

## СУДАЛГААНЫ ӨГҮҮЛЭЛ

### ӨМНӨД МОНГОЛЫН БАРУУННАРАН НҮҮРСНИЙ ОРДЫН ТАВАНТОЛГОЙ ФОРМАЦЫН ЭЛСЭН ЧУЛУУНЫ ГЕОХИМИЙН СУДАЛГАА

А.Жаргал<sup>1\*</sup> | Б.Дэмбэрэлсүрэн<sup>2</sup> | Б.Мөнхцэнгэл<sup>2</sup> |

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

<sup>2</sup> Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Геологи Уул Уурхайн Сургууль

#### Abstract

**Хүлээн авсан:** 2022-01-10

**Засварлагдсан:** 2022-01-18

**Зөвшөөрөгдсөн:** 2022-01-19

#### Түлхүүр үг:

Middle Permian Tavantolgoi Formation, source rock weathering, provenance, paleoclimate condition.

#### Харилах зохиогч:

А.Жаргал Монгол Улсын Их Сургууль, Шинжлэх Ухааны Сургууль

Имэйл: jargal\_l@num.edu.mn

Baruunnaran coal deposit is located in southern Mongolia and belongs to Tavantolgoi coal zone of South Gobi Basin. Coal seams are hosted in the middle Permian Tavantolgoi Formation, which is subdivided into lower and upper member based on lithological characteristics. Ten sandstone samples collected from exploration drill holes. The provenance, paleoweathering and paleoclimate of coal-bearing Tavantolgoi Formation were studied by geochemistry. The sandstone samples were depleted in Ca, Na, K, Ba, Rb, Sr and enriched in Si and Al compared with Upper Continental Crust (UCC). Low values (0.28-0.75) of the index of compositional variability in sandstone compared with Post-Archean Australian Shale (PAAS-0.85) suggest a mature source of Tavantolgoi Formation. Chemical Index of Alteration (CIA) values of the samples from the lower member range from 74 to 85, indicating moderate to intense weathering condition in source rock. The CIA values of samples from the upper member range from 65 to 71, indicating weak to moderate weathering condition in source rock. Also, the sandstones were deposited during semi-moist to semiarid paleoclimate condition. Immobile trace elements ratios (Th/Sc, Zr/Sc, Ce/Sc, Ti/Zr) indicate that the sandstones were sourced from andesite, dacite to rhyolite.

## 1. ОРШИЛ

Барууннарангийн орд нь Улаанбаатар хотоос урагш 510 орчим км, Өмнөговь аймгийн төв Даланзадгад хотоос зүүн зүгт 65 км, Цогтцэций сумаас зүүн урагш 20 км-т оршдог (Зураг 1а, б).

Монгол орны нүүрсний мужлалаар Өмнөговийн нүүрсний савын Тавантолгойн нүүрстэй дүүрэгт хамаарагддаг. Тавантолгой нүүрстэй дүүрэгт Барууннаран ордоос гадна Монголын эдийн засагт чухал ач холбогдолтой Тавантолгой, Ухаахудаг зэрэг томоохон ордууд оршино (Зураг 1а, б; Бат-Эрдэнэ, 1992). Нүүрсний ордууд нь Улааннуурын хотгорт өргөн тархалттай дунд пермийн Тавантолгой формац агуулагддаг. Барууннаран орд нь Улааннуур хотгорын баруун жигүүрийн үргэлжлэлд БУ-ЗХ сунаж тогтсон синклиналь хотгорт (Наран) байрлана (Зураг 1в).

Барууннаран ордын Тавантолгой

формацын доод ба дээд мэмбэрийн элсэн чулууны петрографийн судалгаагаар доод мэмбэрийн элсэн чулуу нь (эрдсийн хэмхдэсийн эзлэх хувь нь арай илүү ихтэй нийт хэмхдэсүүдийн агуулгын 30%-иас 70%) дахин сэргэсэн литик болон уулсын, холилдсон уулсын элсний, дээд мэмбэрийн элсэн чулуу нь (вулкан чулуулгийн хэмхдэс давамгайлсан) хэрчигдээгүй нум, дахин сэргэсэн литик болон нумын уулсын гэсэн тэжээгдлийн эх үүсвэртэйгээр, хурдас хуримтлал нь зүсэлтийн доороос дээшлэхэд чийглэг дулаанаас сэрүүн хуурай уур амьсгалтай нөхцөлд хуримтлагдсан нь тодорхойлогдсон (Жаргал нар, 2017; Demberelsuren et al., 2018).

Энэ өгүүллэгт Барууннаран ордын агуулагч элсэн чулууны геохимийн судалгааны ажлаар элсэн чулууны тэжээгч мужийн өгөршлийн эрчимжилт, эх үүсвэрийн найрлага, хурдас хуримтлалын уур амьсгалын нөхцөлийг тодорхойлохыг

зорьлоо.

## 2. БАРУУННАРАН ОРДЫН ГЕОЛОГИЙН ТОГТОЦ

Барууннаран орд нь нүүрсний мужлалаараа Өмнөговийн сав, Тавантолгойн нүүрстэй дүүрэгт хамаарагдана (Зураг 1 а, б), (Бат-Эрдэнэ, 1992). Орд нь өргөрөгийн дагуу сунаж тогтсон 50 км гаруй урт, 15 км өргөнтэй Тавантолгой нүүрстэй дүүрэг буюу Улааннуур хотгорын баруун жигүүрийн үргэжлэлд БУ-ЗХ сунаж тогтсон синклиналь хотгорт (Наран) оршдог (Зураг 1 в). Тавантолгойн нүүрстэй дүүрэг нь тектоникийн мужлалаараа Гурвансайханы арлан нумын террейнд ялгагдана (Зураг 1 а; Badarch, 2002).

Барууннаран орд дээр 1950 оноос хойш зураглал болон нарийвчилсан хайгуулын ажлууд хийгдсэн. Нарангийн хотгор нь баруун хойд, зүүн урд талаараа гүний том хагарлаар дунд-дээд девоны Цэцгэршанд, баруун урд талаараа силур-доод девоны Номгон-Уул формацуудтай хиллэдэг. Ордын ул суурийн чулуулгаар доод пермийн Цогтцэций формац тогтоогдсон. Уг хотгор дахь нүүрс агуулагч хурдас чулуулаг нь атираажилт ба хагаралд өртсөн ба атирааны тэнхлэг нь баруун зүгт ойролцоогоор 250°, хойд жигүүр нь огцом, заримдаа босоо, урд жигүүр нь арай бага уналтай.

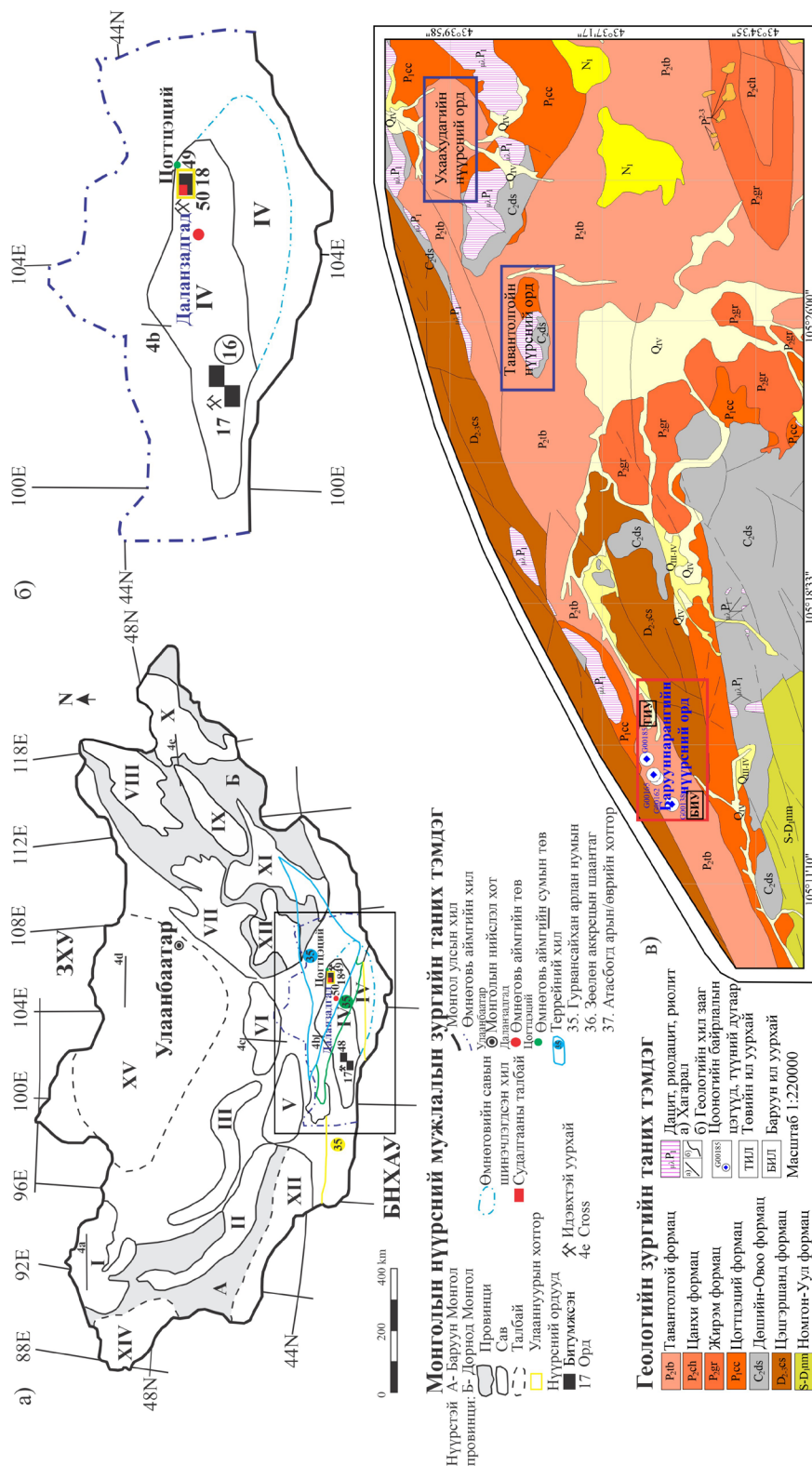
Орд нь дунд пермийн настай Тавантолгойн формацад агуулагдах ба нүүрсний нийт 21 давхраас ялгагдсан. Эдгээр давхраасуудын жинхэнэ дундаж зузаан нь 1.4-16.2 м

