1.12	1.06	1.12	3.35	3.38	2.55	1.58	6.96	5.97	4.24
Ba	906.18	721.70	697.84	737.48	733.37	202.0	1192.4	28.35	838.0	427.3	833.4	718.35
La	56.17	22.09	38.65	28.36	24.87	41.14	44.55	49.50	55.68	66.59	52.92	49.70
Ce	97.92	58.73	62.17	61.54	54.79	65.25	79.55	101.1	112.4	111.7	97.78	141.55
Pr	12.52	5.54	8.25	6.97	5.90	11.21	11.68	14.45	14.08	14.23	12.84	15.69
Nd	43.29	19.03	29.14	25.41	21.22	43.37	45.60	55.34	54.46	48.59	48.66	59.17
Sm	7.82	3.40	4.64	4.20	3.44	7.99	8.47	10.80	9.54	7.71	8.76	10.72
Eu	1.93	0.64	0.84	0.78	0.68	1.40	1.71	0.26	2.22	0.75	1.30	1.47
Gd	5.54	2.69	3.75	3.35	2.77	6.43	7.12	8.36	7.44	6.02	7.29	8.66
Tb	0.75	0.43	0.56	0.51	0.43	1.03	1.09	1.36	1.01	0.87	1.03	1.26
Dy	3.80	2.73	3.12	2.88	2.62	5.91	5.78	7.86	4.97	4.59	5.39	6.68
Ho	0.72	0.56	0.66	0.61	0.56	1.18	1.13	1.59	0.91	0.90	1.06	1.34
Er	1.93	1.65	1.94	1.80	1.76	3.27	2.94	4.33	2.24	2.48	2.83	3.54
Tm	0.29	0.27	0.33	0.29	0.29	0.49	0.43	0.66	0.32	0.38	0.42	0.52
Yb	1.86	1.94	2.24	2.02	2.04	3.29	2.74	4.36	1.92	2.55	2.78	3.29
Lu	0.29	0.30	0.36	0.32	0.33	0.50	0.41	0.64	0.30	0.38	0.43	0.51
Hf	14.60	4.92	6.58	5.38	6.13	14.71	12.37	11.19	12.74	5.94	9.39	8.76
Ta	1.44	0.87	0.84	0.91	0.90	1.62	1.33	1.88	2.57	1.86	0.78	0.75
Tl	0.21	0.29	0.29	0.30	0.31	0.56	0.68	0.95	0.11	1.49	0.88	0.85
Pb	13.11	13.30	15.76	14.07	15.47	21.13	21.14	23.94	14.70	28.13	15.91	14.88
Th	7.59	10.88	11.87	12.03	11.26	16.28	11.32	16.14	11.22	34.77	14.49	14.66
U	2.16	2.26	2.10	2.47	2.31	3.37	2.43	2.58	1.73	3.59	2.51	3.41
Mg#	10.73	37.21	32.83	37.47	37.62	22.76	19.45	27.67	33.01	49.86	32.34	38.49
La/Yb	30.17	11.37	17.28	14.03	12.21	12.50	16.28	11.34	28.94	26.15	19.06	15.09
Eu/Eu*	6.58	3.03	4.17	3.75	3.08	7.17	7.76	9.50	8.42	6.81	7.99	9.64

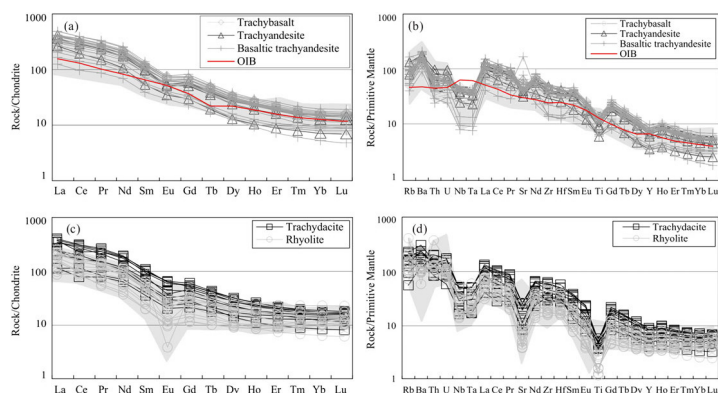
Суурилаг чулуулгийн Σ ГХЭ-ийн агуулга 149-571 байхад хүчиллэг чулуулгийнх 120-470 байна. Эдгээр хоёр бүлгийн хондритод нормчилсон ховор элементийн тархалтын муруйд ХүГХЭ-тэй харьцуулахад ХөГХЭ-р бага зэрэг баяжигдсан боловч ойролцоо утгатай. $(La/Yb)_{CN}$ -ийн харьцаа тус бүр 15.72-43.87 болон 7.59-25.8 байна. Харин хүчиллэг чулуулаг дахь Eu-ийн аномаль суурилаг чулуулгаас харьцангуй хүчтэй сөрөг утгыг харуулж байхад $(Gd/Yb)_{CN}$ харьцаа суурилаг чулуулагт 2.9-6.71

байгаа нь хүчиллэг чулуулгаас (1.12-3.41) бага зэрэг өндөр (Зур. 7а, с) байна. Сарнимал элементийн концентраци нь анхдагч мантиас (PM) хэд дахин их бөгөөд хүГХЭ болон Ti-ийн хувьд том ионы литофиль элементүүд (LILEs) болох Rb, Ba, Th, U зэргээс хэдэн зуу дахин их (Зураг 7b, d) байдаг. Анхдагч мантид нормчилсон диаграмд, Дорнод Монголын вулканик чулуулаг нь LILE болох Rb, Ba-р баяжигдсан, HFSE болох Nb, Ta-р шавхагдсан. Түүнчлэн Th болон La суурилаг болон хүчиллэг

бүлгийн чулуулгууд харьцангуй тогтворгүй аномальтай байна. ялгаатай Eu, Sr болон Ti сөрөг, Ba-ийн



Зураг. 6 Зүүн Монголын хожуу-мезозойн галт уулын чулуулагт хийсэн харкерын диаграм



Зураг. 7 Дорнод Монголын хожуу-мезозойн галт уулын чулуулгийг хондродитод нормчилсон ГХЭ-ийн муруй болон анхдагч маантид нормчилсон ховор элементийн тархалтын муруй. Зураг.7 a,b нь суурилаг чулуулаг, зураг.7 c,d нь хүчиллэг чулуулаг. ЗҮҮН ХОЙД Хятадын Их Хянганы нурууны галт уулын чулуулагт хийсэн датаг харьцуулахаар саарал өнгөөр харуулсан. Дата зураг. 5-д харуулсантай ижил. (Sun and McDonough, 1989).

5.3 Sr-Nd изотоп

Sr-Nd изотопын үр дүнг хүснэгт-3-т харуулсан. Суурилаг чулуулгийн

$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ харьцаа 0.705304-0.706157 байхад $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ харьцаа 0.512486-0.512661 хооронд хэлбэлзэж байна.

Анхдагч $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ харьцаа 0.705211-0.705912 болон $\text{E}(\text{Nd}(t))$ утга -1.735-+1.676 байхад $t=110$ с.ж. тооцоолсон. Харин $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ изотопын утга -1.735-+1.676 байна. Хүчиллэг чулуулаг

нь харьцангуй өндөр $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -ийн 0.707628-0.828596 хооронд буюу нэг риолитын (DO_69BA) дээжинд өндөр $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ изотопын харьцаа 0.828596 байна.

Хүснэгт. 3 Дорнод Монголын хожуу мезозойн галт уулын чулуулгийн Sr болон Sm-Nd изотопын найрлага

Sample	DU_1/2BA	KH_24BA	KH_07BA	SB_42BA	SB_55BA	DG_76BA	TU_95BA	KH_36BA	SB_49/3BA	DO_69BA	GS_84BA
Rock type	Trachybasalt		Basaltic trachyandesite				Trachydacite		Rhyolite		
$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	0.119	0.0706	0.2318	0.598	0.2052	0.2215	0.1548	0.7175	2.2218	45.4648	2.5082
$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	0.705854	0.706022	0.706157	0.705304	0.705532	0.706134	0.705938	0.707628	0.711073	0.828596	0.715113
$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{\text{in}}$	0.705668	0.705912	0.705795	0.705211	0.705211	0.705788	0.705696	0.706455	0.707442	0.754291	0.71104
$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	0.1096	0.1089	0.1091	0.1126	0.1069	0.106	0.1093	0.1057	0.1028	0.1212	0.1145
$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	0.512533	0.512558	0.512486	0.512618	0.512646	0.512535	0.512661	0.512722	0.512553	0.512691	0.512565
$\text{E}(\text{Nd}(t))$	-0.825717	-0.32807	-1.73577	0.790704	1.417090	-0.736141	1.676074	2.975021	-0.280030	2.14577	-0.217646

Тэмдэглэл: анхдагч утгыг тооцоолохдоо суурилаг чулуулаг 110 с.ж, хүчиллэг чулуулаг 115 с.ж Энэхүү хэвийн бус өндөр утга нь хоёрдогч Sr-аар баяжсан эрдэс юмүү судал таарсан байж болох юм. Иймээс цаашдын хэлэлцүүлэгт энэ талаар дурдаагүй болно. Хүчиллэг чулуулгийн $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ харьцаа харьцангуй тогтвортой буюу 0.512553-0.512722 байна. Тэдгээрийн анхдагч $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ харьцаа 0.706-0.754 болон $\text{E}(\text{Nd}(t))$ утга -0.28003-+2.928506 байхад $t=115$ с.ж.-ээр тооцоолсон. Nd изотопын шавхагдсан мантийн моделийн нас суурилаг чулуулагт (T_{DM}) 0.72-0.91-тэрбум, хүчиллэг чулуулагт 0.61-0.90 тэрбум байна.

ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

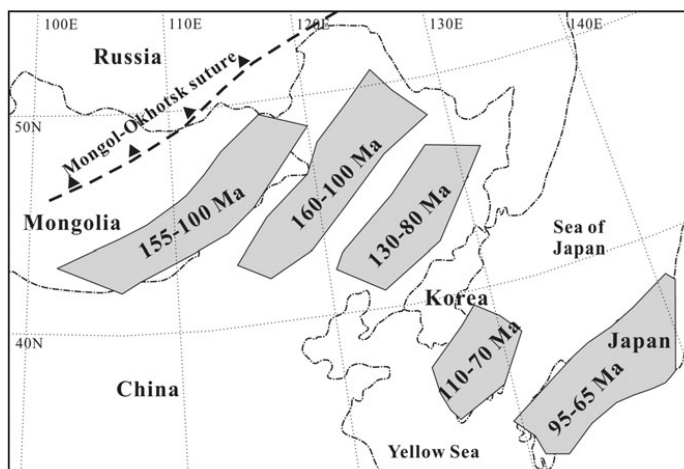
6.1 Дорнод Монголын хожуу-мезозойн галт уулын чулуулгийн дэлбэрэлтийн хугацаа

Дорнод Монголын хожуу-мезозойн галт уулын чулуулаг нь 1:500 000 масштабтай геологийн зурагт түрүү цэрдийн настай гэж зураглагдсан (Геологийн хүрээлэн, УУХҮЯ, 1990). Гэхдээ үүнд геологийн нас тодорхойлсон судалгаа харьцангуй дутмаг юм. Бидний шинээр тодорхойлсон K-Ar үнэмлэхүй насны үр дүн галт уулын чулуулаг түрүү цэрдэд (99-118 с.ж) үүссэнийг баталж байна. Өмнө хэвлэгдсэн насны судалгаатай хамтатгаж үзвэл, Дорнод Монголын хожуу-мезозойн галт уулын чулуулаг нь 99-155 с.ж хооронд бялхсан бөгөөд хожуу-юрагаас түрүү-цэрдийн хугацааг хамарч байна.

Эдгээр насны мэдээллүүд нь дорнод Монголын вулканик чулуулаг Зүүн хойд Хятадын Их Хянганы нуруутай ижил цаг үед үүссэнийг (160–100 с.ж; Davis et al., 2001; Wang et al., 2006; Miao et

al., 2007; Ying, Zhou, Zhang, & Wang, 2010) харуулж байна. Гэхдээ зэргэлдээ зүүн талд нь орших Сунлиао сав газар (140–106 с.ж; Wang, Fan, & Guo, 2002; Zhang, Nakamura et al., 2007; Shu, Ding, Ji, & Qu, 2007; Ding et al., 2007; Gao, 2008), Жиапуси (130–80 с.ж; Yu, Xu, Pei, Yang, & Zhao, 2009; Xu et al., 2013), Оросын Алс дорнод (132–80 с.ж; Cogn., 2005; Jahn et al., 2015), Өмнөд Солонгосын пенсилван (110–70 с.ж; Kim et al., 2012; Kim, Kwon, Santosh, Williams, & Yi, 2014; Koh, Kwon, Park, Park, & Kee, 2013; Kihm, Kim, Choi, Hwang, & Ko, 2014), болон баруун өмнөд Японы (95–65 с.ж; Li, Guo, Fan, & Gao, 2007; Sato, Matsuura, & Yamamoto, 2016) вулканитаас хөгшин байгаа нь Зүүн хойд Азийн хожуу-мезозойн галт уулын чулуулаг дорнод Монголоос (баруун тал) Япон (зүүн тал) хүртэл залуужиж байж болох юм (зур. 8). Ийнхүү цаг хугацаа болон орон зайн хувьд авч үзэхэд, галт уулын чулуулаг нь Номхон далайн субдукц (баруун) баруунаас зүүн тийш шилжихэд, эсвэл

субдукцлагдсан хавтангийн ухралтаар үүссэн байх боломжтой (дэлгэрэнгүйг (slab rollback of the subducted plate) хэсэг 6.3-аас үзнэ үү).



Зураг. 8 Зүүн хойд Ази тивийн хожуу-мезозойн галт уулын чулуулгийг цаг хугацаа болон орон зайн хувьд харуулсан бүдүүвч зураг. Дорнод Монголоос Их Хянганы нуруу, баруун өмнөд Япон хүртэл шилжсэн зүүн тийш шилжсэн шилжилт (Wang et al., 2006; насны датаг Shuvalov, 1980, 1982; Graham et al., 2001; Dash et al., 2013; Zhao et al., 1989; Davis et al., 2001; Fan et al., 2003; Meng, 2003; Wang et al., 2006; Chen, Zhang, Graham, Su, & Deng, 2007; Guo et al., 2008; Zhang, Ge et al., 2008; Zhang et al., 2010; Ying et al., 2010; Xu et al., 2013; Li, Liu et al., 2014; Wang et al., 2002; Zhang, Nakamura et al., 2007; Shu et al., 2007; Ding et al., 2007; Gao, 2008; Yu et al., 2009; Xu et al., 2013; Cogné et al., 2005; Jahn et al., 2015; Li et al., 2007; Sato et al., 2016).

ДОРНОД МОНГОЛЫН ХОЖУУ-МЕЗОЗОЙН ГАЛТ УУЛЫН ЧУЛУУЛГИЙН ГАРАЛ ҮҮСЭЛ

Ислүүд болон SiO₂ харьцуулсан диаграмд, суурилаг болон хүчиллэг чулуулаг ямар нэг шугаман хамаарал харуулахгүй байгаа нь (зур. 6) эдгээр хоёр бүлгийн чулуулаг өөр өөр эх үүсвэртэй болохыг харуулж байна. Суурилаг чулуулгийн өндөр LOI (0.22-3.84 wt.%, хүснэгт. 3) утга нь магмын дэлбэрэлтийн дараах хувиралтай холбоотой үүссэн байх боломжтой. Энэ нь цаашлаад петрографийн судалгаагаар базальтлаг чулуулаг эпидот, хлоритод

хувирсанаар баталгаажиж байна. Дэлбэрэлтийн дараах хувирал нь үл нийцлэг (LILEs) элементийн агуулгыг өөрчилсөн байж болох юм. Тиймээс харьцангуй тогтвортой элементүүдийг (жишээлбэл, HFSEs болон REEs) анхдагч магмын геохимийн шинж чанарыг тодорхойлоход цаашдын хэлэлцүүлэгт ашигласан.

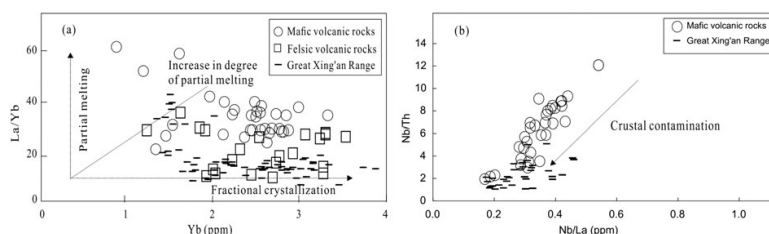
6.2.1 Суурилаг чулуулгийн гарал үүсэл

Суурилаг бүлгийн чулуулаг нь мантийн эх үүсвэрээс магм өгсөх үед фракцлалтын талсжилт болон царцдасын бохирдолттой холбоотойгоор үүсэж болно. Чулуулаг дах бага Mg# (27.76-59.37) болон

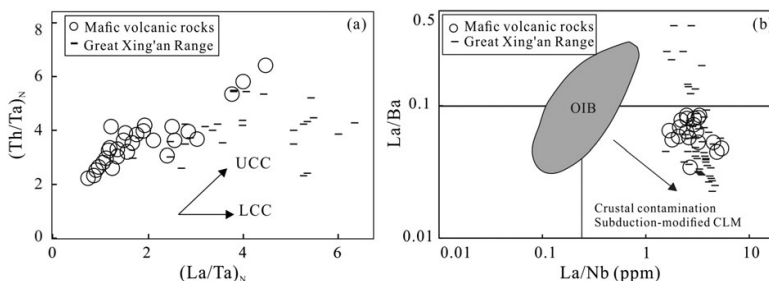
Cr (31-156) -ийн агуулга нь анхдагч магмын фракцжилтын талсжилтын үр дүнг харуулж байна. MgO , Fe_2O_3 , CaO нь цахиурын исэлтэй сөрөг хамааралтай (зур. 6) байгаа нь суурилаг магм оливин, ортопироксен (Орх) болон клинопироксены (Срх) фракцжилтын талсжилттай хамааралтай байгааг илтгэнэ. Ялимгүй сөрөг Eu аномаль суурилаг чулуулгийн гарал үүсэлд плагиоклазын хувь нэмэр бага зэрэг байсныг зааж байна. Энэ нь чулуулаг дахь зонхилох шигтгээлэг эрдэс плагиоклаз юм гэсэн ажиглалттай нийцэж байна. La/Yb болон Yb харьцуулсан графикт (зур. 9) суурилаг чулуулаг нь фракцжилтын талстаас үүссэнийг харуулж байна. Магмын хувьсалын явцад царцдасын бохирдолтоор чулуулаг Th-р баяжсан байдаг (Li, Mooney, & Fan, 2006; Yang et al., 2016). Иймээс чулуулаг дахь өндөр

Th (2.1-8.93 ppm) агуулга царцдасын бохирдол явагдсаныг зааж байна. Мөн эх газрын царцдас ихэвчлэн Nb, Ta-р шавхагдаж, эх газрын царцдасын дээд хэсэг La, Th-р баяждаг (Barth, Pierce, & Smith, 2000). Nb/Th болон Nb/La диаграммын (зур. 9b) эерэг хамаарал суурилаг магм царцдасын дээд хэсгээр бохирдсоныг илтгэж байна.

