

## ДУНД ПЕРМИЙН ТАВАНТОЛГОЙ ФОРМАЦЫН ЭЛСЭН ЧУЛУУНЫ ПЕТРОГРАФИ, ГЕОХИМИЙН СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Э.Болормаа<sup>1\*</sup>, Б.Эрдэнэцогт<sup>1</sup>, Д.Нансалмаа<sup>1</sup>, Л.Жаргал<sup>1</sup>, Н.Байгалмаа<sup>1</sup>, Б.Бат<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Монгол Улсын Их Сургууль, Шинжлэх Ухааны Сургууль, Геологи Геофизикийн Тэнхим

---

### ABSTRACT

Middle Permian Tavantolgoi coal deposit lies in southern Mongolia and has more than 6 billion tons of coal including significant tonnage of coking coal. In 2017, exploration bore holes were drilled at Bortee, the largest syncline of the deposit. Eighteen sandstone and two andesite samples for petrographical and geochemical analysis were collected from coal-bearing sequences that were intersected by 960 m deep bore hole.

The sandstones are classified as litharenite suggesting that weathering intensity in source area was weak, probably due to short transport distance coupled with relatively arid to semiarid climate conditions. Provenance analysis (Q-F-L, Qm-F-Lt, and Qp-Lvm-Lsm diagrams) suggests that the sandstones are recycled sediments derived from transitional arc and undissected arc that were formed during the closure of Paleasian ocean between southern Mongolia and North China block.

The average value of CIA for the samples is 74.1, reflecting relatively weak intensity of weathering in source area, which is consistent with the results of petrography. The plotted data on A-CN-K diagram displays that sandstones were sourced mainly from Early Permian andesite and dacite, which are widely distributed around Tavantolgoi. It is also supported by Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> (avg. 19.6) and petrographical study. To infer tectonic setting, two multi-dimensional discrimination diagrams were used. The results suggest that the tectonic setting of Tavantolgoi syncline, in which the studied sandstone was deposited, was rift.

**Key words:** Middle Permian, Tavantolgoi, sandstones, climate

\*corresponding author: bolormaa\_e@num.edu.mn, tel.: +976-9944 7317

---

### 1. Оршил

Элсэн чулууны петрографи, геохимийн судалгаагаар тухайн чулуулгийн гарал үүсэл, геодинамикийн нөхцөл болон тэжээгч мужийн уур амьсгал, өгөршлийн эрчим зэрэг хурдас хуримтлалын эртний орчныг тодорхойлж болно.

Тавантолгой нүүрсний орд орчим тархсан 3300 метр зузаантай пермийн хурдас нь Өмнөд Монголын пермийн хурдсын бүтэн зүсэлт гэж тооцогддог. Нөгөө талаас пермийн цаг үеийн Өмнөд Монголын геологийн хөгжлийн түүхийг сэргээн босгох нь палеозойн цаг үеийн Төв Азийн геодинамикийн

түүхийг сэргээн босгоход тодорхой хувь нэмэр болох юм. Энэ судалгаагаар дунд пермийн нүүрс агуулсан Тавантолгой формацийн элсэн чулууны петрографи, геохимийн судалгаа хийж, нүүрс агуулсан тунамал хурдас хуримтлагдсан орчин, тектоникийн нөхцлийг сэргээн босгохыг зорилоо.

## 2. Судалгааны арга аргачлал

### 2.1 Дээжлэлт

Эрдэнэс Тавантолгой ХК Тавантолгой ордын Бортгээг хэсэгт 2017 онд нарийвчилсан хайгуул хийсэн ба энэ үед өрөмдсөн хайгуулын цооногуудын хамгийн гүн нь 960 м гүнтэй ВТЕ-117 цооног юм.

Цооногийн координат N 105° 26 38.82” E 43° 36 38.82”. Судалгааны ажилд зориулан, уг цооногт огтлогдсон дунд пермийн Тавантолгой формацийн элсэн чулууны үеэс 18 ширхэг, доод пермийн Цогтцэций формацийн андезитын үеэс 2 ширхэг, нийт 20 ширхэг кернийн дээж авсан (Хүснэгт 1).

Эдгээр дээжээс стандарт шлиф бэлтгэн, МУИС-ийн Геологийн Суурь Судалгааны лабораторид петрографийн судалгааг гүйцэтгэсэн болно. Петрографийн судалгааны үр дүнд тулгуурлан, дээрх 20 дээжээс 13 дээж сонгон авч ислийн бүрэн шинжилгээг АЛС группийн Улаанбаатар дах лабораторид хийлгэсэн.