хооронд хэлбэлзэнэ (Ганхуяг нар, 2008; Lkhagva-Ochir et al., 2015).

### 1.1. Барууннаран ордын литостратиграфи

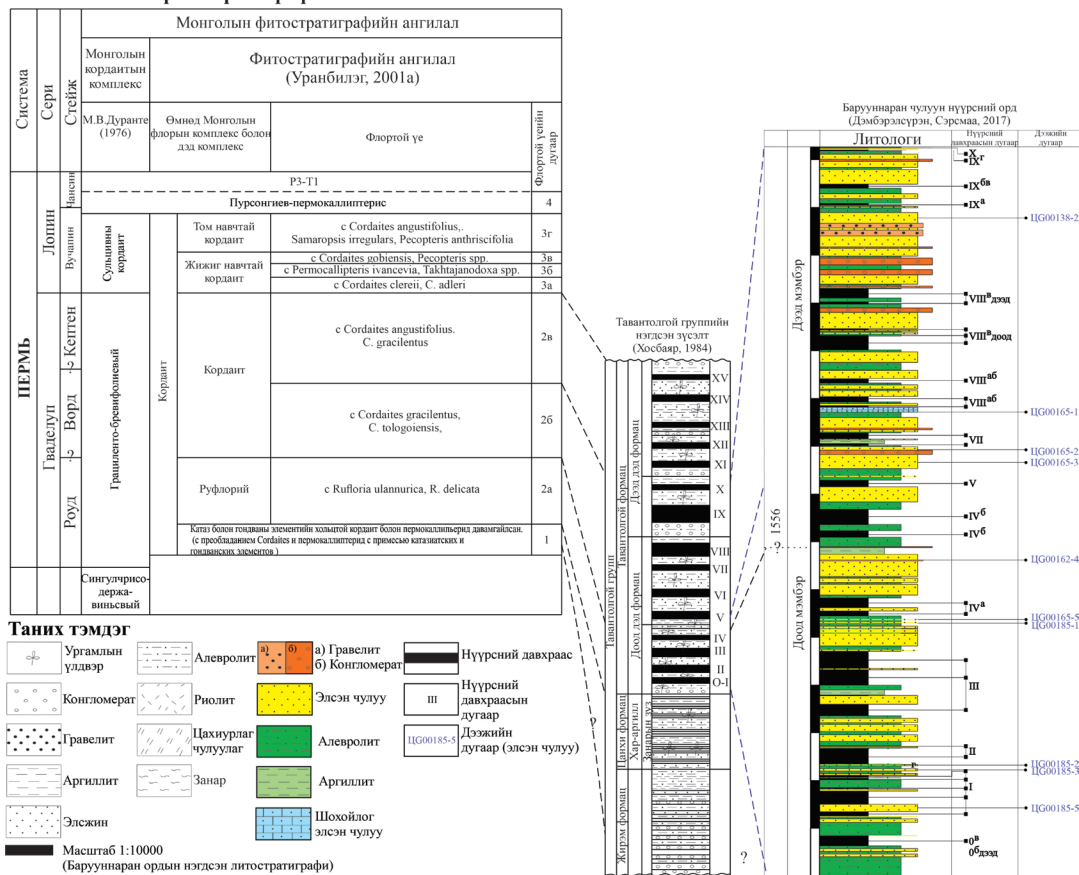
Барууннаран орд нь нүүрс агуулсан дунд пермийн Тавантолгой формацын терриген тунамал чулуулгийн зузаалагт агуулагддаг. Ордын атирааны тэнхлэгийн дагуу 312 метрээс 882 метрийн гүнтэйгээр өрөмдсөн дөрвөн цооногийн керний дээжний мэдээллээр хэсэгчилсэн зүсэлтүүд хийгдэж, тэдгээрийг хооронд нь харьцуулан, нэгтгэж, нэгдсэн литостратиграфийн зүсэлтийг зохиосон (Demberelsuren et al., 2018). Ордын нүүрстэй зузаалаг литологийн шинжээрээ доод, дээд хоёр мэмбэрт кодексын дагуу ялгагдсан. Доод мэмбэр нь дундаас нарийн ширхэгтэй, цайвраас хар саарал өнгөтэй элсэн чулуу, алевролитын, нүүрсний зузаан давхраасуудаас (нийт 5 давхраас), харин дээд мэмбэр нь ихэвчлэн цайвар саарал өнгөтэй элсэн чулуу, бүдүүн ширхэгтэй гравелит, конгломератын болон нүүрсний нимгэн давхраасуудаас тус тус бүрдэнэ (Зураг 2).

Ордын нүүрс агуулсан зузаалгийг Өмнөговийн нүүрсний сав дахь дунд-дээд пермийн нүүрс агуулсан формацуудтай харьцуулахад 1984 онд П.Хосбаяр нарын зохиосон Тавантолгой формацын зүсэлттэй литологи болон нүүрсний давхраасуудын шинж зэргээрээ дүйцжээ. Тавантолгой ордоос цуглуулсан ургамлын үлдэгдлийн судалгаагаар формацын насыг дунд пермь болохыг тогтоосон (Уранбилэг, 2020).



Зураг 1а) Судалгааны талбай болон Монголын нүүрстэй провинци, савууд, ордуудын байршлын зураг (Бат-Эрдэнэ, 1992, зургийг үнэлэсэв). Нүүрстэй провинци: А-Баруун Монголын, Б-Дорнод Монголын, Нүүрсний сав: 1-Хархираан, II-Монгол Алтайн, III-Өмнөд Хангайн, IV-Өмнөговийн, V-Их богдын, VI-Онгийн голын, VII-Чойр-Нялгын, VIII-Чойбалсангийн, IX-Сүхбаатарын, X-Тамсагийн, XI-Дорноговийн, XII-Дундговийн, Нүүрстэй талбай: XIII-Алтайнчандах, XIV-Баян Өлгий, XV-Орхон-Сэлэнгийн, Ордууд: 17-Нарийнсухайт, 18-Тавантолгой, 48-Гурвантэс, 49-Ухаахулаг; 50-Барууннаран. б) Судалгааны талбай болон Тавантолгой нүүрстэй дүүргийн байршлын зураг. в) Улааннуурын хотгор орчмын геологийн зураг (Хосбаяр, 1984).

**Өмнөд Монголын дунд пермийн  
нүүрс агуулсан Тавантолгой нэгдсэн группийн  
фитостратиграфийн ангилал**



**Зураг 2. Барууннаран ордын нэгдсэн литостратиграфи. Уг ордын нүүрс агуулсан зузаалгийг Тавантолгой группийн нэгдсэн зүсэлттэй харьцуулав.**

### 3. ДЭЭЖЛЭЛТ БОЛОН СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН АРГА АРГАЧЛАЛ

Барууннаран ордын агуулагч элсэн чулууны тэжээгдлийн мужийн өгөршлийн эрчимжилт, найрлага, хурдас хуримтлалын уур амьсгалын нөхцөлийг нь тодорхойлох зорилгоор доод мэмбэрийн зургаа №62-4, №65-5, 185-1, №85-2, №85-3, №85-5, дээд мэмбэрийн дөрвөн №38-2, №65-1, №65-2, №65-3, нийт арван элсэн чулуунд химийн, шинжилгээ хийсэн (Хүснэгт 13).