$(Th/Ta)_N$ болон $(La/Ta)_N$ харьцуулсан диаграмд зүүн Монголын суурилаг чулуулгийн дээж UCC-г дагасан чиглэлд буусан (зур. 10a; Ingle, Weis, & Frey, 2002) нь эх газрын царцдасын дээд хэсэг бохирдуулагч юм гэдгийг харуулж байна. Үүнээс гадна La/Ba болон La/Nb диаграмд (зур. 10b) царцдасын бохирдолт нь суурилаг чулуулгийн гарал үүсэлд тодорхой хувь нэмэр оруулсаныг харуулна. Sr-Nd изотопын найрлага мөн үүнийг баталж байна (зур. 11a, b).



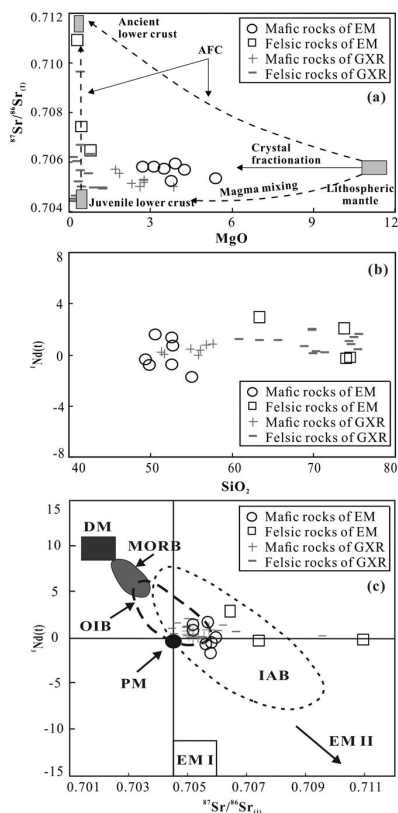
Зураг. 9 (a) La/Yb болон Yb харьцуулсан диаграм (Zhu, Guo, Song, Zhang, & Gu, 2009) зүүн Монголын галт уулын чулуулгийн фракцчлалтын талсжилт (Их Хянганы нурууны дата зур. 5-тай ижил); (b) Nb/Th болон Nb/La суурилаг чулуулгийн талсжилтын бохирдолтыг харуулсан зураг.



Зураг. 10 (a) $(Th/Ta)_N$ болон $(La/Ta)_N$ мөн (b) La/Ba болон La/Nb (Thirlwall, Smith, Graham, Theodorou, & Hollings, 1994 дараа) диаграм (дата зур. 5-тай ижил)

Суурилаг найрлагатай галт уулын чулуулаг нь өндөр-калитай шүлтлэг-шохойлогоос шошонитын эгнээнд (зур. 5), ГХЭ-ийн агуулга өндөр (149-571 ppm), OIB-тай төстэй байдаг (зур. 7). Гэсэн хэдий ч анхдагч мантид нормчилсон диаграмд HFSEs (Nb, Ta, Ti)-ийн сөрөг аномалийг үзүүлж байгаа (зур. 7b) нь субдукцтэй холбоотой магмын шинж чанарыг харуулж байна (Yang, Guo, Song, & He, 2015). Мөн өндөр Ba/Nb утга (29-127) нь суурилаг чулуулаг нь субдукцтэй холбоотой болохыг баталж байна (>28; Fitton, James & Kempton, 1988). Nb/Yb болон Ta/Yb харьцааг магмын эх үүсвэрт гранатын үлдэгдэл эвсэл хэсэгчилсэн хайлалтын зэрэг бага байсан ч базальтлаг магмын мантийн эх үүсвэрийн баяжигдсан эсвэл шавхагдсан шинжийг тодорхойлоход ашиглаж болох юм. Үүний зэрэгцээ Th/Yb харьцааг субдукцийн бүрэлдэхүүн хэсгийн хяналт болохуйц мэдрэмтгий гэж үздэг (Pearce, Stern, Bloomer, & Fryer, 2005; Pearce & Stern, 2006). Th/Yb болон Ta/Yb (зур. 12a) диаграмд суурилаг чулуулаг эх газрын идэвхитэй захын болон EMORB-OIB мантийн хил заагт хамаарч байна.

Өндөр Th/Yb утга босоо хазайлт үүсгэсэн нь мантийн эх үүсвэр дэх субдукцийн бүрэлдэхүүн байгааг харуулж байна. Харьцангуй өндөр Ba/Th болон бага La/Sm (зур. 12b) харьцаа, Ba-ийн эерэг аномаль (зур. 7b) зэрэг нь суурилаг чулуулаг субдукцлэгдсэн хурдасын хэсэгчилсэн хайлалтаас илүүтэйгээр мантийн эх үүсвэрийг хавтангийн флюид уусмалаар метасоматжсан болохыг харуулж байна (Labanieh et al., 2012).



Зураг. 11 (a) $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(i)$ болон MgO ; (b) $\epsilon\text{Nd}_{(t)}$ болон SiO_2 ; мөн (c) $\epsilon\text{Nd}_{(t)}$ болон $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ диаграм (Их Хянганы нурууны датар: Yang, Niu, Cheng, Shan, & Li, 2015; Sun et al., 2013; Fan et al., 2003). Товчлол: GXR = Их Хянганы нуруу; EM = Зүүн Монгол

Учир нь субдукцтэй холбоотой флюид Ba, Rb, U-аар баяжсан, Th, Nb, Ta, Ti болон ГХЭ-р шавхагдсан байна (Ayers, Dittmer, & Layne, 1997; Brenan, Shaw, Ryerson, & Phinney, 1995; Kessel, Schmidt, Ulmer, & Pettke, 2005). Суурилаг чулуулгийн Sr-Nd изотоп болох анхдагч $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0.705211-0.705912) болон $\epsilon\text{Nd}(t)$ (-1.735-+1.676) утга бага зэрэг шавхагдсан эсвэл анхдагч мантийн (зур. 11c) эх үүсвэрийг заана. Энэ нь ТАОБ-ийн зүүн хэсгийн литосферын манти байж болох юм (Zhang, Chen, Zhou, Wang, & Zhang,

2007; Zhou et al., 2009). Харьцангуй залуу Nd-ийн шавхагдсан мантийн загварчлалын нас ($TDM = 0.72-0.91$ Ga) үүнийг баталж байна. Үүний зэрэгцээ Sr-Nd изотопын найрлага болон TDM нас нь ТАОБ доор эртний эх газрын литосфер байхгүй болохыг харуулж байгаа бөгөөд энэ нь ТАОБ-ийн зүүн хэсэгт том хэмжээний кембрийн өмнөх суурь байхгүй гэдэг (Miao et al., 2004; 2017; 2015). Суурилаг чулуулгийн өндөр K/Rb (165-883) харьцаа амфибол нь мантийн эх үүсвэр дэх давамгайлсан ус агуулсан эрдэс болохыг илэрхийлнэ. Түүнчлэн La/Sm ба La/Yb харьцаа 3.96-7.64; 21.91-61.14 хооронд хэлбэлзэж байгаа нь галт уулын чулуулаг шпинель эсвэл гранаттай перидотитоос үүсэн болохыг харуулна (e.g., Genc & Tuysuz, 2010). Эцэст нь геохимийн үр дүн Дорнод Монголын суурилаг найрлагатай галт уулын чулуулаг литосферын мантийн эх үүсвэртэй, энэ нь субдукцитэй холбоотой флюид уусмалаар метасоматжсан байж болох ба голчлон пироксен болон оливины фракцжилтын талсжилт, царцдасын бохирдолтоор эх газрын царцдасын дээд хэсгээс үүссэн.

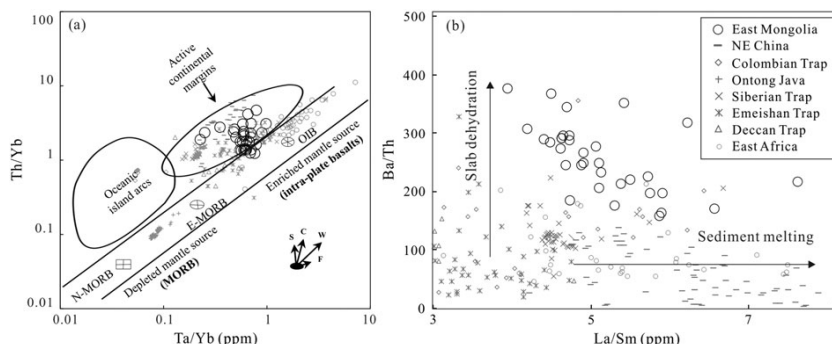
6.2.2 Хүчиллэг чулуулгийн гарал үүсэл

Мантийн шууд хайлалт нь хүчиллэг чулуулаг үүсгэх боломжгүй (Campbell et al., 2014). Ихэнхи гол ислийг SiO_2 -тэй харьцуулахад хүчиллэг болон суурилаг чулуулгийн хооронд ямар нэг шугаман хамаарал байхгүй байна. Харин SiO_2 агуулга ихсэхэд Cr болон MgO агуулга буурч байгаа зүй тогтол ажиглагдаж байна (зур. 6). Энэ нь хүчиллэг чулуулаг суурилаг чулуулгийн хэсэгчилсэн хайлалтаас үүсээгүй. Тиймээс Дорнод Монголын хүчиллэг чулуулаг нь мантийн гаралтай суурилаг чулуулгаас ялгаатай эх үүсвэртэй байж болох юм.

Хээрийн ажиглалт болон геохимийн үр дүнгээр, Дорнод Монголын хожуу мезозойн вулканоген хурдсанд дундлаг найрлагатай галт уулын чулуулаг багахан хувь эзэлдэг (зур. 5 болон 6). Өөрөөр хэлбэл, Дорнод Монголын хожуу мезозойн галт уулын чулуулаг литологи, геохимийн найрлагаар бимодаль юм.