Хүснэгт 1. Дээжийн мэдээлэл

№	Дээжийн дугаар	Дээжийн литологи	Гүн, м	
			-ээс	хүртэл
1	ВТЕ-117-16	Элсэн чулуу	521.50	521.60
2	ВТЕ-117-17	Элсэн чулуу	522.50	522.62
3	ВТЕ-117-18	Элсэн чулуу	523.45	523.55
4	ВТЕ-117-19	Элсэн чулуу	526.25	526.35
5	ВТЕ-117-20	Элсэн чулуу	527.10	527.22
6	ВТЕ-117-21	Элсэн чулуу	529.35	529.50
7	ВТЕ-117-22	Элсэн чулуу	531.88	532.0
8	ВТЕ-117-23	Элсэн чулуу	533.95	534.10
9	ВТЕ-117-24	Элсэн чулуу	534.50	534.65
10	ВТЕ-117-30	Элсэн чулуу	609.85	609.95
11	ВТЕ-117-31	Элсэн чулуу	612.10	612.20
12	ВТЕ-117-32	Элсэн чулуу	616.70	616.80
13	ВТЕ-117-33	Элсэн чулуу	619.95	620.05
14	ВТЕ-117-34	Элсэн чулуу	622.50	622.60
15	ВТЕ-117-35	Элсэн чулуу	646.10	646.27
16	ВТЕ-117-36	Элсэн чулуу	649.40	649.52
17	ВТЕ-117-37	Элсэн чулуу	652.30	652.40

18	ВТЕ-117-38	Элсэн чулуу	654.80	654.88
19	QR- ВТЕ-117-954	Андезит	954	954.12
20	QR- ВТЕ-117-956	Андезит	956.90	957

## **2.2. Петрографийн судалгааны аргачлал**

Кернийн дээж тус бүрээс 3x4 см хэмжээтэй зүсэж, стандарт аргаар 0.03 мм зузаантай шлиф бэлтгэсэн. Элсэн чулуу болон андезитын дээжийн тодорхойлолтыг МУИС-ийн Геологийн Суурь Судалгааны Лабораторид MOTIC N-WF10x/20 маркийн микроскопоор гүйцэтгэсэн. Элсэн чулууны дээжийн тоололтыг point counter ашиглан, Гази-Дикинсоны (Gazzi-Dickinson) аргачлалаар хийсэн. Ингэхдээ шлиф тус бүр дээр чулуулгийн болон эрдсийн хэмхдэсүүд, цемент, аксессуар эрдсүүд, мөн нүх сүвшилт, гялтгануур, матрикс оролцуулан нийт 300 цэгт тоолсон.

## **2.3 Геохимийн судалгааны аргачлал**

Петрографийн судалгааны үр дүнд тулгуурлан, геохимийн судалгаанд сонгож авсан дээжүүдийг бутлан, жигдрүүлсний дараа 75 микрометр хүртэл нунтаглаж, үндсэн 10 ислийн агуулгыг рентген флюоресценцийн (ME-XRF26) шинжилгээгээр тодорхойлов. Ислүүдийн агуулгыг тайлалтанд ашиглахын өмнө шатаалтын хорогдлыг хасаж, дахин тооцоолсон болно (Хүснэгт 2).

## **3. Судалгааны үр дүн**

### **3.1 Петрографийн судалгааны үр дүн**

Дунд пермийн Тавантолгой формацын элсэн чулууны дээжүүдэд хийгдсэн петрографийн судалгааны үр дүнг Хүснэгт 3-д нэгтгэв. Элсэн чулууны дээжүүд нь 65-70%-ийн хэмхдэсүүд, 30-35%-ийн цементээс тогтох ба нийт хэмдэст чулуулгийн хэмдэс давамгайлна. Чулуулгийн хэмхдэсүүдийн талсжилт харилцан адилгүй, өөр өөр структуртай ажиглагдана. Эрдсийн хэмхдэсээс кварц, калийн хээрийн жонш, плагиоклазийн хэмхдэсүүд тохиолдоно. Текстур нь цул нягт, структур нь псаммитлаг байна. Хэмхдэсүүдийн хэмжээ 0,15 мм-ээс 2,0 мм хооронд байх ба хэмхдэсүүдийн мөлгөржилт ихэвчлэн дунд зэрэг заримдаа муу мөлгөржсөн байдалтайгаар тохиолдоно.

### **3.2 Геохимийн судалгааны үр дүн**

Ислийн шинжилгээний үр дүнг Хүснэгт 2-д үзүүлэв. Хүснэгтээс харахад элсэн чулууны дээжинд агуулагдах SiO<sub>2</sub>-ийн агуулга дунджаар 66.2% (46.2-74.1%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ийнх 20.0% (15.2-25.0%), CaO-ийнх 2.67% (0.2-17.4%), Na<sub>2</sub>O-ийнх 1.5% (0.3-4.8%),

K<sub>2</sub>O-ийнх 2.5% (1.7-3.3%) Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ийнх 4.5% (0.8-21.2%) байна.

Кальци болон төмрийн ислийн агуулга зарим дээжинд өндөр байгаа нь диагенетик эрдсүүдтэй холбоотой. Петрографийн шинжилгээгээр холбогчоор төмрийн усан ислээр

баяжсан карбонатууд байгаа нь тогтоогдсон. Мөн калийн ислийн агуулга натрийн ислийн агуулгаас өндөр байна. Энэ нь судалгаанд хамрагдсан дээжүүдэд К-агуулсан эрдсүүд нилээд агуулагдаж байгааг илтгэнэ.