Судалгааны ажлын дээжүүдийг Барууннаран ордын атирааны тэнхлэгийн дагуу 312 метрээс 882 метрийн гүнтэйгээр өрөмдсөн дөрвөн цооногуудын өрмийн

дээжүүдээс авсан (Зураг 1в). Судалгаанд хамрагдсан дээжүүдийн гүний байрлалыг Барууннаран ордын литостратиграфийн нэгдсэн зүсэлтэнд харуулав (Зураг 2). Элсэн чулууны гол элементийн ислүүдийн ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) болон зарим сарнимал ( $\text{Ba}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{Ga}$ ,  $\text{Nb}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $\text{Rb}$ ,  $\text{Sr}$ ,  $\text{Th}$ ,  $\text{Y}$ ,  $\text{Zr}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Cu}$ ) элементүүдийн агуулгыг Японы Нагоягийн Их сургууль болон ШУТИС-ГУУС-тай хамтарсан Хээрийн Судалгааны Төвийн (FRC-Field Research Center) лабораторид рентген флюоресценцийн (XRF) аргаар хэмжсэн. Шатаалтын хорогдлыг цайвар өнгөтэй элсэн чулуунд хэмжиж, тооцохдоо 200 mesh-ээс бага

хэмжээтэйгээр бэлдсэн нунтагаас 3 граммаар авч, 1000°C-т 3 цагийн турш шатааж байсан бол хар бараан өнгөтэй дээжүүдийн (Зураг 3, 10%-иас их карбон агуулсан) нунтаг бэлдэцээс 4 граммыг авч 200°C-т 2 цаг дараа нь 400°C-т 4 цаг эцэст нь 950°C-т 2-5 цаг гэсэн үе шаттайгаар шатааж хэмжсэн. Шилэн бэлдцэнд шатааж үсгүй болгосон дээжээс 1.5 гр, үсгүй литийн тетрабор ( $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ )-оос 6 граммаар буюу 1:4 харьцаатайгаар авагдсан. Рентген флюоресценцийн (XRF) шинжилгээ ZSX Primus II маркийн машинаар хийгдэж, гол элементийн ислүүдийн агуулга хувиар (%), сарнимал элементүүдийнх г/тн буюу ppm-ээр тодорхойлогдсон.

Хүнцэл (As), ванади (V), цери (Ce)-г Геологийн төв лабораторид ТӨҮГазарт индукцын холбоотой плазмын масс спектрометр (ICP-MS-Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer)-ийн аргаар тодорхойлуулсан.

#### 4. ҮР ДҮН

##### 4.1. Гол элементүүд

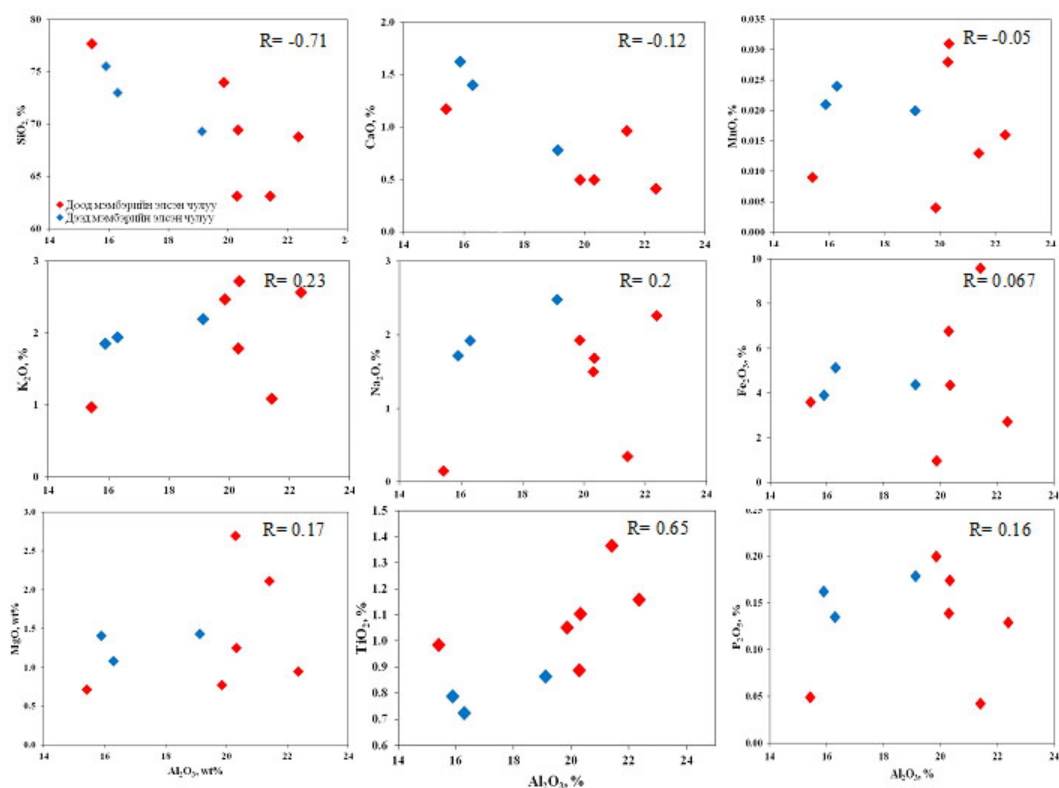
Гол элементүүдийн шинжилгээний үр дүнг Хүснэгт 1-т үзүүлэв. Барууннаран ордын дунд пермийн Тавантолгой формацийн доод болон дээд мэмбэрийн элсэн чулуун дахь  $\text{SiO}_2$ -ийн дундаж утга 69.3% болон 72.6% ба эх газрын дээд царцдас (ЭГДЦ) дахь уг ислийн дундаж утгатай (66.6 %) харьцуулахад арай их байна. Доод мэмбэрийн элсэн чулуунд (нэг дээжээс бусад дээж №85-5) хөнгөн цагааны ислийн агуулгыг (19.9-22.4 %) эх газрын дээд царцдас дахь хөнгөн цагааны ислийн дундаж утгатай харьцуулахад их байна.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -ийн агуулга дээд мэмбэрийн элсэн чулуунд (нэгээс бусад дээж №65-1) 15.9-19.13 %-ийн хооронд хэлбэлзэнэ. Уг утга №65-1 дугаартай дээжинд 9.74 % байна. 165-1, 185-2 дээжийн дугаартай элсэн чулуунаас бусад доод болон дээд мэмбэрийн элсэн чулуунд CaO агуулга 0.4-1.6 %,  $\text{Na}_2\text{O}$  0.4-2.3 %,  $\text{K}_2\text{O}$  1.3-2.7 % хооронд тус тус хэлбэлзэлтэй байгааг эх газрын дээд царцдас дахь уг ислүүдийн

агуулгын дундаж утгатай ( $\text{CaO}$ -3.6 %,  $\text{Na}_2\text{O}$ -3.3 %,  $\text{K}_2\text{O}$ -2.3 %) харьцуулахад бага байгаа нь тогтоогдлоо. CaO-ийн агуулга дээд мэмбэрийн 165-1 дугаартай элсэн чулуунд харьцангуй өндөр 36.9 %, доод мэмбэрийн 185-2 дээжийн дугаартай элсэн чулуунд уг утга 4.4 % байна.  $\text{TiO}_2$ -ийн агуулга доод болон дээд мэмбэрийн элсэн чулуу ( $\text{CaO}$ -ийн агуулга өндөр 165-1 дугаартай элсэн чулуунаас бусад) 0.7-1.4 % байх ба үүнийг эх газрын дээд царцдас дахь уг ислийн агуулгын дундаж утгатай (0.64) харьцуулахад бага зэрэг өндөр байна. Доод болон дээд мэмбэрийн элсэн чулуунд  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , MnO агуулга эх газрын дээд царцдас дахь уг ислүүдийн дундаж утгуудтай ойролцоо байгаа бол доод мэмбэрийн 185-2, 185-3 дугааруудтай дээжүүдэд дээрх ислүүдийн агуулга бага зэрэг өндөр байна. MnO ислийн агуулга нь доод болон дээд мэмбэрийн элсэн чулуунд эх газрын дээд царцдасын уг ислийн агуулгын дундаж утгаас маш бага агуулгатай 0.02 % байна.  $\text{P}_2\text{O}_5$  нь доод мэмбэрийн зузаалгийн доод хэсэг дэх элсэн чулуунд эх газрын дээд царцдасын уг ислийн агуулгын дундаж утгаас бага (0.04-0.05 %) агуулгатай байгаа ба зузаалгийн дээд хэсэг дэх элсэн чулуунд агуулга (0.13-0.20 %) ихсэж буй нь ажиглагдсан. Харин уг агуулга дээд мэмбэрийн зузаалгийн доод хэсэг дэх элсэн чулуунд их, дээд хэсэг дэх элсэн чулуунд бага зэрэг багасна (Хүснэгт 1).