Хүчиллэг чулуулгийг суурилаг чулуулагтай харьцуулхад, хондритод нормчилсон ГХЭ болон анхдагч мантид (PM) нормчилсон сарнимал элементийн графикт Eu, Sr болон Ti -ийн сөрөг аномаль илүү өндөр, Ba бага зэрэг эерэг (зур. 7c) байна. Энэ нь плагиоклаз болон Ti давамгайлсан (жишээ нь рутил) фракцжилтын талсжилт хүчиллэг чулуулгийн гарал үүсэлд хувь нэмэр оруулсныг харуулж байна. Мөн өндөр SiO_2 (63.47-75.69) болон Al_2O_3 (13.18-16.92); бага Mg# (10.7-49.9) утга хүчиллэг галт уулын чулуулаг суурилаг царцдасын хэсэгчилсэн хайлалтаас үүссэнийг тайлбарлана (зур. 6). Хүчиллэг чулуулгийн $\epsilon Nd(t)$ -ийн утга суурилаг чулуулагтай ойролцоо буюу бага зэрэг сөргөөс эерэг (-0.218-+2.975 болон -1.74-+1.68) байна. Энэ нь хүчиллэг чулуулаг залуу (juvenile) царцдасын эх үүсвэртэйг харуулж байна.

Хүчиллэг чулуулгийн анхдагч Sr-ийн харьцаа (0.706-0.711) ижил насны суурилаг чулуулагтай харьцуулхад өндөр байгаа нь царцдасын дээд хэсгийн материал хүчиллэг чулуулгийн гарал үүсэлд оролцсоныг илэрхийлж байна. Нэг үгээр хэлбэл, Дорнод Монголын хүчиллэг магм нь ижил цаг үед үүссэн суурилаг магмын фракцжилтын талсжилтаас бус суурилаг залуу царцдасын хэсэгчилсэн хайлалтаас үүссэн юм.



Зураг. 12 (a) Th/Yb болон Ta/Yb (Pearce, 1983); (b) Ba/Th болон La/Sm (Labanieh et al., 2012): Суурилаг чулуулгийн гарал үүслийн диаграм. Гарал үүслийг харьцуулах зорилгоор дараах датаг мөн ашигласан: ЗХ Хятад: Fan et al., 2003; Ji et al., 2007; Yu et al., 2009; Meng et al., 2011; Guo et al., 2013; Sun et al., 2013; Xu et al., 2013; Dong et al., 2014; Li, Liu, et al., 2014; Li, Hegner, et al., 2014; Yang et al., 2015; Columbian Trap: Nivia, Marriner, Kerr, & Tarney, 2006; Lara et al., 2013; Ontong Java: Fitton & Godard, 2004; White, Castillo, Neal, Fitton, & Godard, 2004; Siberian Trap: Reichowa, Saunders, White, Al'Mukhamedov, & Medvedev, 2005; Chuvashova, Rasskazov, & Yasnygina, 2016; Svetlitskaya & Nevolko, 2016; Emeishan Trap: Xiao, Xu, Chung, & Mei, 2003; Zi, Fan, Wang, & Peng, 2008; Deccan Trap: Sheth, Mahoney, & Chandrasekharam, 2004; Duraiswami & Shaikh, 2013; Зүүн Африк: MacDonald, Rogers, Fitton, Black, & Smith, 2001).

ТЕКТОНИК

Дорнод Монгол болон ЗХ Хятадын хожуу мезозойн галт уулын чулуулгийг тэлэлтийн (extensional) орчинд үүсэн гэж үздэг (Faure & Natal'in, 1992). Дорнод Монголын хожуу мезозойн бимодаль галт уулын чулуулаг нь үүнтэй нийцэж байна. Гэсэн хэдий ч, тектоник гарал үүсэл нь маргаантай хэвээр байна. Хэд хэдэн модель санал болгосон байдагт мантийн урсгал (plume) (Lin et al., 1998; Ge et al., 1999; Zhou, Ge et al., 2011); Монгол-Агнуурын орогеныг дагасан литосферын үелээс эсвэл хожуу орогены тэлэлт (Wang et al., 2002; Fan et al., 2003; Zhou et al., 2009; Zhou, Wilde et al., 2011; Li et al., 2014); ТАОБ (литосферын мантийн нурул; Dash et al., 2013) юмуу Номхон далайн субдукцийн арлан нумын арын

тэлэлтээр (Li & Shu, 2002; Sun et al., 2013; Zhang et al., 2011; Zhao et al., 1989) орно.

Бидний хийсэн геохими болон геохронологийн шинэ мэдээ Дорнод Монголын вулканоген чулуулаг мантийн урсгалаас (plume) үүсэн гэдэгтэй санал нийлэхгүй байна. Харин үүний оронд Их Хянганы нурууны хожуу мезозойн галт уулын чулуулагт хийсэн өмнөх дүгнэлттэй адил субдуктэй холбоотой гарал үүслийг зааж байна (зур. 13) (Fan et al., 2003; Guo, Fan, Li, Gao, & Miao, 2008; Zhang, Ge et al., 2008). Гэсэн хэдий ч эдгээр зохиогчид галт уулын чулуулаг үүсгэсэн геодинамик нөхцлийг тайлбарлахдаа Монгол-Агнуурын далайн хаагдалттай холбоотой орогенийн дараахь тэлэлтийг илүүд үзсэн. Учир нь Номхон далайн субдукцээс хэт хол байна гэж

үзсэн. Үнэн хэрэгтээ хожуу мезозойн галт уулын чулуулаг Дорнод Монгол, ЗХ Хятад, хойд Хятадын кратоны зүүн хэсэг (NCC) зэрэг өргөн уудам нутагт тархсан байдаг. Тиймээс ЗХ Хятадын өмнөд хэсэг болон хойд Хятадын кратоны зүүн хэсгийн магматизмыг Монгол-Агнуурын орогенийн дараахь тэлэлттэй уялдуулах нь үүнтэй ижил хэцүү байх болно (Dash et al., 2013). Мөн хэд хэдэн зүйлс вулканик чулуулаг болон Монгол-Агнуурын субдукц харилцан хамааралтай болохыг нотолж чадахгүй байна. Нэгдүгээрт, Монгол-Агнуурын далайн субдукц Дорнод Монголын галт уулын чулуулаг үүссэн цаг хугацааг бодвол мэдэгдэхүйц эрт байна. Геологийн судалгаагаар Монгол-Агнуурын далай Монголын хэсэгт түрүү-дунд юрагийн үед хаагдсан болохыг баталсан нь (Dong et al., 2014; Miao et al., 2017; Tomurtogoo, Windley et al., 2005; Zorin, 1999) цэрдийн галт уулын чулуулаг хамааралгүй болохыг харуулж байна. Хоёрдугаарт, геофизикийн зурагт Монгол-Агнуурын далай урд зүгт Монгол болон ЗХ Хятад руу биш хойд зүгт сибирийн доогуур субдукцлэсэн болохыг тогтоосон (Fritzell, Bull, & Shephard, 2016; Van der Voo et al., 1999). Эцэст нь, судалгааны талбай болон ЗХ Хятадын галт уулын чулуулаг нь ихэвчлэн тэлэлтийн сав газарт зүүн зүүн хойд чиглэлд үүссэн нь Монгол-Агнуур далайн сүтүртэй бус Номхон далайн субдукцтэй параллель байна (Meng, 2003).

Литосферын мантийн нуралтын модель (Dash et al., 2013) нь дараах хоёр асуудалтай тулгарч байна. Нэгт, зүүн хойд Азийн мезозойн галт уулын чулуулгийн баруунаас зүүн тийш (хөшинөөс залуужиж буй) шилжсэн насыг тайлбарлах боломжгүй. Нөгөө

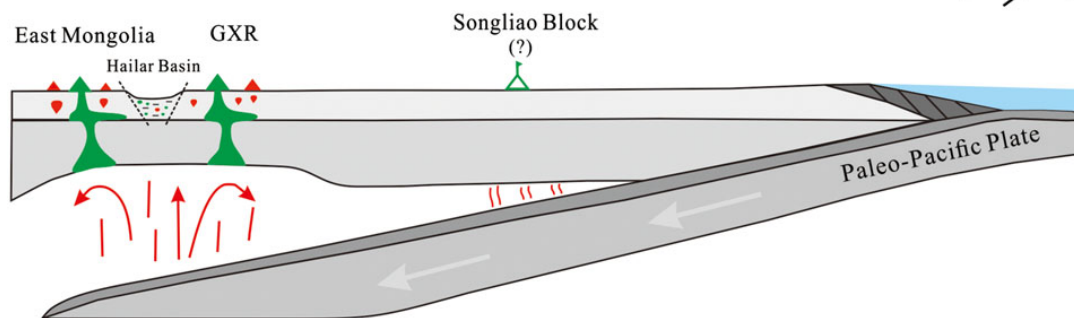
нь цэрдийн цаг үеийн өмнө 670 км-ийн хил заагт томоохон талбайг хамарсан Палео-Азийн субдукцийн хавтан байсан нотлох баримт дутмаг.

Моррисоны (1980) үзэж байгаагаар Дорнод Монгол болон ЗХ Хятад дахь шошонитын геохимийн шинж чанар нь бимодаль серийнхтэй зарим талаараа ижил шинж чанарыг харуулдаг. Түүний санал болгосноор, эх газрын захад үүссэн шошонит нь стратиграфийн хувьд илүү залуу, өндөр-калитай шүлтлэг-шохойлог чулуулгийг бодвол далайгаас хол зайд байна. Мөн шошонит нь ихэвчлэн субдукцийн бүсийн галт уулын чулуулагтай холбоотой үүсдэг. Энэ нь нум доторх хагарлын блок, өргөлт, субдукцийн эргэлтийг ухралтыг үгүйсгэж байна. Бодит байдал дээр Дорнод Монгол, ЗХ Хятадын хожуу мезозойн галт уулын чулуулгууд тасралтгүй тархсан бөгөөд хойд-зүүн хойд чиглэлд, мезозойн галт уулын тунамал сав газартай (Хайлаар болон Сунлиао сав газрууд гэх мэт) зэрэгцэн сунаж тогтсон байна.