**Хүснэгт 2.** Дунд пермийн Тавантолгой формацийн элсэн чулууны ислийн шинжилгээний үр дүн

Дээжийн дугаар	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /TiO <sub>2</sub>
ВТЕ_117_16	46.19	0.72	15.19	21.17	9.10	4.80	0.81	1.74	0.12	0.15	20.9
ВТЕ_117_17	74.11	0.90	19.55	0.78	0.27	0.33	1.24	2.61	0.01	0.20	21.7
ВТЕ_117_19	69.94	1.11	21.05	2.40	0.34	0.56	1.64	2.78	0.01	0.17	19.0
ВТЕ_117_22	70.21	1.01	22.07	0.93	0.23	0.40	1.65	3.34	0.01	0.15	21.9
ВТЕ_117_24	52.22	0.77	15.62	6.51	17.40	3.47	1.69	2.06	0.07	0.17	20.3
ВТЕ_117_30	70.90	0.88	16.98	5.71	0.94	0.92	1.16	2.21	0.01	0.29	19.3
ВТЕ_117_32	69.70	1.23	22.15	1.65	0.29	0.57	1.40	2.86	0.01	0.14	18.0
ВТЕ_117_33	71.49	1.09	20.11	2.02	0.36	0.67	1.32	2.75	0.01	0.17	18.5
ВТЕ_117_34	66.07	1.31	23.50	3.00	0.76	0.86	1.25	2.78	0.01	0.46	18.0
ВТЕ_117_35	69.64	0.91	19.69	3.04	0.88	0.93	2.39	2.29	0.01	0.22	21.6
ВТЕ_117_36	70.05	0.93	19.56	3.20	0.78	0.89	2.08	2.21	0.02	0.28	21.0
ВТЕ_117_38	64.00	1.65	25.02	3.44	0.65	0.91	1.64	2.37	0.01	0.29	15.1
ВТЕ_117_954*	61.40	0.70	14.67	5.48	8.41	2.34	4.50	1.83	0.28	0.39	21.0
Хамгийн их	74.11	1.65	25.02	21.17	17.40	4.80	2.39	3.34	0.12	0.46	21.93
Хамгийн бага	46.19	0.72	15.19	0.78	0.23	0.33	0.81	1.74	0.01	0.14	15.13
Дундаж	66.21	1.04	20.04	4.49	2.67	1.28	1.52	2.50	0.03	0.22	19.61

Тайлбар: \*Дундаж тооцоход уг андезитын дээжийг оруулаагүй.

**Хүснэгт 3.** Дунд пермийн Тавантолгой формацийн элсэн чулууны петрографийн тоололтын үр дүн

Дээжний дугаар	Гүн	Q-F-L, %			Qm-F-Lt, %			Qp-Lvm-Lsm, %		
		Q	F	L	Qm	F	Lt	Qp	Lv	Ls
ВТЕ-117-16	521.60	11.7	5.3	82.9	6.4	5.3	88.2	6.2	84.2	9.5
ВТЕ-117-17	522.62	16.8	4.4	78.7	9.7	4.4	85.8	9.0	85.2	5.7
ВТЕ-117-18	523.55	22.1	3.7	74.0	14.4	3.7	81.7	10.8	83.5	5.5
ВТЕ-117-19	526.35	32.4	10.1	57.3	20.8	10.1	68.9	18.4	77.6	3.9
ВТЕ-117-20	527.22	23.7	12.7	63.4	16.0	12.7	71.1	11.9	82.0	5.9
ВТЕ-117-21	529.50	31.7	15.7	52.4	23.1	15.7	61.1	16.1	81.9	1.9
ВТЕ-117-22	532	12.2	4.7	83.0	5.4	4.7	89.7	7.8	85.1	7.0
ВТЕ-117-23	534.10	17.3	11.1	71.4	8.0	11.1	80.7	12.0	82.4	5.5
ВТЕ-117-24	534.65	12.8	9.9	77.2	7.1	9.9	82.9	7.4	73.3	19.2
ВТЕ-117-30	609.95	14.4	3.2	82.2	4.3	3.2	92.4	11.3	78.4	10.2
ВТЕ-117-31	612.20	8.8	3.5	87.5	5.8	3.5	90.5	3.4	73.3	23.2
ВТЕ-117-32	616.80	23.4	5.4	71.1	18.0	5.4	76.5	7.5	80.6	11.8
ВТЕ-117-33	620.05	38.5	6.5	54.8	17.4	6.5	76.0	30.2	65.8	3.9
ВТЕ-117-34	622.50	30.6	8.7	60.6	18.6	8.7	72.6	181	79.4	2.3
ВТЕ-117-35	646.27	11.4	4.6	83.9	5.7	4.6	89.6	6.7	83.6	9.6
ВТЕ-117-36	649.52	16.0	3.3	80.6	10.5	3.3	86.1	6.5	75.5	17.8
ВТЕ-117-37	652.40	21.0	8.8	70.1	15.1	8.8	76.0	8.8	87.4	3.7
ВТЕ-117-38	654.88	23.0	10.2	66.6	14.9	10.2	74.8	11.3	87.1	1.4