Харкерын хэлбэлзлийн диаграммыг зураг 3-т үзүүлэв. Элсэн чулуунд  $\text{SiO}_2$ , CaO, MnO нь  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -тэй урвуу хамаарлыг үзүүлж байна. Бусад гол элементүүдийн ислүүд  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ , MgO,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  болон  $\text{P}_2\text{O}_5$  нь  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -тэй сул эерэг хамаарлыг үзүүлээ.  $\text{SiO}_2$  исэл нь  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -тэй урвуу хамааралтай байгаа нь хөнгөн цагааны шаврын эрдсүүд болон кварцын мөхлөгүүд нь хуримтлалын явцад гидродинамик ялгарал болсныг харуулж байгаа бол CaO-ийн урвуу хамаарал нь CaO элсэн чулуун дахь плагиоклазад агуулагдаж байсныг илэрхийлнэ (Roser, 2000; Narantuya and Roser, 2012). Харин  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -тэй эерэг

хамааралтай бусад  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ , хэмхдэс болон шаврын эрдсүүдтэй  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  болон  $\text{P}_2\text{O}_5$  ислүүд чулуулагийн холбоотой болохыг харуулна.

| Хүснэгт 1. Барууннаран ордын элсэн чулууны гол элементүүдийн ислийн агуулга (жин, %)                         |                |                |                         |                         |              |              |              |                       |                      |                        |      |       |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|-------------------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|-----------------------|----------------------|------------------------|------|-------|-----|
| Дээжийн дугаар                                                                                               | $\text{SiO}_2$ | $\text{TiO}_2$ | $\text{Al}_2\text{O}_3$ | $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | $\text{MnO}$ | $\text{MgO}$ | $\text{CaO}$ | $\text{Na}_2\text{O}$ | $\text{K}_2\text{O}$ | $\text{P}_2\text{O}_5$ | LOI  | Нийт  | ICV |
| 162-4                                                                                                        | 69.4           | 1.1            | 20.3                    | 4.4                     | 0.03         | 1.3          | 0.5          | 1.7                   | 2.7                  | 0.2                    | 0.2  | 101.8 | 0.6 |
| 165-5                                                                                                        | 68.7           | 1.2            | 22.4                    | 2.7                     | 0.02         | 0.9          | 0.4          | 2.3                   | 2.6                  | 0.1                    | 0.3  | 101.6 | 0.5 |
| 185-1                                                                                                        | 73.9           | 1.1            | 19.9                    | 0.9                     | 0.002        | 0.8          | 0.5          | 1.9                   | 2.5                  | 0.2                    | 0.2  | 101.9 | 0.4 |
| 185-2                                                                                                        | 63.1           | 0.9            | 20.3                    | 6.8                     | 0.03         | 2.7          | 4.4          | 1.5                   | 1.8                  | 0.1                    | 0.4  | 101.9 | 0.9 |
| 185-3                                                                                                        | 63.1           | 1.4            | 21.4                    | 9.6                     | 0.01         | 2.1          | 0.9          | 0.4                   | 1.1                  | 0.04                   | 0.05 | 100.1 | 0.7 |
| 185-5                                                                                                        | 77.6           | 0.9            | 15.4                    | 3.6                     | 0.01         | 0.7          | 1.2          | 0.2                   | 1                    | 0.05                   | 0.2  | 100.9 | 0.5 |
| 138-2                                                                                                        | 72.9           | 0.7            | 16.3                    | 5.2                     | 0.02         | 1.1          | 1.4          | 1.9                   | 1.9                  | 0.1                    | 0.1  | 101.8 | 0.8 |
| 165-1                                                                                                        | 42.9           | 0.3            | 9.7                     | 4.7                     | 0.21         | 1.2          | 36.9         | 1.2                   | 1.3                  | 0.2                    | 0.2  | 98.9  | 4.7 |
| 165-2                                                                                                        | 75.5           | 0.8            | 15.9                    | 3.9                     | 0.02         | 1.4          | 1.6          | 1.7                   | 1.9                  | 0.2                    | 0.2  | 103   | 0.7 |
| 165-3                                                                                                        | 69.3           | 0.9            | 19.1                    | 4.4                     | 0.02         | 1.4          | 0.8          | 2.5                   | 2.2                  | 0.2                    | 0.2  | 100.9 | 0.6 |
| Элсэн чулуу                                                                                                  | 69.3           | 1.1            | 19.9                    | 4.7                     | 0.02         | 1.4          | 1.3          | 1.3                   | 1.9                  | 0.1                    | 0.2  |       | 0.6 |
| Элсэн чулуу                                                                                                  | 72.6           | 0.8            | 17.1                    | 4.7                     | 0.02         | 1.3          | 1.3          | 2                     | 1.9                  | 0.2                    | 0.2  |       | 0.7 |
| Нийт элсэн чулууны дундаж                                                                                    | 70.9           | 0.9            | 18.5                    | 4.7                     | 0.02         | 1.4          | 1.3          | 1.7                   | 1.9                  | 0.1                    | 0.2  |       | 0.6 |
| UCC (Rudnick and Gao, 2005)                                                                                  | 66.6           | 0.6            | 15.4                    | 5                       | 0.1          | 2.5          | 3.6          | 3.7                   | 2.8                  | 0.1                    |      |       | 1.2 |
| 165-1 дугаартай элсэн чулуу нь тооцоонд ороогүй болно. UCC-Upper Continental Crust- эх газрын дээд цэвэрлэс. |                |                |                         |                         |              |              |              |                       |                      |                        |      |       |     |



Зураг 3. Барууннаран ордын элсэн чулууны гол элементүүдийн ислийн агуулгын Харкерын хэлбэлзлийн диаграмм.

### 3.2. Сарнимал элементүүд

Барууннаран ордын элсэн чулуун дахь сарнимал элементүүдийн шинжилгээний үр дүнг Хүснэгт 2-т, эх газрын дээд царцдасын дундаж утгад нормчилсон гол болон сарнимал элементүүдийн спайдер, хондритод нормчилсон диаграммуудыг Зураг 4, 5-д үзүүлэв.

#### • Том ионтой литофил элементүүд (LILE- Large Ion Lithophile Elements) Rb, Ba, Sr

Ордын дунд пермийн Тавантолгой формацийн доод мэмбэрийн элсэн чулуунд Sr-309.83 ppm, Rb-58.8 ppm, Ba-370.5 ppm, дээд мэмбэрийн элсэн чулуунд Sr-280.3 ppm, Rb-51 ppm, Ba-304.3 ppm гэсэн дундаж агуулгатай байна. Эдгээр агуулгыг эх газрын дээд царцдас дахь Sr, Rb, Ba-ийн дундаж агуулгатай харьцуулахад (Sr-320 ppm, Rb-84 ppm, Ba-628 ppm) бага байна. Sr нь Ca болон Na-тай, Rb, Ba нь K

геохимийн хам шинжийг үзүүлдэг бөгөөд Ca, Na, K гэсэн гол элементүүдийн ислийн болон Sr, Rb, Ba-ийн агуулгууд нь ижил доод мэмбэрийн зузаалгийн доороос дээшлэхэд ихэссэн зүй тогтолтой байна.

#### • Шилждэг элементүүд (TE-Transition Elements) V, Cr, Co, Cu, Ni, Zn

Суурилаг найрлагатай чулуулагт нийцтэй V, Co, Cr, Ni-ийн дундаж агуулгууд доод мэмбэрийн элсэн чулуунд V-157.8 ppm, Co-13.3 ppm, Cr-121 ppm Ni-31.3 ppm, дээд мэмбэрийн элсэн чулуунд V-97 ppm, Co-23 ppm, Cr-62.7 ppm, Ni-30.7 ppm байна. Эх газрын дээд царцдас дахь дээрх элементүүдийн дундаж агуулгуудыг (V-97 ppm, Co-17.3 ppm, Cr-92 ppm, Ni-47) харьцуулахад доод мэмбэрийн элсэн чулуунд V, Cr-ын дундаж агуулгууд бага зэрэг их, Co, Ni-ийн агуулгууд бага байна. Харин дээд мэмбэрийн элсэн чулуун дахь

V-ийн утга ижил эх газрын дээд царцдас дахь V-ийн агуулгатай ойролцоо байгаа бол Co бага зэрэг их, Cr, Ni-ийн агуулга багасжээ.

Доод мэмбэрийн элсэн чулуун дахь Zn, Cu-ийн дундаж агуулгууд эх газрын дээд царцдас дахь Zn, Cu-ийн (Zn-67 ppm, Cu-28 ppm) дунджаас бага зэрэг их байгаа бол дээд мэмбэрийн элсэн чулуун дахь Zn-ын агуулга бага зэрэг их, Cu-ийн агуулга бага байгаа нь ажиглагдлаа.