Энэ нь Номхон далайн субдукцийн бүстэй тохирч буйг харуулна (Li, 2000; Wu, Lin, Wilde, Zhang, & Yang, 2005; Wu, Yang, Wilde, & Zhang, 2005). Тиймээс Номхон далайн баруун тийш субдукцлэсэн нумын арын тэлэлттэй холбоотой загварчлалыг санал болгож байна (Sun et al., 2013). Энэхүү загвар нь Номхон Далайн субдукцийн хавтангийн ухралт (slab rollback) нь астеносферийн давхарга, цаашлаад доод царцдасд нөлөөлснөөр хожуу мезозойн бимодаль серийн галт уулын чулуулаг үүссэн гэж үздэг (зур. 13).

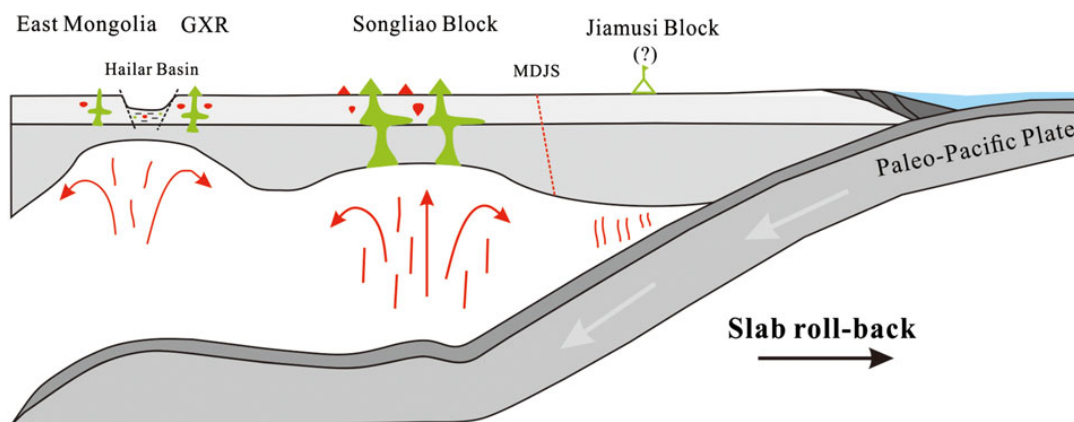
(a)

Late Jurassic to earliest Cretaceous

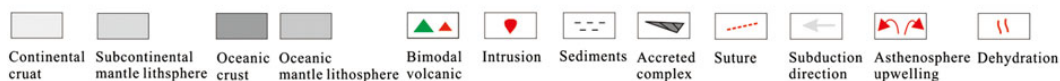


(b)

Middle to late Cretaceous



Legend:



Зураг. 13 Дорнод Монгол болон ЗХ Хятадын Их Хянганы нурууны хожуу мезозойн галт уулын чулуулгийн тектоникийн зураг (Sun et al., 2013). Товчлол: GXR = Их Хянганы нуруу; MDJS = Mudanjiang Муданьжиан сүтүр

ДҮГНЭЛТ

- К-Аг үнэмлэхүй насны үр дүн болон өмнө нийтлэгдсэн насны мэдээлэлтэй хамтатган Дорнод Монголын галт уулын чулуулаг хожуу- юрагаас түрүү-цэрдийн үед үүссэн, дэлбэрэлтийн нас ойролцоогоор 155-аас 99 с.ж

байна. Энэ нь зэргэлдээ орших ЗХ Хятадын Их Хянганы нурууныхтай ижил байна.

- Дорнод Монголын хожуу мезозойн галт уулын чулуулаг нь өндөр-калитай, шүлтлэг-шохойлог болон шошонитын эгнээнд литологи, геохимийн шинж чанараараа бимодаль галт уулын чулуулгийн

шинжчанарыг харуулж байна. Үүний суурилаг чулуулагт трахибазальт, базальтлаг трахиандезит болон бага хэмжээгээр трахиандезит орно. Субдукцтэй холбоотой флюид уусмалаар метасоматитжсан, эх газрын царцдасын дээд хэсгээр бохирдсон, шавхагдсан литосферын мантийн фракцжилтын талсжилтаар үүссэн. Харин хүчиллэг чулуулаг болох трахидацит, риолит нь залуу (juvenile) суурилаг царцдасын доод хэсгийн хэсэгчилсэн хайлалтаар үүссэн.

- Дорнод Монголын галт уулын чулуулгийн геохимийн шинжилгээний үр дүн болон бимодаль шинж чанар нь эдгээр чулуулгийн үүссэн орчиныг зааж байна. Зэргэлдээ орших ЗХ Хятадтай хамтатган үзэхэд, зүүн Дорнод Монголын хожуу мезозойн галт уулын чулуулгийн геодинамик нөхцлийг (Палео) Номхон далайн субдукцийн (баруун тийш) хавтангийн ухралтын улмаас нумын арын тэлэлтийн бүсэд үүссэн гэж тайлбарлаж болох юм.

ТАЛАРХАА

Энэхүү судалгааг БНХАУ-ын Судалгаа, хөгжүүлэлтийн Үндэсний Төв Байгалийн Ухааны Үндэсний Сан (41772230, 41702217, 41502217 Хятадын Шинжлэх ухаан, Технологийн Яам (2012FY120100), болон Хятадын Шинжлэх Ухааны Академи-Дэлхийн Гуравдагч орны дахь Шинжлэх Ухааны Дэлхийн Академи (CAS-TWAS)-н Ерөнхийлөгчийн PhD тэтгэлэгт хөтөлбөр санхүүжүүлэв. Док. Миншуай Жу, док. Шунху Ян, Синбо Ли, Жинжин Фань нарт Монгол

дахь хээрийн судалгааны ажил болон лабораторийн туршилтын явцад дэмжлэг үзүүлсэнд талархаж байна. Мөн редактороор ажилласан Лиу болон нэрээ нууцалсан хоёр шүүмжлэгч нарт гар бичмэлийг ихээхэн сайжруулахад тусалсанд талархаж байна.

ORCID: Amarjargal Bars <http://orcid.org/0000-0003-2080-0673>

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- Ayers, J., Dittmer, S., & Layne, G. (1997). Partitioning of elements between peridotite and H₂O at 2.0–3.0 Gpa and 900–1100C, and application to models of subductions zone processes. *Earth and Planetary Science Letters*, 150, 381–398.
- Badarch, G., Cunningham, D. W., & Windley, B. F. (2002). A new terrane subdivision for Mongolia: Implications for the Phanerozoic crustal growth of Central Asia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 21, 87–110.
- Barth, J. A., Pierce, S. D., & Smith, R. L. (2000). A separating coastal upwelling jet at Cape Blanco, Oregon and its connection to the California current system. *Deep Sea Research, Part II*, 47, 783–810.
- Brenan, J. M., Shaw, H. F., Ryerson, F. J., & Phinney, D. L. (1995). Experimental-determination of trace-element partitioning between Pargasite and a synthetic hydrous andesitic melt. *Earth and Planetary Science Letters*, 135, 1–11.
- Campbell, I. H., Stepanov, A. S., Liang, H. Y., Allen, C. M., Norman, M. D., Zhang, Y. Q., & Xie, Y. W. (2014). The origin of shoshonites: new insights from the Tertiary high

- potassium intrusions of eastern Tibet. *Mineralogy, Petrology*, 167, 1–22.
- Chen, Y., & Chen, W. (1997). Mesozoic volcanic rocks: Chronology, geochemistry, and tectonic background (Vol. 279). Beijing: Seismology Press.
- Chen, Y., Zhang, Y., Graham, D., Su, S., & Deng, J. (2007). Geochemistry of Cenozoic basalts and mantle xenolith in Northeast China. *Lithos*, 96, 108–126.
- Chu, Z. Y., Wu, F. Y., Walker, R. J., Rudnick, R. L., Pitcher, L., Puchtel, I. S., Wilde, S. A. (2009). Temporal Evolution of the Lithospheric Mantle beneath the Eastern North China Craton. *Journal of Petrology*, 50, 1857–1898.
- Chuvashova, I., Rasskazov, S., & Yasnygina, T. (2016). Mid-Miocene thermal impact on the lithosphere by sub-lithospheric convective mantle material: Transition from high- to moderate-Mg magmatism beneath Vitim Plateau. *Siberia. Geoscience Frontiers*, 1–22.
- Cogné, J. P., Kravchinsky, V. A., Halim, N., & Hankard, F. (2005). Late Jurassic-Early Cretaceous closure of the Mongol-Okhotsk Ocean demonstrated by new Mesozoic paleomagnetic results from the Trans-Bankal area (SE Siberia). *Geophysical Journal International*, 163, 813–832.
- Dash, B., Yin, A., Jiang, N., Tseveendorj, B., & Han, B. (2013). Petrology, structural setting, timing, and geochemistry of Cretaceous volcanic rocks in eastern Mongolia: Constraints on their tectonic origin. *Gondwana Research*, 27, 281–299.
- Davis, G.A., Zheng, Y., Wang, C., Darby, B.J., Zhang, C., Gehrels, G. (2001). Mesozoic tectonic evolution of the Yanshan fold and thrust belt, with emphasis on Hebei and Liaoning provinces, Northern China. *Geological Society of America Memoirs*, 194, 171–197.
- Ding, R. X., Shu, P., Ji, X. Y., Qu, Y. M., Chen, R. H., & Zhang, B. (2007). SHRIMP zircon U-Pb age and geological meaning of reservoir volcanic rocks in Qingshan gas field of the Songliao Basin, NE China. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 37, 525–530 (In Chinese with English abstract).
- Dong, Y., Ge, W. C., Yang, H., Zhao, G., Wang, Q., Zhang, Y., & Su, L. (2014). Geochronology and geochemistry of Early Cretaceous volcanic rocks from the Baiyingaolao Formation in the central Great Xing'an Range, NE China, and its tectonic implications. *Lithos*, 205, 168–184.
- Donskaya, T. V., Gladkochub, D. P., Mazukabzov, A. M., & Ivanov, A. V. (2013). Late Paleozoic–Mesozoic subduction-related magmatism at the southern margin of the Siberian continent and the 150 million-year history of the Mongol-Okhotsk Ocean. *Journal of Asian Earth Sciences*, 62, 79–97.
- Donskaya, T. V., Gladkochub, D. P., Mazukabzov, A. M., Waele, B. D., & Presnyakov, S. L. (2012). The Late Triassic Kataev volcanoplutonic association in western Transbaikalia, a fragment of the active continental margin of the Mongol-Okhotsk Ocean. *Russian Geology and Geophysics*, 53, 22–36.
- Duraiswami, R. A., & Shaikh, T. N. (2013). Geology of the saucer-shaped sill near Mahad, western Deccan traps, India, and its significance to the flood basalt