Тайлбар: Qm– монокристаллаг кварц, Qp–поликристаллаг кварц, F–хээрийн жонш, Lv–вулканик чулуулгийн хэмхдэс, Ls–тунамал чулуулгийн хэмхдэс, Lt–нийт чулууны хэмхдэс, Q-кварц, L-чулуулгийн хэмхдэс

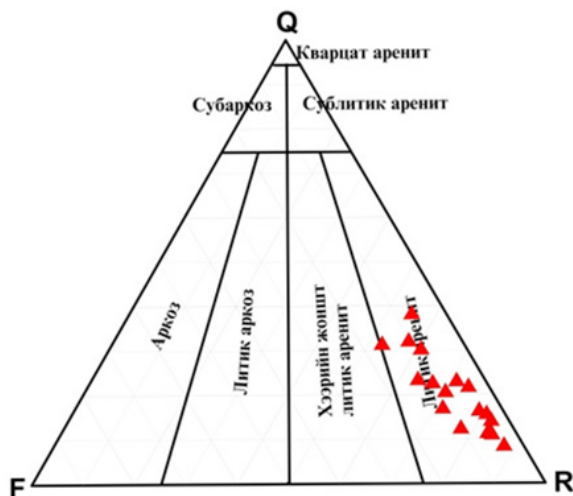
#### 4. Хэлэлцүүлэг

##### 4.1 Элсэн чулууны ангилал

Элсэн чулууны ангилал хийхдээ Folk (1968)-ийн ангилалыг ашигласан болно. Дунд пермийн Тавантолгой формацийн элсэн чулуу нь литик аренитын найрлагатай байна (Зураг 1).

Тэжээгч мужаас өгөршлийн бүтээгдэхүүн хол зөөгдөх тусам чулууны хэмхдэс задарч, эрдсийн агуулга ихсэнэ. Мөн хэмхдэсийн мөлгөржилт нэмэгдэн, хэмхдэсийн

хэмжээ жигд болж, ангилагдана. Үүнээс гадна, тэжээгч мужид химийн өгөршил эрчимтэй явагдвал чулуулгийн хэмхдэс хурдан задарч, эрдсийн агуулга өгөршлийн бүтээгдэхүүнд нэмэгдэнэ. Өөрөөр хэлбэл чулууны хэмхдэсийн агуулга багасна. Иймд судалгаанд хамрагдсан дунд пермийн Тавантолгой формацийн элсэн чулууны тэжээгч муж харьцангуй ойр, мөн тэжээгч мужийн уур амьсгал харьцангуй хуурай, сэрүүн, химийн өгөршлийн эрчим өндөр биш байсан гэж үзэж байна.

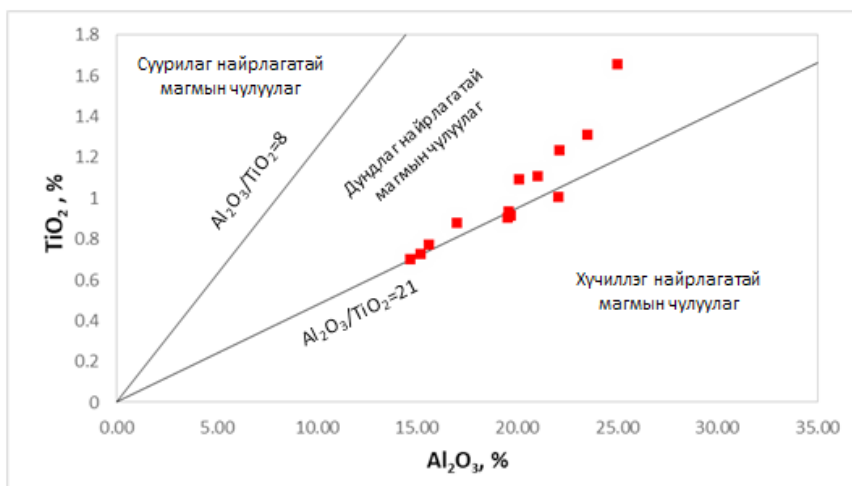


Зураг 1. Дунд пермийн Тавантолгой формацын элсэн чулууны ангилал (Folk,1968).  
Эдгээр элсэн чулуу нь литик аренигийн найрлагатай байна.