- **Өндөр цэнэгтэй элементүүд (HFSE-high field strength elements): Sc, Y, Th, Pb, Zr, Hf, Nb, Ta, Ga, Pb, U болон Ce**

Хүчиллэг найрлагатай чулуулагт нийцтэй өндөр цэнэгтэй элементүүд Y, Th, Zr, Nb-ийн дундаж агуулгууд доод мэмбэрийн элсэн чулуунд Y-20.7 ppm Th-2.5 ppm, Zr-189.7 ppm, Nb-9 ppm, дээд мэмбэрийн элсэн чулуунд Y-24 ppm Th-1.7 ppm, Zr-179.7 ppm, Nb-7 ppm байна. Эдгээр элементүүдийн дундаж агуулгуудыг эх газрын дээд царцдасын Y, Th, Zr, Nb дундаж

(21 ppm, 10.5 ppm, 193 ppm ба 12 ppm) агуулгатай харьцуулахад доод болон дээд мэмбэрийн элсэн чулуун дахь Th, Zr, Nb-ийн агуулга бага, харин Y-ийн агуулга доод мэмбэрийн элсэн чулуунд ялимгүй бага, дээд мэмбэрийн элсэн чулуунд их байгаа нь ажиглагдлаа.

Суурилаг чулуулагт нийцтэй Sc-ийн дундаж агуулга доод мэмбэрийн элсэн чулуунд 13.7 ppm дээд мэмбэрийн элсэн чулуунд 12.3 ppm байгааг эх газрын дээд царцдас дахь Sc-ийн дундаж агуулгатай (14 ppm) харьцуулахад ойролцоо байна.

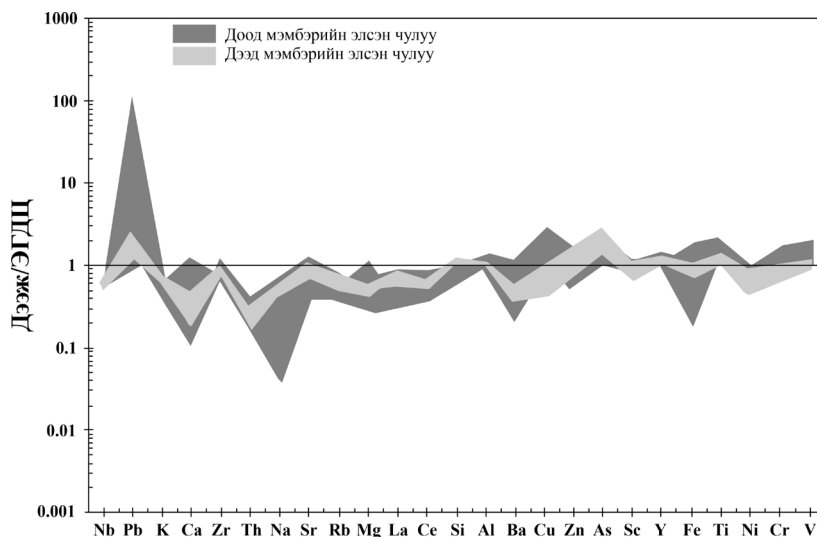
Түүнчлэн доод бодон дээд мэмбрийн элсэн чулуунд Hf, Ta, U-ны дундаж агуулгуудыг эх газрын дээд царцдас дахь дээрх элементүүд (Hf-5.3 ppm, Ta-0.9 ppm, U-2.7 ppm)-ийн агуулгатай харьцуулахад бага байна. Доод ба дээд мэмбэрийн элсэн чулуун дахь Ce агуулгыг эх газрын дээд царцдас дахь Ce-ийн агуулгатай харьцуулахад бага байгаа нь тогтоогдлоо (Хүснэгт 2).

**Хүснэгт 2. Барууннаран ордын элсэн чулууны сарнимал элементүүдийн агуулга (ppm)**

|    | Доод мэмбэр |       |       |       |       |       |             | Дундаж | Дээд мэмбэр |       |        |       |       | Нийт<br>элсэн<br>чулууны<br>дундаж | UCC |
|----|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|--------|-------------|-------|--------|-------|-------|------------------------------------|-----|
|    | Элсэн чулуу |       |       |       |       |       | Элсэн чулуу |        |             |       | Дундаж |       |       |                                    |     |
|    | 162-4       | 165-5 | 185-1 | 185-2 | 185-3 | 185-5 | 138-2       |        | 165-1       | 165-2 |        | 165-3 |       |                                    |     |
| Ba | 692         | 732   | 237   | 250   | 172   | 140   | 370.5       | 250    | 174         | 322   | 341    | 304.3 | 337.4 | 628                                |     |
| Cr | 131         | 131   | 92    | 107   | 112   | 153   | 121         | 60     | 21          | 55    | 73     | 62.7  | 91.8  | 92                                 |     |
| Co | 12          | 22    | 7     | 12    | 12    | 15    | 13.3        | 19     | 11          | 27    | 23     | 23    | 24.8  | 17.3                               |     |
| Ga | 25          | 26    | 27    | 23    | 31    | 26    | 26.3        | 20     | 7           | 19    | 22     | 20.3  | 23.3  | 18                                 |     |
| Nb | 10          | 9     | 7     | 8     | 13    | 7     | 9           | 7      | 3           | 7     | 7      | 7     | 8     | 12                                 |     |
| Ni | 28          | 50    | 28    | 26    | 26    | 30    | 31.3        | 24     | 0           | 31    | 37     | 30.7  | 31    | 47                                 |     |
| Pb | 25          | 34    | 21    | 38    | 41    | 1790  | 31.8        | 25     | 18          | 35    | 42     | 34    | 32.9  | 17                                 |     |
| Rb | 65          | 76    | 61    | 49    | 37    | 35    | 53.8        | 51     | 21          | 44    | 58     | 51    | 52.4  | 84                                 |     |
| Sc | 14          | 16    | 14    | 12    | 12    | 14    | 13.7        | 10     | <10         | 13    | 14     | 12.3  | 13    | 14                                 |     |
| Sr | 327         | 337   | 424   | 433   | 206   | 132   | 309.8       | 330    | 442         | 240   | 271    | 280.3 | 295.1 | 320                                |     |
| V  | 165         | 199   | 180   | 139   | 100   | 164   | 157.8       | 91     | 42          | 94    | 106    | 97    | 127.4 | 97                                 |     |
| Y  | 30          | 25    | 20    | 23    | 23    | 0     | 20.2        | 23     | 11          | 26    | 23     | 24    | 22.1  | 21                                 |     |
| Zr | 228         | 176   | 162   | 158   | 238   | 173   | 189.2       | 183    | 72          | 192   | 164    | 179.7 | 184.4 | 193                                |     |
| As | 8           | 10    | 8     | 11    | 10    | <5    | 8.5         | 7      | 8           | 12    | 13     | 10.7  | 9.6   | 5                                  |     |
| Zn | 95          | 107   | 36    | 65    | 48    | 68    | 69.8        | 75     | 31          | 61    | 83     | 73    | 71.4  | 67                                 |     |
| Cu | 44          | 90    | 75    | 31    | 34    | 34    | 51.3        | 12     | 0           | 13    | 24     | 16.3  | 33.8  | 28                                 |     |
| Ce | 55          | 44    | 30    | 29.8  | 26.4  | 24.3  | 34.9        | 34     | <30         | 43    | 40.8   | 39.3  | 37.1  | 63                                 |     |
| Hf | 4.3         | 3.2   | 3.4   | 2.8   | 2.9   | 3.8   | 3.4         | 3.5    | <15         | 3.8   | 3.8    | 3.69  | 3.6   | 5.3                                |     |
| Ta | 0.5         | 0.4   | 0.3   | 0.2   | 0.4   | 0.3   | 0.3         | 0.5    | <10         | 0.3   | 0.3    | 0.38  | 0.4   | 0.9                                |     |

|      |     |     |     |     |     |      |     |     |    |     |     |      |     |      |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|----|-----|-----|------|-----|------|
| Th   | 4   | 2   | 2   | 3   | 4   | 0    | 2.5 | 3   | 3  | 2   | 0   | 1.67 | 2.1 | 10.5 |
| U    | 1.5 | 1.8 | 1.6 | 1.1 | 1.5 | 1.1  | 1.5 | 1.4 | <5 | 1.4 | 1.2 | 1.33 | 1.4 | 2.7  |
| Th/U | 2.6 | 1.1 | 1.3 | 2.6 | 2.6 | 0.00 | 2   | 2.2 | 0  | 1.4 | 0   | 1.79 | 1.9 | 3.89 |

Товчлол: Эх газрын дээд царцдас (UCC) дахь сарнимал элементүүдийн агуулгын дундаж утгыг Rudnick and Gao (2005) нарын бүтээлээс авав.



