

Тойм өгүүлэл

Монголын шатах ашигт малтмал, тэдгээрийг агуулсан тунамал савууд

Б.Эрдэнэцогт*

МУИС, Шинжлэх ухааны сургууль, Геологи, геофизикийн тэнхим

Хүлээн авсан: 2022-10-03

Зөвшөөрөгдсөн: 2022-10-12

Түлхүүр үг: тунамал сав, нүцр, НДМ, шатдаг занар, газрын тос

* Холбоо барих зохиогч: Б.Эрдэнэцогт, МУИС, Шинжлэх ухааны сургууль,

Геологи, геофизикийн тэнхим

И-мэйл: tsogo@num.edu.mn

Abstract

During the last decade, significant geological studies on fossil fuels and sedimentary basins in Mongolia have been completed; e.g., more than 100 coal deposits were explored. This review includes recent advances in tectonic setting of sedimentary basins, depositional environments of fossil fuel hosting sedimentary rocks, and quality and resources of coal, oil shale and petroleum source rocks. It also covers the results of coking coal blending studies, oil shale pyrolysis and the outcome of the first evaluation of coal bed methane potential of Mongolia.

1. Оршил

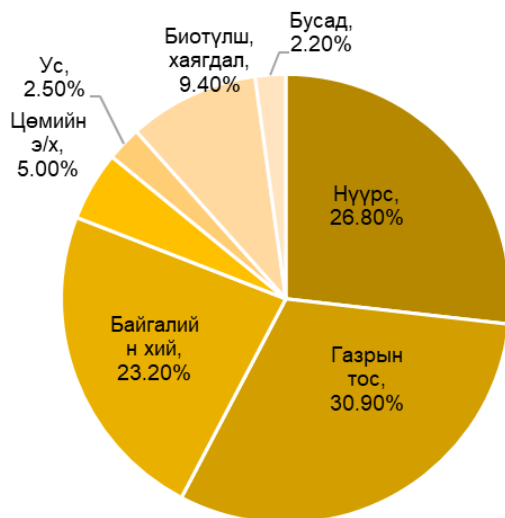
Шатах ашигт малтмал (ШАМ) гэж эрчим хүчний үндсэн түүхий эд байдлаар ашиглагддаг, органик гаралтай бүлэг ашигт малтмалыг хэлнэ. Эдгээр ашигт малтмалууд нь нүүрстөрөгч их хэмжээгээр агуулах бөгөөд байгаль дээр хатуу, шингэн, хийн төлөвт оршино. Уламжлалт ойлголтоор ШАМ-д нүүрс (хатуу), газрын тос (шингэн), байгалийн хий (хий)-г хамруулж байсан боловч сүүлийн жилүүдэд байгалийн битум, хэт өтгөн тос, тостой болон хийтэй занар, нүүрсний давхраасын метан, хийн гидрат зэргийг мөн багтаах болов (Chew, 2014; Yildiz, 2018).

2019 онд Дэлхий улс орнууд эрчим хүчний хэрэгцээнийхээ 81%-ийг ШАМ буюу нүүрс (26.8%), газрын тос (30.9%), байгалийн хий (16.1%)-нээс гарган авчээ (Зураг 1). Дэлхийн эрчим хүчний хэрэглээний өсөлтөөс шалтгаалан, 1973-2020 оны хооронд нүүрсний олборлолт 2.5 дахин (3.1 тэрбум тн-с 7.6 тэрбум тн), газрын тосны олборлолт 1.4 дахин (2.9 тэрбум тн-с 4.1 тэрбум тн), байгалийн хийн олборлолт 3.3 дахин (1.2 тэрбум м3-с 4.0 тэрбум м3) нэмэгджээ (IEA, 2021). 2035 он хүртэл Дэлхийн эрчим хүчний хэрэгцээ өнөөгийн төвшнөөс багадаа 30% нэмэгдэнэ гэж тооцож байна (Yildiz, 2018). Энэ нь ШАМ-ын хэрэглээ ойрын жилүүдэд

буурахгүй, судалгааг цаашид үргэлжлүүлэн хийх шаардлага байгааг илтгэж байна.