#### 4.2 Эх чулуулгийн найрлага

Хэмхдэст чулуулгийн геохимийн найрлагад тулгуурлан уг хэмхдэст чулуулгийг үүсгэсэн эх чулуулгийг тогтоож болно. Дунд пермийн Тавантолгой формацын элсэн чулууны  $Al_2O_3/TiO_2$ -ийн утга 15.1-21.2 хооронд хэлбэлзэх ба дундаж нь 19.6 байна (Зураг 2). Энэ нь уг элсэн чулуунууд нь зонхилон дундлаг найрлагатай магмын чулуулгаас үүссэн боловч нилээд хэмжээнд хүчиллэг найрлагатай магмын чулуулаг мөн оролцсон гэж дүгнэх үндэслэл болж байна. Өөрөөр хэлбэл эдгээр элсэн чулуу нь хоёр өөр төрлийн найрлагатай эх чулуулгийн өгөршлөөр үүсчээ. Петрографийн судалгаагаар элсэн чулуунд андезит

болон дацитын хэмхдэсүүд агуулагдаж байгаа нь тогтоогдсон. Энэ нь геохимийн судалгааны дүгнэлтийг баталгаажуулж байна. Үүнээс гадна А-CN-K өгөршлийн трендийн диаграмм мөн, эдгээр элсэн чулуу нь андезит, дацитын найрлагатай эх чулуулгаас үүссэн болохыг зааж байна (Зураг 3). Тавантолгой орчим хожуу карбон, түрүү пермийн хүчиллэг болон дундлаг найрлагатай эффузив чулуулаг агуулсан тунамал вулканоген хурдас өргөн тархалттай. Эдгээрээс доод пермийн Цогтцэций формацын эффузив чулуулгийг хамгийн боломжит эх үүсвэр гэж үзэж байна. Эх чулуулгийн гарал үүслийг нарийвчлан тогтоохын тулд сарнимал болон газрын ховор элементийн судалгааг нэмж хийх шаардлагатай.



Зураг 2. Дунд пермийн Тавантолгой формацын элсэн чулууны дээжийн  $\text{TiO}_2$  болон  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -ийн диаграмм.

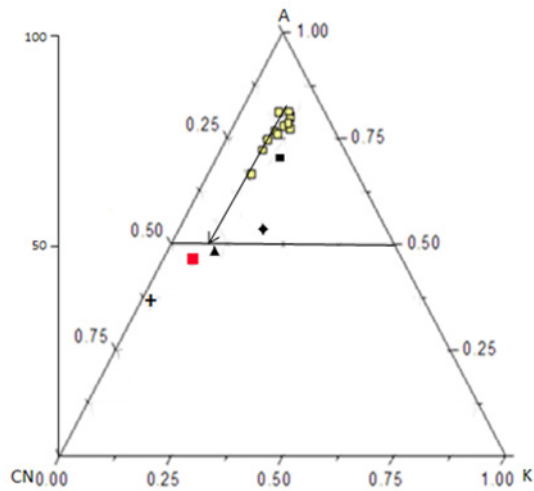
### 4.3 Тэжээгч мужийн өгөршлийн эрчим

Дунд пермийн Тавантолгой формацын элсэн чулууны дээжийн CIA утга 66.7-81.5 хооронд хэлбэлзэх ба дундаж нь 74.1 байна (Хүснэгт 4). Энэ нь химийн өгөршлийн эрчим тэжээгч мужид дунд зэрэг байсныг илтгэнэ. Химийн өгөршил дунд зэрэг байсныг уур амьсгал харьцангуй хуурай, сэрүүн байсантай холбон тайлбарлаж болно. Энэ дүгнэлт петрографийн судалгааны “тэжээгч мужийн уур амьсгал харьцангуй хуурай, сэрүүн, химийн өгөршлийн эрчим өндөр биш байсан” гэсэн дүгнэлттэй нийцэж байна.

Судалгаанд хамрагдсан элсэн чулууны дээжүүдийг А-CN-K гурвалжин диаграммд буулгасныг Зураг 3-д үзүүлэв. Дээжүүд диаграмм дээр CN-A тэнхлэгтэй ойролцоогоор параллель шугамын дагуу (өгөршлийн трендийн шугам) буусан боловч, зарим дээжүүд бага зэрэг К тэнхлэг рүү шилжсэн байдалтай байна. Энэ нь өмнө дурьдсанчлан дээжүүд диагенезийн үед К-метасоматоз хувиралд бага хэмжээгээр өртсөн болохыг илтгэнэ. Мөн өгөршлийн трендийн шугамыг доош, үргэлжлүүлэн татвал, андезит болон дацитын талбайн дунд бууна. Энэ нь дунд пермийн Тавантолгойн элсэн чулууны эх үүсвэр нь андезит болон дацитын 2 эх үүсвэртэй байж болохыг илтгэнэ.