- model. *Bulletin of Volcanology*, 75, 1–18.
- Fan, W. M., Guo, F., Wang, Y. J., & Lin, G. (2003). Late Mesozoic calcalkaline volcanism of post-orogenic extension in the northern Da Hinggan Mountains, northeastern China. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 121, 115–135.
- Faure, M., & Natal'in, B. (1992). The geodynamic evolution of the eastern Eurasian margin in Mesozoic times. *Journal of Tectonophysics*, 208, 397–411.
- Fitton, J. G., & Godard, M. (2004). Origin and evolution of magmas on the Ontong Java Plateau. *Geological Society of London, Special Publication*, 229, 151–178.
- Fitton, J. G., James, D., & Kempton, P. D. (1988). The role of lithospheric mantle in the generation of Late Cenozoic basic magmas in the western United States. *Journal of Petrology, Special Volume (Special Lithosphere Issue)*, 331–349.
- Fritzell, E. H., Bull, A. L., & Shephard, G. E. (2016). Closure of the Mongol–Okhotsk Ocean: Insights from seismic tomography and numerical modelling. *Earth and Planetary Science Letters*, 445, 1–12.
- Gao, Y. (2008). Chronology and geochemistry of Mesozoic volcanic rocks in southern Songliao Basin. Master Dissertation. Jilin University, 1–78.
- Ge, W. C., Chen, J. S., Yang, H., Zhao, G. C., Zhang, Y. L., & Tian, D. X. (2015). Tectonic implications of new zircon U–Pb ages for the Xinghuadukou Complex, Erguna Massif, and northern Great Xing'an Range, NE China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 106, 169–185.
- Ge, W. C., Lin, Q., Sun, D. Y., Wu, F. Y., Yuan, Z. K., Li, W. Y., ... Yin, C. X. (1999). Geochemical characteristics of the Mesozoic basalts in Da Hinggan Ling: Evidence of the mantle-crust interaction. *Acta Petrologica Sinica*, 15, 397–407 (In Chinese).
- Genc, S. C., & Tuysuz, O. (2010). Tectonic setting of the Jurassic bimodal magmatism in the Sakarya Zone (Central and Western Pontides), Northern Turkey: A geochemical and isotopic approach. *Lithos*.
- Graham, S. A., Hendrix, M. S., Johnson, C. L., Badarch, G., Amory, J., Porter, M., Hacker, B. R. (2001). Sedimentary record and tectonic implications of Mesozoic rifting in southeast Mongolia. *GSA Bulletin*, 12, 1560–1579.
- Grebennikov, A. V., Khanchuk, A. I., Gonevchuk, V. G., & Kovalenko, S. V. (2016). Cretaceous and Paleogene granitoid suites of the Sikhote-Alin area (Far East Russia): Geochemistry and tectonic implications. *Lithos*, 261, 250–261.
- Guo, F., Fan, W., Gao, X., & Li, H. (2010). Sr–Nd–Pb isotope mapping of Mesozoic igneous rocks in NE China: Constraints on tectonic framework and Phanerozoic crustal growth. *Lithos*, 120, 563–578.
- Guo, F., Fan, W., Li, C., Gao, X., & Miao, L. (2008). Early Cretaceous highly positive ϵNd felsic volcanic rocks from the Hinggan Mountains, NE China: Origin and implications for Phanerozoic crustal growth. *Journal of Earth Science*, 98, 1395–1411.
- Guo, J., Guo, F., Yan Wang, C. Y., & Li, C. (2013). Crustal recycling processes in generating the Early Cretaceous

- Fangcheng basalts, North China Craton: New constraints from mineral chemistry, oxygen isotopes of olivine and whole-rock geochemistry. *Lithos*, 170-171, 1–16.
- Guo, S., Evans, D. G., & Li, D. (2006). Preparation of C.I. Pigment 52:1 anion-pillared layered double hydroxide and the thermo- and photostability of the resulting intercalated material. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 67, 1002–1006.
- Ingle, S., Weis, D., & Frey, D. (2002). Indian continental crust recovered from Elan Bank, Kerguelen Plateau (ODP Leg 183), site 1137. *Journal of Petrology*, 43, 1241–1257.
- Institute of Geology, Ministry of Heavy industry of Mongolia. (1990). Geological map of Mongolia; 1:500 000 scale.
- Jahn, B. M. (2004). The Central Asian Orogenic Belt and growth of the continental crust in the Phanerozoic. In J. Malpas, C. J. N. Fletcher, J. R. Ali, & J. C. Aitchison (Eds.), *Aspects of the Tectonic Evolution of China* (Vol. 226) (pp. 73–100). Special Publication: Geological Society of London.
- Jahn, B. M., Litvinovsky, B. A., Zandievich, A. N., & Reichow, M. K. (2009). Peralkaline granitoid magmatism in the Mongolian–Transbaikalian Belt: Evolution, petrogenesis and tectonic significance. *Lithos*, 113, 521–539.
- Jahn, B. M., Valui, G., Kruk, N., Gonevchuk, V., Usuki, M., & Jeremy, T. J. W. (2015). Emplacement ages, geochemical and Sr–Nd–Hf isotopic characterization of Mesozoic to early Cenozoic granitoids of the Sikhote-Alin Orogenic Belt, Russian Far East: Crustal growth and regional tectonic evolution. *Journal of Asian Earth Sciences*, 111, 872–918.
- Jahn, B. M., Wu, F. Y., & Chen, B. (2000). Massive granitoid generation in central Asia: Nd isotopic evidence and implication for continental growth in the Phanerozoic. *Episodes*, 23, 82–92.
- Ji, W., Xu, W., Yang, D., Pei, F., Jin, K., & Liu, X. (2007). Chronology and geochemistry of volcanic rocks in the Cretaceous Suifenhe Formation in eastern Heilongjiang, China. *Acta Geologica Sinica-English Edition*, 81, 266–277.
- Kessel, R., Schmidt, M. W., Ulmer, P., & Pettke, T. (2005). Trace element signature of subduction-zone fluids, melts and supercritical liquids at 120–180 km depth. *Nature*, 437, 724–727.
- Kihm, Y. H., Kim, H., Choi, P. Y., Hwang, J. H., & Ko, K. (2014). Geological report of the Mokpo sheet (1: 50 000). Daejeon, Korea institute of Geoscience and Mineral Resources, 60, (In Korean).
- Kim, S. W., Kwon, S., Ryu, I.-C., Jeong, Y. J., Choi, S. J., Kee, W.-S., Park, D. W. (2012). Characteristics of the Early Cretaceous igneous activity in the Korean Peninsula and tectonic implications. *Journal of Geology*, 120, 625–646.
- Kim, S. W., Kwon, S., Santosh, M., Williams, I. S., & Yi, K. (2014). Detrital zircon U–Pb geochronology and tectonic implications of the Paleozoic sequences in western South Korea. *Journal of Asian Earth Sciences*, 95, 217–227.
- Koh, H. J., Kwon, C. W., Park, S. L., Park, J., & Kee, W. S. (2013). Geological report of Julpo sheet (1:50 000). Daejeon, Korea Institute of Geoscience

- and Mineral Resources, 81, (In Korean with English abstract).
- Kojima, S. (1989). Mesozoic terrane accretion in Northeast China, Sikhote- Alin and Japan regions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 69, 213–232.
- Kravchinsky, V. A., Cogne, J. P., Harbert, W. P., & Kuzmin, M. I. (2002). Evolution of the Mongol–Okhotsk Ocean as constrained by new palaeomagnetic data from the Mongol–Okhotsk suture zone, Siberia. *Journal of Geophysics*, 148, 34–57.
- Labanieh, S., Chauvel, C., Germa, A., & Auidelleur, X. (2012). Martinique: Function of distance to the trench. *Journal of Petrology*, 53, 2441–2464.
- Lara, M., Cardona, A., Monsalve, G., Yarce, J., Montes, C., Valencia, V., Lypéz-Martínez, M. (2013). Middle Miocene near trench volcanism in northern Colombia: A record of slab tearing due to the simultaneous subduction of the Caribbean Plate under South and Central America? *Journal of South American Earth Sciences*, 45, 24–41.
- Li, C. W., Guo, F., Fan, W. M., & Gao, X. F. (2007). Ar–Ar geochronology of Late Mesozoic volcanic rocks from the Yanji area, NE China and tectonic implications. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 50, 505–518.
- Li, J., & Shu, L. (2002). Mesozoic–Cenozoic tectonic features and evolution of the Songliao Basin, NE China. *Journal of Nanjing University, Natural Sciences*, 38, 525–531 (In Chinese).
- Li, L. M., Sun, M., Xing, G. F., Zhao, G. C., Zhou, M. F., Wong, J., & Chen, R. (2009). Two Late Mesozoic volcanic events in Fujian Province. Constraints on the tectonic evolution of southeastern China. *International Geology Review*, 51, 216–251.
- Li, S., Mooney, W. D., & Fan, J. (2006). Crustal structure of mainland China from deep seismic sounding data. *Tectonophysics*, 420, 239–252.
- Li, S. C., Liu, Z. H., Xu, Z. Y., Li, G., & Zhang, C. (2014). Age and tectonic setting of volcanic rocks of the Tamulangou Formation in the Great Xing’an Range, NE China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 113, 471–480.
- Li, S. Q., Hegner, E., Yang, Y. Z., Wu, J. D., & Chen, F. (2014). Age constraints on Late Mesozoic lithospheric extension and origin of bimodal volcanic rocks from the Hailar basin, NE China. *Lithos*, 190–191, 204–219.
- Li, X. H. (2000). Cretaceous magmatism and lithospheric extension in southeast China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 18, 293–305.
- Li, Y., Ma, C. Q., Xing, G. F., & Zhou, H. W. (2015). The Early Cretaceous evolution of SE China: Insights from the Changle–Nan’ao Metamorphic Belt. *Lithos*, 230, 94–104.
- Li, Z. X., & Li, X. H. (2007). Formation of the 1300 km-wide intracontinental orogen and postorogenic magmatic province in Mesozoic South China: A flat-slab subduction model. *Geology*, 35, 179–182.
- Lin, Q., Ge, W. C., Sun, D. Y., Wu, F. Y., Chong, K. W., Kyung, D. M., & Sung, H. Y. (1998). Tectonic significance of Mesozoic volcanic rocks in Northeastern China. *Scientia Geologica Sinica* 33, 129–139 (in Chinese with English abstract).
- MacDonald, R., Rogers, N. W., Fitton, J. G., Black, S., & Smith, M. (2001). Plume–lithosphere interactions in the