Монгол улсын хувьд эрчим хүчний хэрэгцээ тасралтгүй нэмэгдэж байгаа бөгөөд 2017-2021 онд зөвхөн цахилгааны хэрэглээ 28.4% өссөн байна. 2021 онд дотоодод үйлдвэрлэсэн цахилгааны 89.8%-ийг нүүрснээс гарган авчээ (ЭХЗХ, 2021). Монголын эрчим хүчний хэрэглээний өсөлтийг найдвартай хангаж чадах дотоодын, хямд эрчим хүчний гол эх үүсвэр нь ШАМ байна гэдэг нь дээрхи баримтаас харагдаж байна. Нөгөө талаас Монгол улсын эдийн засагт ШАМ маш чухал нөлөө үзүүлэх болов. Сүүлийн жилүүдэд нүүрсний олборлолт, экспорт үлэмж нэмэгдэн, 2019 онд 55,8 сая тн нүүрс олборлон, 36.6 сая тн нүүрс экспортлосон байна. Мөн онд газрын тосны олборлолт 7.6 сая баррель, экспорт 7.5 сая баррель байжээ (ҮСХ, 2021a). 2021 оны байдлаар нүүрс, газрын тосны экспортын нийт орлого 3.0 тэрбум доллар болсон нь Монгол улсын нийт экспортын орлогын 33% болж байна (ҮСХ, 2021b). Дээрхи бүхнээс харахад ШАМ-ын геологийн судалгааг улам нарийвчлан хийж, түүхий эдийн найдвартай нөөц бүрдүүлэх шаардлага бидэнд төдийгүй Дэлхий нийтэд байсаар байна. Үүнээс гадна сүүлийн үед зарим төрлийн ШАМ-ыг критикал металлын эх үүсвэр, өндөр технологийн бүтээгдэхүүний түүхий

эд гэдэг талаас нь эрчимтэй судлах болсон (Dai and Finkelman, 2018; Hoang et al., 2018) нь ихээхэн анхаарал татаж байна.



Зураг 1. Дэлхийн эрчим хүчний эх үүсвэр, 2019 оныхоор (IEA, 2021)

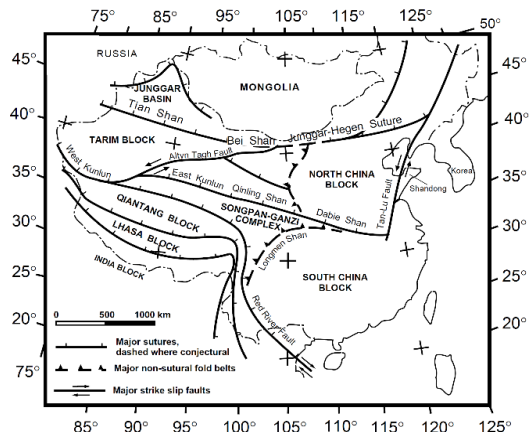
Монголын ШАМ дотроос нүүрсний мэдээлэл анх XIX зууны төгсгөлд хэвлэгдэж байсан бол анхны нүүрсний уурхай - Налайх 1912 онд ашиглалтанд оржээ (Бат-Эрдэнэ, 2009). Улмаар 1940-д оноос ШАМ-ын геологийн системтэй судалгаа эрчимжиж, 2000 он хүрэхэд нүүрсний 200 гаруй орд, илрэл, шатдаг занарын 40 гаруй орд, илрэл, газрын тосны гурван орд, байгалийн битумын хэд хэдэн орд, илрэл тогтоожээ (Бат-Эрдэнэ нар, 2001). Энэ хугацаанд Монгол орны бараг бүх аймагт, орон нутгийн нүүрсний хэрэгцээг хангаж чадах, жижиг, дунд хэмжээний ил уурхайнуудыг ашиглалтанд оруулсан байдаг (Бат-Эрдэнэ, 2009). 1980-2000 онд нүүрс, газрын тос, шатдаг занарын тархалт, нүүрсний чанарын өөрчлөлтийн ерөнхий зүй тогтлыг тогтоон, Монголын ШАМ-ын мужлалыг шинэчлэн боловсруулсан болно (Бат-Эрдэнэ, 1992; Жаргал, 1997; Бат-Эрдэнэ, 2001; Бат-Эрдэнэ, 1995-Газрын тосны сав; Бат-Эрдэнэ, Жаргал, 1994; Мөнхтоогоо, 1989; Санж, 1999; Yamamoto et al., 1998; Pentilla, 1994). МУИС-д Геологийн салбар 1991 онд дахин байгуулагдаж, газрын тосны геологич мэргэжлээр сургалт, судалгаа явуулж эхэлснээс хойш