Хүснэгт 4. Элсэн чулууны дээжийн химийн хувирлын индекс

Дээжийн дугаар	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO <sub>зас.</sub>	CaO*	CIA
	mol%	mol%	mol%	mol%	mol%	mol%	mol%	
ВТЕ-117-16	0.15	0.16	0.01	0.02	0.001	0.16	0.01	76.9
ВТЕ-117-17	0.19	0.00	0.02	0.03	0.001	0.0003	0.0003	80.01
ВТЕ-117-19	0.21	0.01	0.03	0.03	0.001	0.002	0.002	78.0
ВТЕ-117-22	0.22	0.00	0.03	0.04	0.001	0.001	0.001	77.5
ВТЕ-117-24	0.15	0.31	0.03	0.02	0.001	0.31	0.03	66.7
ВТЕ-117-30	0.17	0.02	0.02	0.02	0.002	0.01	0.01	76.2
ВТЕ-117-32	0.22	0.01	0.02	0.03	0.001	0.002	0.002	80.4
ВТЕ-117-33	0.20	0.01	0.02	0.03	0.001	0.002	0.002	78.8
ВТЕ-117-34	0.230	0.014	0.020	0.029	0.003	0.003	0.003	81.5
ВТЕ-117-35	0.193	0.016	0.039	0.024	0.002	0.011	0.01	72.4
ВТЕ-117-36	0.192	0.014	0.034	0.023	0.002	0.008	0.01	74.9
ВТЕ-117-38	0.245	0.012	0.027	0.025	0.002	0.005	0.005	81.3
ВТЕ-117-954	0.144	0.150	0.073	0.019	0.003	0.141	0.07	46.6



Зураг 3. Дунд пермийн Тавантолгой формацийн элсэн чулууны дээжүүдийг А-CN-K диаграмм дээр буулгасан нь.

- Тавантолгой формацийн элсэн чулуу     ■ Цогтцэций формацийн андезит  
+ Базальт     ▲ Гранодиорит     ◆ Гранит     ■ Иллит, монтморилонит



#### 4.4 Геодинамикийн нөхцөл

##### 4.4.1 Петрографийн судалгаа

Дунд пермийн Тавантолгой формацийн элсэн чулууны дээжийг Qt-F-L, Qm-F-Lt болон Qr-Lvm-Lsm диаграмм дээр буулгасныг Зураг 4-5-д үзүүлэв. Qt-F-L диаграмм дээр нэгээс бусад бүх дээжүүд хэрчигдээгүй болон шилжилтийн нумын талбайд, Qr-Lvm-Lsm диаграммд дээжийн дийлэнх нь нумын уулсын эх үүсвэрийн (arc orogenic source) талбайд бууж байна. Qm-F-Lt диаграммд мөн нэгээс бусад дээжүүд дахин сэргэсэн литик (lithic recycled orogen) талбайд бууж байгаа бөгөөд энэ “дахин сэргэсэн литик” талбай нь өргөгдсөн субдукцийн комплексоос гаралтай элсэн чулууг заадаг болно (Dickinson, 1985).

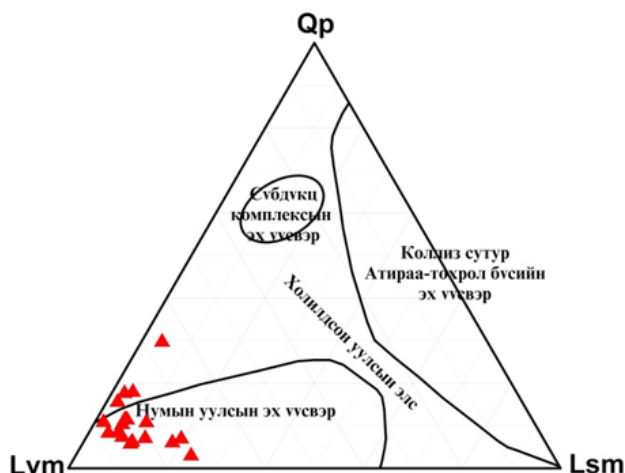
Дээрх диаграммуудаас харахад судалгаанд хамрагдсан элсэн чулууунууд нь арлан нумын гаралтай вулканик чулуулгийн өгөршлөөр үүсчээ. Уг вулканитууд нь эх газрын царцдас бүрэн үүсэхээс өмнөх үед хамаарах арлан нум, түүнтэй параллель байрлах субдукцийн комплекстой холбоотой гэж дүгнэж байна. Девон, карбоны үед өмнөд Монголын хэмжээнд Богд-Хойд Тэнгэр уул-Өмнөд Монголын арлан нумын систем оршин тогтнож байсан бөгөөд уг арлан нумын систем баруун талаасаа эхлэн аккрецид орсон гэж үздэг (Lamb and Badarch, 2001). Уг арлан нумын систем түүрүү пермийн үед өмнөд Монгол, хойд Хятадын кратонтой коллизид орж, Палеоазийн далай хаагдахад устан үгүй болжээ (Lamb et al., 2008).



**Зураг 4.** Тавантолгой формацийн элсэн чулууны дээжийг Qt-F-L диаграмм дээр буулгасан нь (Dickinson, 1985). Дээжүүд хэрчигдээгүй нум болон шилжилтийн нумын талбайд бууж байна.



**Зураг 5.** Тавантолгой формацийн элсэн чулууны дээжийг Qm-F-Lt диаграмм дээр буулгасан нь (Dickinson, 1985). Дээжүүд дахин сэргэсэн литик буюу өргөгдсөн субдукцийн комплексийн талбайд бууж байна.