- generation of the basalts of the Kenya Rift, East Africa. *Journal of Petrology*, 42, 877–900.
- Maitre, R. W. L., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre, J., Le Bas, M. J., Zanettin, B. (1989). A classification of igneous rocks and glossary of terms: Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. Oxford, U.K.: Blackwell Scientific Publications.
- Maruyama, S., Iizuka, Y., Kimura, G., Terabayashi, M. (1997). Paleogeographic maps of the Japanese Islands: Plate tectonic synthesis from 750 Ma to the present. 121–142.
- Meng, E., Xu, W. L., Yang, D. B., Qiu, K. F., Li, C. H., & Zhu, H. T. (2011). Zircon U-Pb chronology, geochemistry of Mesozoic volcanic rocks from the Lingquan basin in Manzhouli area, and its tectonic implications. *Acta Petrologica Sinica*, 27, 1209–1226 (In Chinese with English abstract).
- Meng, Q. R. (2003). What drove Late Mesozoic extension of the northern China–Mongolia tract? *Journal of Tectonophysics*, 369, 155–174.
- Miao, L., Fan, W., Liu, D., Zhang, F., Shi, Y., & Guo, F. (2008). Geochronology and geochemistry of the Hegenshan ophiolitic complex: Implications for late-stage tectonic evolution of the Inner Mongolia-Daxinganling Orogenic Belt, China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 32, 348–370.
- Miao, L., Fan, W., Zhang, F., Liu, D., Jian, P., Shi, G., Shi, Y. (2004). Zircon SHRIMP geochronology of the Xinkailing-Kele complex in the northwestern Lesser Xing'an Range, and its geological implications. *Chinese Science Bulletin*, 49, 201–209.
- Miao, L., Liu, D., Zhang, F., Fan, W., Shi, Y., & Xie, H. (2007). Zircon SHRIMP U-Pb ages of the “Xinghuadukou Group” in Hanjiayuanzi and Xinlin areas and the “Zhalantun Group” in Inner Mongolia, Da Hinggan Mountains. *Chinese Science Bulletin*, 52, 1112–1124.
- Miao, L., Zhang, F., Baatar, M., Zhu, M., & Anaad, C. (2017). SHRIMP zircon U-Pb ages and tectonic implications of igneous events in the Erendavaa metamorphic terrane in NE Mongolia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 144, 243–260.
- Miao, L., Zhang, F., Zhu, M., & Liu, D. (2015). Zircon SHRIMP U-Pb dating of metamorphic complexes in the conjunction of the Greater and Lesser Xing'an ranges, NE China: Timing of formation and metamorphism and tectonic implications. *Journal of Asian Earth Sciences*, 114, 634–648.
- Morrison, G. W. (1980). Characteristics and tectonic setting of the shoshonite rock association. *Lithos*, 13, 96–108.
- Niu, Y., Liu, Y., Xue, Q., Shao, F., Chen, S., Duan, M., Zhang, Y. (2015). Exotic origin of the Chinese continental shelf: New insights into the tectonic evolution of the western Pacific and eastern China since the Mesozoic. *Science Bulletin*, 60, 1598–1616.
- Nivia, A., Marriner, G. F., Kerr, A. C., & Tarney, J. (2006). The Quebradagrande Complex: A Lower Cretaceous ensialic marginal basin in the Central Cordillera of the Colombian Andes. *Journal of South American Earth Sciences*, 21, 423–436.
- Pearce, J. A. (1983). Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins.

- Continental Basalts and Mantle Xenoliths, 230–249.
- Pearce, J. A., Stern, R. J., Bloomer, S. H., & Fryer, P. (2005). Geochemical mapping of the Mariana arc-basin system: Implications for the nature and distribution of subduction components. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 6, 1–27.
- Pearce, J. L., & Stern, R. J. (2006). Origin of back-arc basin magmas: Trace element and isotope perspectives. In D. M. Christie, et al. (Eds.), *Back arc spreading systems: Geological, biological, chemical, and physical interactions* (pp. 63–86). Washington, D.C.: Geophysical Monograph Series.
- Peccherillo, A., & Taylor, S. R. (1976). Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 58, 63–81.
- Reichow, M. K., Saunders, A. D., White, R. V., Al'Mukhamedov, A. I., & Medvedev, A. Y. (2005). Geochemistry and petrogenesis of basalts from the West Siberian Basin: An extension of the Permo–Triassic Siberian Traps, Russia. *Lithos*, 79, 425–452.
- Rudnick, R. L., & Fountain, D. M. (1995). Nature and composition of the continental crust: A lower crustal perspective. *Reviews of Geophysics*, 33, 267–309.
- Safonova, I., Kojima, S., Nakae, S., Romer, R. L., Seltmann, R., Sano, H., & Onoue, T. (2015). Oceanic island basalts in accretionary complexes of SW Japan: Tectonic and petrogenetic implications. *Journal of Asian Earth Sciences*, 113, 508–523.
- Safonova, I., Utsunomiya, A., Kojima, S., Nakae, S., Tomurtogoo, O., Filippov, A. N., & Koizumi, K. (2009). Pacific super plume-related oceanic basalts hosted by accretionary complexes of Central Asia, Russian Far East and Japan. *Gondwana Research*, 16, 587–608.
- Sato, D., Matsuura, H., & Yamamoto, T. (2016). Timing of the Late Cretaceous ignimbrite flare-up at the eastern margin of the Eurasian Plate: New zircon U-Pb ages from the Aioi-Arima-Koto region of SW Japan. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 310, 89–97.
- Şengur, A. M. C., & Natal'in, B. A. (1996). Paleotectonics of Asia: Fragments of a synthesis. In A. Yin, & M. Harrison (Eds.), *The tectonic evolution of Asia* (pp. 486–640). New York: Cambridge University.
- Şengur, A. M. C., Natal'in, B. A., & Burtman, V. S. (1993). Evolution of the Altaid tectonic collage and Palaeozoic crustal growth in Eurasia. *Nature*, 364, 299–307.
- Sheth, H. C., Mahoney, J. J., & Chandrasekharam, D. (2004). Geochemical stratigraphy of Deccan flood basalts of the Bijasan Ghat section, Satpura Range, India. *Journal of Asian Earth Sciences*, 23, 127–139.
- Shu, P., Ding, R. X., Ji, X. Y., & Qu, Y. M. (2007). SHRIMP zircon geochronology of reservoir volcanic rocks in the Qingshen gas field, Songliao Basin. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 26, 239–246 (In Chinese).
- Shuvalov, V. F. (1980). Jurskie I nizhnemelovye Vostochnoy Gobi I raspredelenie v nikh iskopaemoy fauny I flory. In G. G. Martinson (Ed.), *Limnobojs drevnikh ozernykh basseinov Evrazii: Nauka Leningrad* (pp. 91–118).