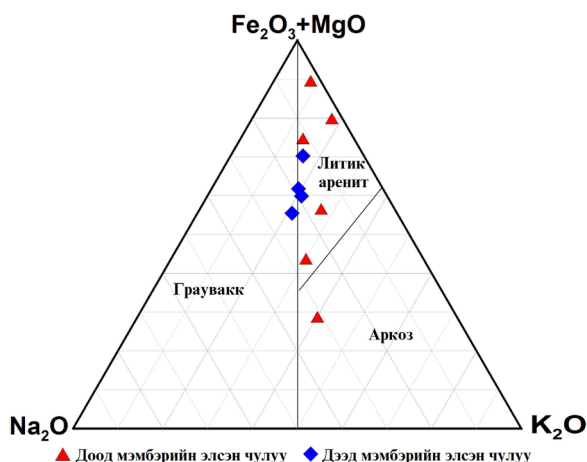
Зураг 4. Барууннаран ордын элсэн чулуун дахь зарим гол болон сарнимал элементүүдийг эх газрын дээд царцдасын (ЭГДЦ) дундаж утгад нормчилсон спайдер диаграмм. ЭГДЦ-ын дундаж утгуудыг Rudnick and Gao (2005) нарын бүтээлээс авав.

## 5. ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

### 4.1 Барууннаран ордын элсэн чулууны ангилал

Ордын дунд пермийн Тавантолгой формацийн доод болон дээд мэмбэрийн элсэн чулууны геохимийн ангилалын

диаграммыг (Blatt et al., 1980) Зураг 5-т үзүүлэв. Доод мэмбэрийн элсэн чулууны дээжийн 5 нь литик элсэн чулууны, нэг нь аркозын, дээд мэмбэрийн элсэн чулууны 3 дээж литик, 1 дээж граувакк элсэн чулуунд тус тус ангилагдсан.



Зураг 5. Барууннаран ордын элсэн чулууны ангиллын диаграмм (Blatt et al., 1980).

## 1.2. Барууннаран ордын тэжээгч мужийн өгөршлийн эрчимжилт, К-метасоматоз хувирал

Cox et al. (1995) нарын тооцоолсон чулуулгийн найрлагын өөрчлөлтийн индексээр (Index of Compositional Variability - ICV) ордын эх үүсвэр чулуулгийн төгөлдөржилтийг тодорхойлсон. Геохимийн төгөлдөржсөн эх үүсвэртэй хэмхдэслэг чулуулаг нь шаврын эрдсүүдээс, төгөлдөржөөгүй эх үүсвэртэй нь шаврын бүс (хээрийн жонш, пироксен, амфибол) эрдсүүдээс тус тус давамгайлан бүрддэг. Шаврын бүс эрдсүүдэд ICV утга шаврын эрдсүүдийнхтэй харьцуулахад өндөр байна. Жишээлбэл: уг утга пироксен болон амфиболд ~10-100, биотитод ~8, шүлтлэг хээрийн жоншинд ~8-1, плагиоклазад ~0.6, мусковит болон иллитэд ~0.3, монтморилинитод 0.14-0.3, каолинитэд ~0.3-0.05 хооронд хэлбэлздэг (Cox et al., 1995). Өөрөөр хэлбэл шаврын эрдсүүдээс давамгайлан бүрдсэн хэмхдэслэг чулуулагт ICV утга нэгээс бага харин шаврын бүс эрдсүүдээс бүрдсэн чулуулагт нэгээс их байдаг. Эх үүсвэр чулуулаг хүчтэй өгөршсөн эсвэл хэмхдэсүүд дахин хуримтлагдахад шаврын эрдсүүд үүсдэг бол тектоник хөдөлгөөн идэвхтэй тэжээгдлийн эх үүсвэр мужид шаврын бүс эрдсүүд бүрддэг (Barshad, 1966).

Барууннаран ордын дунд пермийн Тавантолгой формацийн доод болон дээд мэмбэрийн элсэн чулуунд чулуулгийн найрлагын өөрчлөлтийн индексийн (ICV) утга 0.3-0.9 болон 0.6-0.8 хооронд тус тус хэлбэлзэлтэй, ICV утга нэгээс бага байгаагаас уг ордын хэмхдэслэг чулуулаг геохимийн төгөлдөржсөн буюу эх үүсвэр чулуулаг химийн өгөршилд өртөгдөж

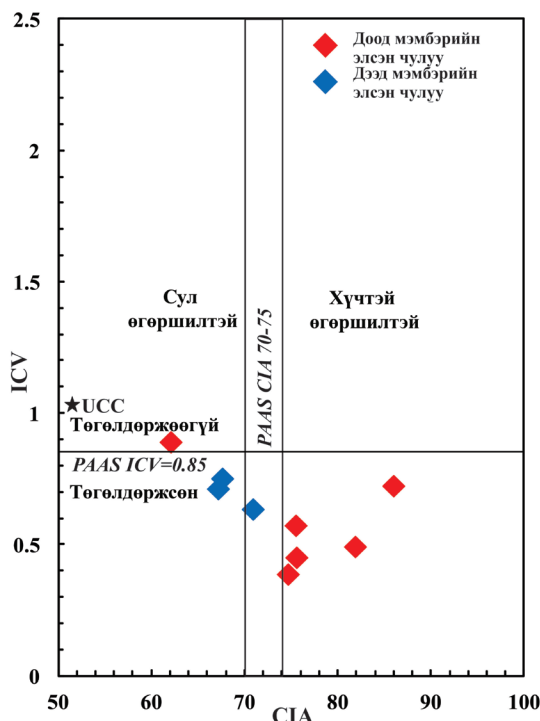
байсныг харуулна (Хүснэгт 1, Зураг 6).

Химийн хувирлын индексээр (CIA-Chemical Index of Alteration) тэжээгч мужийн химийн өгөршлийн эрчимжилтийг тодорхойлно. Энэхүү судалгаанд химийн хувирлын (CIA) болон найрлагын өөрчлөлт (ICV)-ийн индексийн харьцааны диаграммаар ашиглав (Зураг 7), (Long et al., 2012b; Nesbitt and Young, 1982).

CIA утгыг доорх аргачлалаар тооцоолсон.  $CIA = Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO^* + Na_2O + K_2O) \times 100$  (моль);  $CaO^*$ -цахиурлаг фракци дахь Ca-ийг тооцоонд оруулсан.

Уг индексийн тооцоолол нь өгөршлийн процессын явцад тогтвортой катион Al, өгөршилд тэсвэр муутай Ca, Na, K зэрэг катионуудын харьцаан дээр үндэслэгддэг. Химийн хувиралд их өртсөн буюу хүчтэй өгөршсөн мужид CIA утга 100-тай ойролцоо байх ба уг мужид каолинит, гипс болон хлорит үүснэ. CIA индексийн утга PAAS (Post Archean Australian Shale)-т 70-75 хооронд хэлбэлзэх ба тухайн муж химийн өгөршлийн эрчим дунд зэрэг байсныг илэрхийлэх ба уг мужид мусковит, иллит, смектит зэрэг эрдсүүд үүсдэг байна. Харин CIA индексийн утга 50 болон түүнээс доош байвал физикийн өгөршил давамгайлж байсан мужийг заадаг (Nesbitt and Young, 1982).

CIA утга уг ордын дунд пермийн Тавантолгой формацийн доод мэмбэрийн элсэн чулуунд 74.6-85.9 (нэгээс бусад дээжинд CIA утга 62.1), дээд мэмбэрийн элсэн чулуунд 67.1-70.9 тус бүр байгаа нь доод мэмбэрийн хэмхдэслэг чулуулгийн тэжээгдлийн эх үүсвэр чулуулаг хүчтэй, дээд мэмбэрийнх сулаас дунд зэрэг эрчимтэй өргөршсөн (Зураг 7) байгааг илтгэнэ.



**Зураг 6) Найрлагын өөрчлөлтийн (ICV) болон химийн хувирлын (CIA) индексийн диаграмм (Cox et al., 1995). Австралийн хожуу архейн занарын (PAAS-Post Archean Australian shale) утгыг Taylor and McLennan (1985); ЭГДЦ (UCC)-ын утгыг Rudnick and Gao (2005) нарын бүтээлүүдээс авлаа. ICV болон CIA доорх аргаар тооцоолов:**

$V = (Fe_2O_3 + K_2O + Na_2O + CaO + MgO + MnO + TiO_2) / Al_2O_3 (\%)$   
 $CIA = Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO^* + Na_2O + K_2O) \times 100$  (молийн хувиар);  $CaO^*$ -цахиурын фракци дахь  $Ca$ -г тооцоонд оруулсан болно.  $Al_2O_3 - (CaO + Na_2O) - K_2O$  болон CIA-ын молийн харьцааны диаграммаар (Nesbitt and Young, 1982, 1984) хэмхдэслэг тунамал чулуулгийн тэжээгч мужийн өгөршлийн эрчимжилт болон K-метасоматоз хувирал, эх үүсвэрийн найрлагыг ойлгож дүгнэдэг.  $Al_2O_3 - (CaO + Na_2O)$  шугамын дагуу өгөршлийн тренд үүсгэх ба дээжүүд A-K тэнхлэг рүү хазайгаагүй нь диагенезийн үед K-метасоматизмд өртөөгүйг харуулна. Тиймээс уг диаграммыг ашиглан, A-CN тэнхлэгтэй параллель шугам татаж, тунамал чулуулгийн эх үүсвэр найрлагыг тодорхойлдог.