(Эрдэнэцогт, 2018; Уламбадрах нар, 2020), Монголын ШАМ-ын судалгааны нэг чухал төв нь тус сургууль болсон юм. МУИС-ийн геологийн салбарын багш нар Монголын ШАМ-ын мужлал, хэтийн төлөв, чанар, хувирлын зүй тогтол, нүүрсний петрографи, хүлэр хуримтлалын эртний газарзүйн нөхцөлийн талаар томоохон судалгааны ажлууд хэвлүүлсэн (Бат-Эрдэнэ, Жаргал, 1994; Бат-Эрдэнэ, 2001; Бат-Эрдэнэ нар, 2001; Жаргал, 1997; Yamamoto et al., 1998; Жаргал нар, 2002) бөгөөд эдгээр судалгааны үр дүнгүүд Бат-Эрдэнэ (2009)-д багтсан болно. Энэ тойм өгүүллэгт 2008 оноос хойш хэвлэгдсэн Монголын ШАМ болон тэдгээрийг агуулагч тунамал савтай холбоотой судалгааны гол үр дүнг нэгтгэхийг зорилоо. Өнгөрсөн 10 гаруй жилд Монголын тунамал савын геологийн хөгжлийн талаар шинэ мэдээлэл ихээр цугларав. Мөн нүүрсний 110 гаруй орд, илрэл шинээр нээгдэж, чанар, хувирлын зэрэг нь судлагдлаа. Газрын тосны эх хурдас болон шатдаг занарын органик материалын төрөл, хуримтлалын орчин, гарал үүслийн талаар судалгаа хийгдэв. ШАМ агуулсан тунамал хурдсын нас, эх үүсвэр, хуримтлагдах үеийн эртний уур амьсгалын талаар цөөн боловч маш чухал мэдээлэл бий болсон байна.

2. Монголын шатах ашигт малтмал агуулсан тунамал сав

2.1 Тунамал савын үүсэл

Монгол орон Төв Азийн Ороген Бүс (ТАОБ)-д орших бөгөөд хойд талаараа Сибирийн, урьд талаараа Тарим болон Хойд Хятадын кратонуудаар хүрээлэгдэнэ (Badarch et al., 2002) (Зураг 2). ТАОБ нь Дэлхий дээрхи хамгийн том акрецийн бүс тул Монголын геологийн тогтоц маш нийлмэл болно. Монголд карбон, перм, юр, цэрдийн үед явагдсан хэд хэдэн томоохон тектоник үйл явцын нөлөөгөөр ШАМ агуулсан тунамал савууд үүссэн байдаг (Erdenetsogt et al., 2009; Johnson, 2015) (Зураг 3). Эдгээр тунамал савуудыг гарал үүслээр нь форланд болон рифтийн савууд гэсэн 2 үндсэн төрөлд ангилж болох юм (Erdenetsogt et al., 2009).

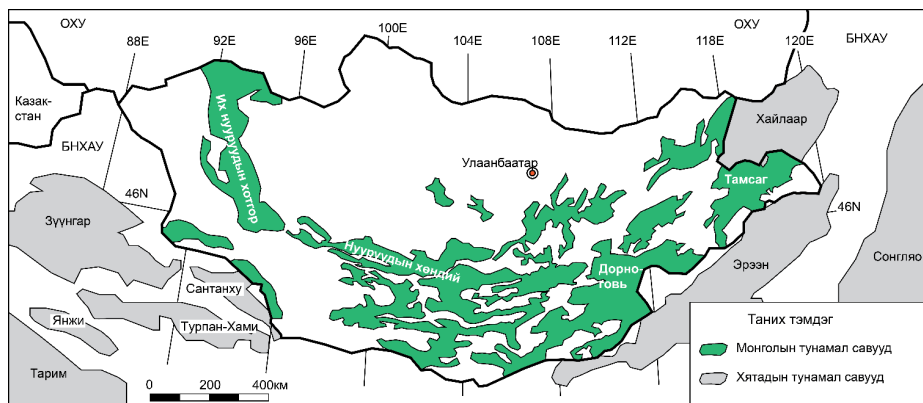


Зураг 2. Азийн тектоникийн хялбаршуулсан схем (Hendrix et al., 2001)

Баруун Монгол дахь нүүрс агуулсан карбонь хурдас нь форланд савуудад хуримтлагдсан байна (Erdenetsogt et al., 2009). Эдгээр савууд Тарим-Төв Тэнгэр уулын блок Зүүнгарын савтай мөргөлдөхөд (Lamb and Badarch, 2001, Lamb et al., 2008) үүссэн байна. Хожим триасын цаг үед эдгээр тунамал савуудын дийлэнх нь өргөгдөн элэгджээ (Тгаупог and Sladen, 1995). Өмнөд

Монгол дахь нүүрс агуулсан пермийн тунамал савууд мөн форланд савууд (Erdenetsogt et al., 2009) бөгөөд энэ савууд Хойд Хятадын блок өмнөд Монголтой мөргөлдөн, Палео-Азийн далай хаагдах үед үүссэн болно (Johnson et al., 2008). Энэ царцдасын шахалтын нөлөөгөөр баруун Монголд харьцангуй жижиг форланд савууд шинээр үүссэн боловч триас болон түүнээс хойш явагдсан өргөгдлийн улмаас бараг бүрэн угаагджээ.