**Зураг 6.** Тавантолгой формацийн элсэн чулууны дээжийг Qr-Lvm-Lsm диаграмм дээр буулгасан нь (Dickinson, 1985). Дээжүүд нумын уулсын эх үүсвэрийн талбайд буув.

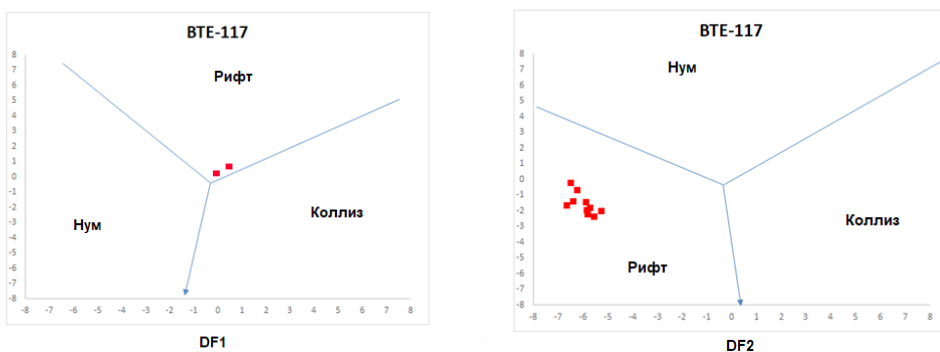
#### 4.4.2 Геохимийн судалгаа

Verma and Armstrong-Altin (2013)-ий диаграммыг ашиглан тунамал чулуулаг хуримтлагдсан сав газрын тектоникийн горимыг сэргээн босгох боломжтой.

Дээжүүдийн хувьд 2 дээж нь бага цахиурын агуулгатайд, харин бусад бүх дээжүүд өндөр цахиурын агуулгатайд хамаарч байв. Байгуулсан диаграммаас харахад дээжүүд бүгд рифтийн талбайд бууж байна (Зураг 7, 8). Энэ үр дүн Бямба (2012) Тавантолгой орд байрлах Улааннуур хотгорыг коллизын дараах өргөгдлийн структурын Ихшанхийн

рифтийн тогтолцоонд хамааруулж үзсэнтэй нийцэж байна. Үүнээс гадна уг хотгор арлан нумын арын тэлэлттэй холбоотой рифтийн хотгор байх боломжтой юм. Үүнийг цаашид нарийвчлан судлаж, Тавантолгой ордыг агуулдаг Улааннуурын хотгорын гарал үүслийг эцэслэн тогтоох шаардлагатай байна.

Петрографи болон геохимийн судалгааны үр дүнгээс харахад дунд пермийн Тавантолгой формацийн элсэн чулуу нь арлан нумын гаралтай вулканик чулуулгийн өгөршлөөр үүссэн ба рифтийн хотгорт хуримтлагдсан байна.



**Зураг 7-8.** Тунамал чулуулаг хуримтлагдсан геодинамикийн орчин (Verma and Armstrong-Altin, 2013). Тавантолгой формацын элсэн чулууны өндөр болон бага цахиурын ислийн агуулгатай дээжүүд рифтийн талбайд бууж байна.

## 5. Дүгнэлт

Тавантолгой ордын Бортээг хэсэгт өрөмдсөн 960 метр гүнтэй VTE-117 цооногоос авсан дунд пермийн Тавантолгой формацын элсэн чулууны 18, андезитын 2 дээжинд петрографи болон геохимийн судалгаа хийв. Судалгааны үр дүнд дараах дүгнэлтийг хийж байна. Үүнд:

1. Элсэн чулуу нь литик аренитын найрлагатай. Энэ нь уг элсэн чулууны тэжээгч муж ойрхон, тэжээгч мужийн уур амьсгал харьцангуй хуурай сэрүүн, химийн өгөршлийн эрчим өндөр биш байсныг илтгэнэ.

2. Ислийн шинжилгээний үр дүнгээр химийн хувирлын индекс - CIA тооцов. CIA утга 66.7-81.5 хооронд хэлбэлзэх ба дундаж нь 74.1. Энэ нь мөн тэжээгч мужид химийн өгөршлийн эрчим дунд зэрэг, харьцангуй хуурай, сэрүүн уур амьсгалтай байсныг заана.

3. Элсэн чулууны  $Al_2O_3/TiO_2$ -ийн утга 15.1-21.2 хооронд хэлбэлзэх ба дундаж нь 19.6 байв. Энэ нь судалгаанд

хамрагдсан элсэн чулууунууд дундлаг болон хүчиллэг найрлагатай магмын чулуулгаас үүссэн болохыг харуулж байна. Уг үр дүн мөн CN-A-K диаграммын тайлалттай нийцнэ. Иймд Тавантолгой орчимд өргөн тархалттай доод пермийн Цогтцэций формацын андезит, дацитын найрлагатай эффузив чулуулгийг хамгийн боломжит эх үүсвэр гэж үзэж байна.