Уг диаграммаар Барууннаран ордын дунд

пермийн Тавантолгой формацийн доод болон дээд мэмбэрийн элсэн чулууны дээжүүд нь A-CN шугамтай параллель байрлалыг үүсгэж байгаа ба калийн хээрийн жонш болон плагиоклазын шугам дээр доод мэмбэрийн элсэн чулууны дээжүүд нь дацит, андезитын, дээд мэмбэрийнх дацитын найрлагатай эх үүсвэрийн талбайд буулаа (Зураг 7). CIA утга доод мэмбэрийн элсэн чулуунд 74.6-85.9, дээд мэмбэрийн элсэн чулуунд 67.1-70.9 байгаагаас уг утга мэмбэр бүрт хэлбэлзэл багатайг харуулна. Тиймээс доод мэмбэрийн хэмхдэслэг чулуулгийн эх үүсвэр тектоникийн харьцангуй тайван нөхцөлд хүчтэй, дээд мэмбэрийнх сулаас дунд зэрэг эрчимтэй химийн өгөршилд өртөж байжээ гэж үзэж байна (Nesbitt et al., 1997).



**Зураг 7. Барууннаран ордын дунд пермийн Тавантолгой формацийн элсэн чулууны өгөршлийн чиглэлийн диаграмм (Nesbitt and Young, 1984). Базальт, габбро, диорит, андезит, дацит, гранодиорит, гранит, риолитын дундаж утгуудыг Лэ Мэтрийн бүтээлээс авав (Le Maitre, 1976).**

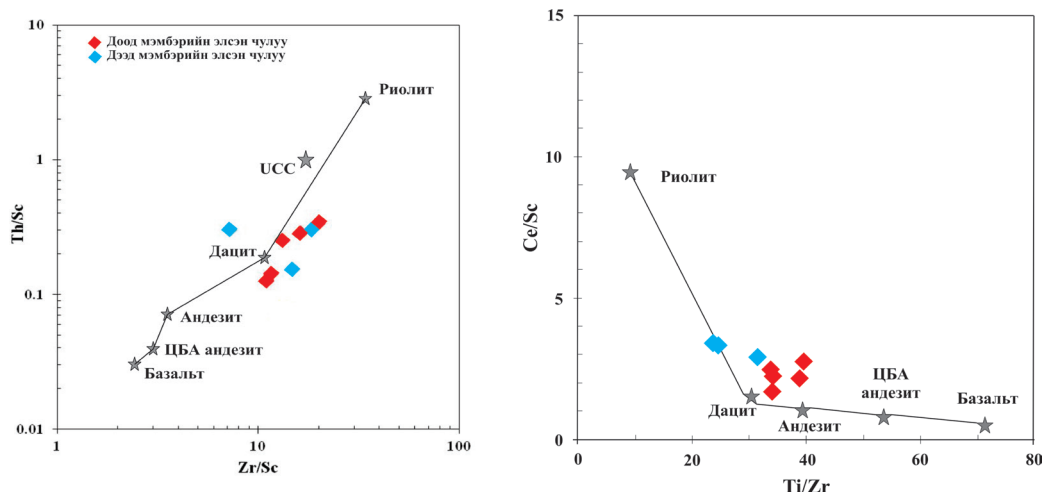
### 1.3. Барууннаран ордын элсэн чулууны эх үүсвэрийн найрлага

Барууннаран ордын элсэн чулууны эх үүсвэрийн найрлагыг геологийн ямарваа процесст тэсвэртэй зарим гол болон сарнимал элементүүдийн харьцаагаар тодорхойлов.

1. Хэмхдэслэг тунамал чулуулгийн эх үүсвэрийн найрлагыг байгалийн усанд бага уусдаггүй Al болон Ti-ны ислийн харьцаагаар нь тогтоосон бөгөөд уг харьцааны утга  $<8$  үед хэмхдэсүүд суурилаг,  $>20$  байвал хүчиллэг харин 8-аас 21-ийн хооронд байхад дундлаг найрлагатай тус тус эх үүсвэрээс үүсжээ гэж үзсэн (Hayashi et al., 1997).  $Al_2O_3/TiO_2$  харьцааны утга доод мэмбэрийн ихэнх элсэн чулуунд 10-20 хооронд, нэг дээжинд 20-оос их, дээд мэмбэрийн элсэн чулуунд 20-оос их байгаагаас доод мэмбэрийн элсэн чулуу нь дундлаг, хүчиллэг, харин дээд мэмбэрийнх хүчиллэг найрлагатай эх үүсвэр чулуулгийн өгөршил, угаагдлаар хуримтлагдсаныг харуулж байна.

2. Th/Sc болон Zr/Sc (McLennan, 1993), Ti/Zr болон Ce/Sc (Leveridge and Floyd, 1987) геологийн ямарваа процесст (өгөршил, зөөгдөл, метаморфизм гэх мэт) тэсвэртэй, хүчиллэг болон суурилаг найрлагатай чулуулагтай нийцлэг гол болон сарнимал элементүүдийн харьцаагаар хэмхдэслэг тунамал чулуулгийн эх үүсвэрийн найрлагыг нь тодорхойлсон.

Гол болон сарнимал элементүүдийн харьцааны диаграммууд дээр доод мэмбэрийн хэмхдэслэг чулуулаг нь андезит, дацитын, дээд мэмбэрийнх дацитын найрлагын талбайд бууж байна (Зураг 8 а, б).



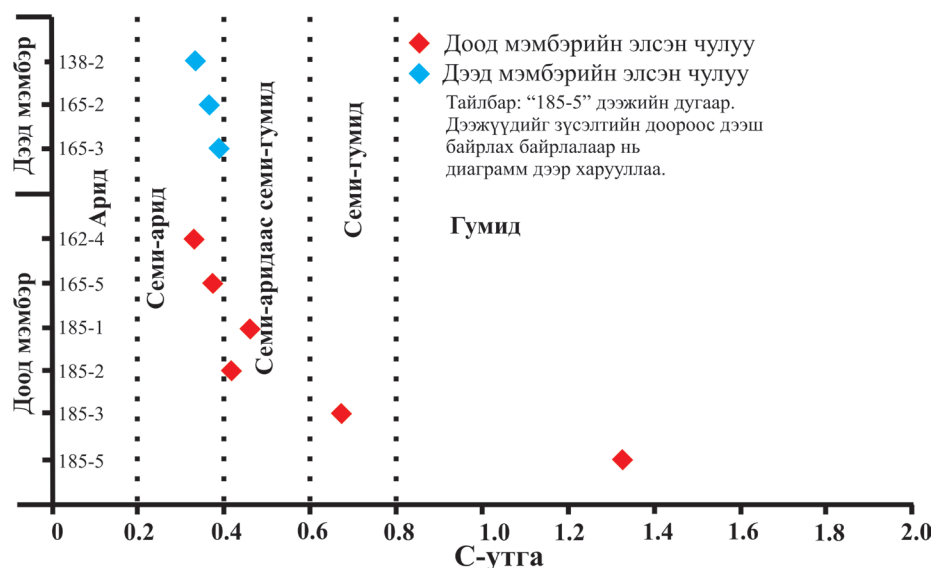
Зураг 8 а) Th/Sc-Zr/Sc харьцааны (McLennan et al., 1993), б) Ce/Sc-Ti/Zr харьцааны (Floyd and Leveridge, 1987) эх үүсвэрийн диаграммууд. Базальт, андезит, ЦБА-цахиурын исэл багатай андезит, дациг, риолитын утгууд - Roser and Korsh (1999); ЭГДЦ-ын утга (UCC) – (Rudnick and Gao, 2005).

#### 1.4. Барууннаран ордын элсэн чулууны хуримтлалын уур амьсгалын нөхцөл

Барууннаран ордын элсэн чулууны хуримтлагдсан уур амьсгалын нөхцөлийг нь гол болон зарим сарнимал элементүүдийн агуулгын тооцоолол C - утгаар тодорхойлов (Cao et al., 2012).