- Shuvalov, V. F. (1982). Mezozoiskie ozernye basseiye Mongolii. In G. G. Martinson (Ed.), *Limnobojs drevnikh ozernykh basseinov Evrazii*: Nauka Leningrad (pp. 18–80).
- Steiger, R. H., & Jäger, E. (1977). Subcommission on geochronology: Convention on the use of decay constants in geo- and cosmochemistry. *Earth and Planetary Science Letters*, 36, 359–362.
- Sun, M. D., Chen, H. L., Zhang, F. Q., Wilde, S. A., Dong, C. W., & Yang, S. F. (2013). A 100 Ma bimodal composite dyke complex in the Jiamusi Block, NE China: An indication for lithospheric extension driven by Paleo-Pacific roll-back. *Lithos*, 162–163, 317–330.
- Sun, S. S., & McDonough, W. F. (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes. *Geological Society of London, Special Publication*, 42, 313–345.
- Svetlitskaya, T. V., & Nevolko, P. A. (2016). Late Permian–Early Triassic traps of the Kuznetsk Basin, Russia: Geochemistry and petrogenesis in respect to an extension of the Siberian Large Igneous Province. *Gondwana Research*, 39, 57–76.
- Thirlwall, M., Smith, T., Graham, A., Theodorou, N., & Hollings, P. (1994). High field strength element anomalies in arc lavas: Source or process? *Petrology*, 35, 819–838.
- Tomurtogoo, O., Gantumur, H., & Zul, B. (2012). Geological map of northern-central-eastern Asia and adjacent areas, 1: 2500 000 scale.
- Tomurtogoo, O., Windley, B. F., Krüner, A., Badarch, G., & Liu, D. Y. (2005). Zircon age and occurrence of the Adaatsag ophiolite and Muron shear zone, central Mongolia: Constraints on the evolution of the Mongol–Okhotsk Ocean, suture and orogen. *Journal of the Geological Society*, 162, 125–134.
- Vander Voo, R., Spakman, W., & Bijwaard, H. (1999). Mesozoic subducted slabs under Siberia. *Nature*, 397, 246–249.
- Wang, F., Zhou, X. H., Zhang, L. C., Ying, J. F., Zhang, Y. T., Wu, F. Y., & Zhu, R. X. (2006). Late Mesozoic volcanism in the Great Xing'an Range (NE China): Timing and implications for the dynamic setting of NE Asia. *Earth and Planetary Science Letters*, 251, 179–198.
- Wang, Y., Fan, W., & Guo, F. (2002). K–Ar dating of Late Mesozoic volcanism and geochemistry of volcanic gravels in the North Huaiyang Belt, Dabie orogen: Constraints on the stratigraphic framework and exhumation of the northern Dabie orthogneiss complex. *Chinese Science Bulletin*, 47, 1688–1695.
- White, R. V., Castillo, P. R., Neal, C. R., Fitton, J. G., & Godard, M. (2004). Phreatomagmatic eruptions on the Ontong Java Plateau: Chemical and isotopic relationship to Ontong Java Plateau basalts. *Geological Society, London, Special Publications*, 229, 307–323.
- Windley, B. F., Alexeiev, D., Xiao, W., Kroner, A., & Badarch, G. (2007). Tectonic models for accretion of the Central Asian Orogenic Belt. *Journal of the Geological Society*, 164, 31–47.
- Wu, F. Y., Lin, J. Q., Wilde, S. A., Zhang, X. O., & Yang, J. H. (2005). Nature and significance of the Early Cretaceous giant igneous event in eastern China. *Earth and Planetary Science Letters*,

- 233, 103–119.
- Wu, F. Y., Sun, D. Y., Ge, W. C., Zhang, Y. B., Grant, M. L., Wilde, S. A., & Jahn, B. M. (2011). Geochronology of the Phanerozoic granitoids in northeastern China. *JAES*, 41, 1–30.
- Wu, F. Y., Yang, J. H., Wilde, S. A., & Zhang, X. O. (2005). Geochronology, petrogenesis and tectonic implications of the Jurassic granites in the Liaodong Peninsula, NE China. *Geology*, 221, 127–156.
- Wu, G., Sun, F. Y., Zhao, C. S., Li, Z. T., Zhao, A. L., Pang, Q. B., & Li, G. Y. (2005). Discovery of the Early Paleozoic post-collisional granites in northern margin of the Erguna massif and its geological significance. *Chinese Science Bulletin*, 50, 2733–2743.
- Xiao, W., Huang, B., Han, C., Sun, S., & Li, J. (2010). A review of the western part of the Altaids: A key to understanding the architecture of accretionary orogens. *Journal of Gondwana Research*, 18, 253–273.
- Xiao, W. J., Windley, B. F., Hao, J., & Zhai, M. G. (2003). Accretion leading to collision and the Permian Solonker suture, Inner Mongolia, China: Termination of the Central Asian Orogenic Belt. *Tectonics*, 22, 1069.
- Xiao, L., Xu, Y. G., Chung, S. L., & Mei, H. (2003). Chemostratigraphic correlation of Upper Permian lavas from Yunnan Province, China: Extent of the Emeishan Large Igneous Province. *International Geology Review*, 8, 753–766.
- Xu, W. L., Pei, F. P., Wang, F., Meng, E., Ji, W. Q., Yang, D. B., & Wang, W. (2013). Spatial-temporal relationships of Mesozoic volcanic rocks in NE China: Constraints on tectonic overprinting and transformations between multiple tectonic regimes. *Journal of Asian Earth Sciences*, 74, 167–193.
- Yang, S., Miao, L., Zhang, F., Meng, Q., Zhu, M., Munkhtsengel, B., & Chimedtseren, A. (2016). Zircon age and geochemistry of the Tost bimodal volcanic rocks: Constraints on the Early Carboniferous tectonic evolution of the South Mongolia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 120, 29–42.
- Yang, W. B., Niu, H. C., Cheng, L. R., Shan, Q., & Li, N. B. (2015). Geochronology, geochemistry and geodynamic implications of the Late Mesozoic volcanic rocks in the southern Great Xing'an Mountains, NE China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 113, 454–470.
- Yang, Y. T., Guo, Z. X., Song, C. C., & He, X. B. L. (2015). A short-lived but significant Mongol–Okhotsk collisional orogeny in latest Jurassic–earliest Cretaceous. *Gondwana Research*, 28, 1096–1116.
- Yarmolyuk, V. V., Kudryashova, E. A., Kozlovsky, A. M., Lebedev, V. A., & Savatenkov, V. M. (2015). Late Mesozoic–Cenozoic intraplate magmatism in Central Asia and its relation with mantle diapirism: Evidence from the South Khangai Volcanic Region, Mongolia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 111, 604–623.
- Ying, J. F., Zhou, X. H., Zhang, L. C., & Wang, F. (2010). Geochronological framework of Mesozoic volcanic rocks in the Great Xing'an Range, NE China, and their geodynamic implications. *Journal of Asian Earth Sciences*, 39, 786–793.

- Yu, Y., Xu, W., Pei, F., Yang, D., & Zhao, Q. (2009). Chronology and geochemistry of Mesozoic volcanic rocks in the Linjiang area, Jilin Province and their tectonic implications. *Acta Geologica Sinica*, 83, 245–257.
- Zhang, F. Q., Chen, H. L., Yu, X., Dong, C. W., Yang, S. F., Pang, Y. M., & Batt, G. E. (2011). Early Cretaceous volcanism in northern Songliao Basin, NE China, and its geodynamic implication. *Gondwana Research*, 19, 163–176.
- Zhang, H. F., Nakamura, E., Sun, M., Kobayashi, K., Zhang, J., Ying, J. F., Niu, L. F. (2007). Transformation of subcontinental lithospheric mantle through peridotite-melt reaction: Evidence from a highly fertile mantle xenolith from the NCC. *International Geology Review*, 49, 658–679.
- Zhang, J. H., Gao, S., Ge, W. C., Wu, F. Y., Yang, J. H., Wilde, S. A., & Li, M. (2010). Geochronology of the Mesozoic volcanic rocks in the Great Xing'an Range, NE China: Implications for subduction-induced delamination. *Chemical Geology*, 276, 144–165.
- Zhang, J. H., Ge, W. C., Wu, F. Y., Wilde, S. A., Yang, J. H., & Liu, X. M. (2008). Large-scale Early Cretaceous volcanic events in the northern Great Xing'an Range, northeastern China. *Lithos*, 102, 138–157.
- Zhang, L. C., Chen, Z. G., Zhou, X. H., Wang, F., & Zhang, Y. T. (2007). Characteristics of deep sources and tectonic-magmatic evolution of the Early Cretaceous volcanics in Ganhe area. Da-Hinggan Mountains of Sr-Nd-Pb-Hf isotopic geochemistries: *Acta Petrologica Sinica*, 23, 2823–2835 (In Chinese).
- Zhang, L. C., Zhou, X. H., Ying, J. F., Wang, F., Guo, F., Wan, B., & Chen, Z. G. (2008). Geochemistry and Sr–Nd–Pb–Hf isotopes of Early Cretaceous basalts from the Great Xinggan Range, NE China: Implications for their origin and mantle source characteristics. *Chemical Geology*, 256, 12–23.
- Zhao, G. L., Yang, G. L., Wang, Z., Fu, J. F., & Yang, Y. Z. (1989). Mesozoic volcanic rocks in middle–south Da-Hinggan Mountains. (pp. 252). Beijing: Beijing Science and Technology Publishing House.
- Zhou, J. B., Cao, J. L., Wilde, S. A., Zhao, G. C., Zhang, J. J., & Wang, B. (2014). Paleo-Pacific subduction-accretion: Evidence from geochemical and U–Pb zircon dating of the Nadanhada accretionary complex, NE China. *Tectonics*, 33, 2444–2466.
- Zhou, J. B., Wilde, S. A., Zhang, X. Z., Ren, S. M., & Zheng, C. Q. (2011). Early Paleozoic metamorphic rocks of the Erguna block in the Great Xing'an Range, NE China: Evidence for the timing of magmatic and metamorphic events and their tectonic implications. *Tectonophysics*, 499, 105–117.
- Zhou, J. B., Wilde, S. A., Zhang, X. Z., Zhao, G. C., Zheng, C. Q., Wang, Y. J., & Zhang, X. H. (2009). The onset of Pacific margin accretion in NE China: Evidence from the Heilongjiang high-pressure metamorphic belt. *Tectonophysics*, 478, 230–246.
- Zhou, Y., Ge, W. C., & Wang, Q. H. (2011). Petrogenesis of Mesozoic granite in Wulanhaote region, central Da Hinggan Mountains constraints from geochemistry and Sr-Nd-Hf isotope. *Journal of Acta-Mineralogica Sinica*, 30, 901–923.
- Zhu, Y. F., Guo, X., Song, B., Zhang, L. F., & Gu, L. B. (2009). Petrology, Sr–Nd–

- Hf isotopic geochemistry and zircon chronology of the Late Palaeozoic volcanic rocks in the southwestern Tianshan Mountains, Xinjiang, NW China. *Journal of Geology*, 166, 1085–1099.
- Zi, J. W., Fan, W. M., Wang, Y. J., & Peng, T. P. (2008). Geochemistry of Dashibao Formation high-Ti basalts from Baoxing in Sichuan Province, Southwest China and their petrogenesis. *Journal of Geochemica*, 37, 9–21.
- Zorin, Y. A. (1999). Geodynamics of the western part of the Mongolia–Okhotsk collisional belt, Trans-Baikal region (Russia) and Mongolia. *Tectonophysics*, 306, 33–56.