4. Qt-F-L, Qm-F-Lt, Qp-Lvm-Lsm диаграммуудаас харахад судлагдсан элсэн чулууунууд нь арлан нумын вулканитуудаас үүссэн байна. Уг арлан нум нь Богд-Хойд Тэнгэр уул-Өмнөд Монголын арлан нумын системийн зүүн төгсгөл хэсэг нь бөгөөд түрүү пермд Хойд Хятадын блок өмнөд Монголтой аккрецид орох хүртэл оршин байсан.

5. Verma and Armstrong-Altin (2013)-ий диаграммаас харахад уг элсэн чулууунууд нь коллизын дараах өргөгдлийн структуртай холбоотой үүсдэг рифтийн хотгорт хуримтлагдсан байна.

**Ашигласан хэвлэл**

- Бат-Эрдэнэ, Д., 2012. Шатах ашигт малтмал, Монголын геологи ба ашигт малтмал цувралын V боть. х.53-57
- Бямба, Ж. Ариунчимэг Я., 2012. Стратиграфи, Монголын геологи ба ашигт малтмал цувралын I боть. х.372-381
- Бямба, Ж. 2012. Литосферийн плитийн тектоник, Монголын геологи ба ашигт малтмал цувралын IV боть. х.362-371
- Гантулга, 2013. Тавантолгойн нүүрсний ордын зарим давхраасуудын чанарын харьцуулалт. Магистрын ажлын хураангуй. Улаанбаатар.
- Бямба, Ж. 2012 Геотектоник. х.297-299
- Оролмаа, Д., 2012. Геохимийн шинжилгээний дүнгийн тайлалт. х.99-104
- Badarch, G., Cunningham, W.D., Windley, B.F., 2002. A new terrain subdivision for Mongolia: implications for the Phanerozoic crustal growth of central Asia. *Journal of Asian Earth Sciences* 21, 87–110.
- Hendrix, M.S., Beck, M.A., Badarch, G., Graham, S.A., 2001. Triassic synorogenic sedimentation in southern Mongolia; early effects of intracontinental deformation. In: Hendrix, M.S., Davis, G.A. (Eds.), *Paleozoic and Mesozoic Tectonic Evolution of Central Asia — From Continental Assembly to Intracontinental Deformation: Geological Society of America Memoir*, vol. 194, pp. 389–412.
- Lamb, M.A., Badarch, G., 2001. Paleozoic sedimentary basins and volcanic arc systems of southern Mongolia: new geochemical and petrographic constraints. In: Hendrix, M.S., Davis, G.A. (Eds.), *Paleozoic and Mesozoic Tectonic Evolution of Central Asia — From Continental Assembly to Intracontinental Deformation: Geological Society of America Memoir*, vol. 194, pp. 117–150.
- Lamb, M.A., Badarch, G., Navratil, T., Poier, R., 2008. Structural and geochronologic data from the Shin Jinst area, eastern Gobi Altai, Mongolia: Implications for Phanerozoic intracontinental deformation in Asia. *Tectonophysics* 451, 312–330.
- Erdenetsogt, B., Lee, I., Bat-Erdene, D., Jargal, L., 2009. Mongolian coal-bearing basins: Geological settings, coal characteristics, distribution, and resources. *Int. J. Coal Geol.* 80, 87–104.
- Durante, M.V., 1976. The Carboniferous and Permian Stratigraphy of Mongolia on the basis of palaeobotanical data. In: Meyen, S.V. (Ed.), *The Joint Soviet–Mongolian Scientific-Research Geological Expedition, Transactions*, vol. 19, pp. 1–280. [in Russian].
- Uranbileg, L., 2003. The new plants of upper Permian coal deposits in southern Mongolia. *Mongolian Geoscientist* 23, 47–50.
- Ayers, J.C., Watson, E.B., 1993. Rutile solubility and mobility in supercritical aqueous fluids. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 114, 321–330.
- Hayashi, K.I., Fujisawa, H., Holland, H.D., Ohmoto, H., 1997. Geochemistry of ~1.9 Ga sedimentary rocks from northeastern Labrador, Canada. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 61, 4115–4137.
- Wronkiewicz, D.J., Condie, K.C., 1987. Geochemistry of Archean shales from the Witwatersrand Supergroup, South Africa: source–area weathering and provenance. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 51 (9), 2401–2416.
- McLennan, S.M., Hemming, S., McDaniel, D.K., Hanson, G.N., 1993. Geochemical approaches to sedimentation, provenance, and tectonics. *Geological Society of America Special Papers* 284, 21–40.
- Dickinson, W., Suczek, C. 1979. Plate tectonics and sandstone compositions. *AAPG Bulletin* 63, 2164–2182.
- Verma, S.P., Armstrong-Altrin, J.S., 2013. New multi-dimensional diagrams for tectonic discrimination of siliciclastic sediments and their application to Precambrian basins. *Chemical Geology* 355, 117–133.