C утга нь  $[\sum(\text{Fe} + \text{Mn} + \text{Cr} + \text{Ni} + \text{V} + \text{Co}) / \sum(\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Sr} + \text{K} + \text{Na} + \text{Ba})]$  гэсэн томьёогоор тооцоологддог бөгөөд энэ нь гумид (чийглэг) уур амьсгалын нөхцөлд баяждаг Fe, Mn, Cr, V, Ni, Co зэрэг элементүүдийн нийлбэрийг арид (сэрүүн) уур амьсгалтай нөхцөлд усанд тунадасжиж давслаг эрдсүүдийг үүсгэдэг Ca, Mg, K, Na, Sr, Ba элементүүдийн нийлбэрүүдийн харьцаан дээр үндэслэгджээ (Cao et al., 2012). Уг утга <0.4 бол арид (хуурай), 0.4-өөс 0.8 бол завсрын, >0.8 бол гумид (чийглэг) уур амьсгалын нөхцөлийг заана. Барууннаран ордын элсэн чулуу хуримтлалын уур амьсгалын нөхцөлийг тодорхойлсон диаграммыг Зураг 9-д үзүүлэв. Уг ордын доод мэмбэрийн элсэн чулууны C-утга 0.33-аас 1.3 (дундаж утга-0.59), дээд мэмбэрийн элсэн чулуунд уг утга 0.1-ээс 0.4 (дундаж утга-0.3) байна. Энэ нь доод мэмбэрийн элсэн чулуу нь семи-гумидаас семи-арид (хагас чийглэгээс

хагас сэрүүн), дээд мэмбэрийн элсэн чулуу нь семи-арид (хагас сэрүүн) уур амьсгалын нөхцөл хуримтлагдсныг зааж байна (Зураг 9). Тиймээс дунд пермийн Тавантолгой формацийн хурдас хуримтлагдаж эхлэх үед уур амьсгалын нөхцөл семи-гумид байсан бол хуримтлалын дунд үеэс уур амьсгал сэрүүсч семи-арид нөхцөлтэй болжээ гэж дүгнэж болох юм. Зураг 1а) Судалгааны талбай болон Монголын нүүрстэй провинци, савууд, ордуудын байршлын зураг (Бат-Эрдэнэ, 1992, зургийг үндэслэв). Нүүрстэй провинци: А-Баруун Монголын, Б-Дорнод Монголын, Нүүрсний сав: I-Хархираан, II-Монгол Алтайн, III-Өмнөд Хангайн, IV-Өмнөговийн, V-Их богдын, VI-Онгийн голын, VII-Чойр-Нялгын, VIII-Чойбалсангийн, IX-Сүхбаатарын, X-Тамсагийн, XI-Дорноговийн, XII-Дундговийн, Нүүрстэй талбай: XIII-Алтайнчандахь, XIV-Баян Өлгий, XV-Орхон-Сэлэнгийн, Ордүүд: 17-Нарийнсухайт, 18-Тавантолгой, 48-Гурвантэс, 49-Ухаахудаг; 50-Барууннаран. б) Судалгааны талбай болон Өмнөговийн Савын байршлын зураг. с) Улааннуурын хотгор орчмын геологийн зураг (Хосбаяр, 1984).



Зураг 9. C-утга  $[\Sigma(\text{Fe}+\text{Mn}+\text{Cr}+\text{Ni}+\text{V}+\text{Co})]/\Sigma(\text{Ca}+\text{Mg}+\text{Sr}+\text{K}+\text{Na}+\text{Ba})$  болон Барууннаран ордын элсэн чулуу хуримтлагдсан уур амьсгалын нөхцөлийн диаграмм (Cao et al., 2012).

## 6. ДҮГНЭЛТ

Барууннаран ордын Тавантолгой формацийн доод болон дээд мэмбэрийн агуулагч элсэн чулууны геохимийн судалгаагаар доорх дүгнэлтэнд хүрлээ.

1. Доод, дээд мэмбэрийн литик аренист болон аркозын найрлагатай элсэн чулуу нь ихэвчлэн дундаг, хүчиллэг найрлагатай чулуулгийн угаагдлаар үүсчээ.
2. Доод мэмбэрийн элсэн чулууны тэжээгч муж хүчтэйгээс дунд зэрэг (CIA 74.6-85.9) дээд мэмбэрийнх сулаас дунд зэрэг (CIA 67.1-70.9) эрчимжилттэй өгөршсөн ба доод мэмбэрийн элсэн чулуу нь уур амьсгалын семи-гумидаас семи-арид, дээд мэмбэрийн элсэн чулуу нь семи-арид нөхцөлд хуримтлагджээ.

## 7. АШИГЛАСАН ХЭВЭЛЭ

Ганхуяг, Ч., Эндрью Поль., Скот Манске, Жон Уилльям, Энхтөгс, Ө., Эвийхүү, А., Пүрэвсүрэн, Ж., Батжаргал, С. 2008. Барууннарангийн чулуун нүүрсний ордод 2005-2007 онуудад гүйцэтгэсэн хайгуулын ажлын тайлан, Улаанбаатар, Ном I, ху-93.

Жаргал, Л., Дэмбэрэлсүрэн, Б., Нансалмаа, Д., 2017. Барууннаран нүүрсний ордын элсэн чулууны петрологийн судалгааны үр дүнгээс. Монголын Геосудлаач 46, 88-99.

Уранбилэг Л., 2020, Фитостратиграфия и флора средне-верхнепермских угленосных отложений Южной Монголии, Труды СРМПЭ, N49, Москва, ПИН РАН, 148с.

Хосбаяр, П., Бямбаа, Б., Дорж, Ц., Төмөрбаатар, П., 1984, Отчет о результатах геологический съемки масштаба 1:50000, проведенной на территории района угольного месторождения тавантолгой южной гоби в 1982-1984 годах, Улан-батор, 3740 Ф.

Bat-Erdene, D., 1992, Nature of distribution and formational condition of coal basins in the Mongolian orogenic belt. Summary of Sc.D. thesis: Moscow, 6-52 [in Russian].

Badarch, G., Dickson Cunningham, W and Windley, B. F., 2002, A new terrane subdivision for Mongolia: Implications for the Phanerozoic crustal growth of Central

- Asia: Journal of Asian Earth Sciences.
- Barshad, J., 1966, The effect of a variation of precipitation on the nature of clay mineral formation in soils from acid and basic igneous rocks. *Proc. Int. Clay Conf. (Jerusalem)* 1, 167-173.
- Blatt, H., Middleton, G., and Murray, R., 1980, *Origin of sedimentary rocks*, Eaglewood cliffs; Prentice-Hall: New Jersey, 634.
- Cao, J., Wu, M., Chen, Y., Hu, K., Bian, L., Wang, L., and Zhang, Y., 2012, Trace and rare earth element geochemistry of Jurassic mudstones in the northern Qaidam Basin, northwest China: *Chemie der Erde*.
- Cox, R., Lowe, D. R., and Cullers, R. L., 1995, The influence of sediment recycling and basement composition on evolution of mudrock chemistry in the southwestern United States: *Geochimica et Cosmochimica Acta*.
- Demberelsuren, B., Jargal, L., Nansalma, D., Maibayar, O., 2018. Provenance and paleoclimate of Middle Permian Tavantolgoi Formation sandstones in Baruunnaran coal deposit, Southern Mongolia. *Journal of Geological Issues*, Vol 494 (16), 84-94.
- Floyd, P. A., and Leveridge, B. E., 1987, Tectonic environment of the Devonian Gramscatho basin, south Cornwall: framework mode and geochemical evidence from turbiditic sandstones: *Journal of the Geological Society*.
- Hayashi, K.L., 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.
- Lkhagva-Ochir et al., 2015, JORC (2012) Standard Resource Estimation Baruunnaran and Tsaikhar khudag Minings.
- Le Maitre, R.W., 1976. The chemical variability of some common igneous rocks. *J. Pet.* 17, 589-637.
- Long, X., Yuan, C., Sun, M., Xiao, W., Wang, Y., Cai, K., and Jiang, Y., 2012b, Geochemistry and Nd isotopic composition of the Early Paleozoic flysch sequence in the Chinese Altai, Central Asia: Evidence for a northward-derived mafic source and insight into Nd model ages in accretionary orogen: *Gondwana Research*.
- McLennan, S. M., Hemming, S., McDaniel, D. K., and Hanson, G. N., 1993, Geochemical approaches to sedimentation, provenance, and tectonics: 21-40.
- Nesbitt, H. W., Fedo, C. M., and Young, G. M., 1997, Quartz and Feldspar Stability, Steady and Non-Steady-State Weathering, and Petrogenesis of Siliciclastic Sands and Muds: *The Journal of Geology*.
- Nesbitt, H. W., and Young, G. M., 1984, Prediction of some weathering trends of plutonic and volcanic rocks based on thermodynamic and kinetic considerations: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 48, 1523-1534.
- Nesbitt, H. W., and Young, G. M., 1982, Early proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites: *Nature*.
- Rudnick, R.L., Gao, S., 2005. Composition of the Continental Crust. In: Rudnick, R.L., Holland, H.D., Turekian, K.K.(Eds), *The Crust*, Vol. 3. *Treatise on Geochemistry*. Elsevier-Pergamon, Oxford, 1-64.