Өмнөд, баруун болон хойд Монгол дахь нүүрс, шатдаг занар агуулсан юрын тунамал савууд нь мөн форланд савууд юм (Sjostorm et al., 2001; Байгалмаа нар, 2021; Батгэрэл нар, 2021; Эрдэнэцогт, 2020; Эрдэнэцогт нар, 2021). Эдгээр савуудын үүсэлд өмнө талаас Хойд Хятадын блоктой Чинтан блок мөргөлдсөн явдал, хойд талаас Монгол-Агнуурын далайн хаагдах явц тус тус нөлөөлсөн гэж үздэг (Hendrix et al., 2001; Johnson, 2015). Харин төв Монголд зарим юрын савууд рифтийн гаралтай (Hasegawa et al., 2018; Erdenetsogt et al., 2022a) бөгөөд эдгээр савуудыг коллизийн дараа царцдас хэт зузаарах үед явагддаг эвдрэлийн улмаас үүссэн байх гэж таамаглаж байна (Erdenetsogt et al., 2022a).



Зураг 3. Монгол болон хил залгаа Хятадын тунамал савууд (Erdenetsogt et al., 2022a)

Юрын төгсгөлд Монгол болон зүүн Хятадын хэмжээнд тектоникийн ерөнхий горим огцом өөрчлөгдөн, царцдасын шахалтаас тэлэлтийн горимд шилжиж, энэ тэлэлт түрүү цэрдийг дуустал үргэлжлэв (Graham et al., 2001; Hasegawa et al., 2018). Царцдасын тэлэлтийн хурд өндөр байх үед рифтийн грабенуудад гүн устай том нуурууд бий болж, эдгээрт органик ихээр агуулсан газрын тос үүсгэгч хурдас, шатдаг

занар хуримтлагджээ. Суултын хурд багасан хотгорууд хурдсаар дүүргэгдэх үед нуурын усны төвшин багасан хүлэрт намгууд бий болж, ихээхэн зузаантай нүүрс үүсэв (Эрдэнэцогт, 2010). Түрүү мезозойн энэхүү царцдасын тэлэлтийг нөхцөлдүүлсэн хүчин зүйлсийн талаар хэд хэдэн таамаглал байдаг ба судлаачид нэгдсэн ойлголтонд одоогоор хүрээгүй байна (Heumann et al., 2018). Ямартай ч Монголын мезозойн

тунамал савууд маш нийлэмэл тогтоцтой, хэд хэдэн шатны тектоник үйл явцаар үүссэн болох нь тогтоогдож байна (Johnson, 2015; Neumann et al., 2018).

2.2 Шатах ашигт малтмал агуулсан тунамал хурдсын насны судалгаа

Өнгөрсөн хугацаанд Өмнөговийн савд тархсан нүүрс агуулсан перм болон юрын хурдсын, Дундговийн савд тархсан шатдаг занар агуулсан юрын хурдсыг нарийвчлан судалж, насыг нь шинэчиллээ. Эдгээр судалгааны үр дүн Монголын ШАМ-ын геологийн судалгаанд чухал нөлөө үзүүлж, тухайн бүс нутагт нүүрс, нүүрсний давхраасын метан, газрын тос, шатдаг занарын эрэл, хайгуулын ажлыг шинэ өнцгөөс харж төлөвлөн, гүйцэтгэх боломж бүрдсэн болно. Өмнөговийн савд тархсан нүүрс агуулсан пермийн хурдсын насыг нарийвчлан судалсанаар (Уранбилэг, 2001), уг савд тархсан нүүрс агуулсан хурдас насны хувьд гурван өөр түвшинд байгаа нь тогтоогдов (Оролмаа, Ариунчимэг, 2011). Тавантолгой орд орчим тархсан нүүрстэй хурдас (Тавантолгой формац) дунд пермийн дунд үед хуримтлагдсан бол Эрдэнэбулаг, Ноён орчим тархсан нүүрстэй хурдас (Дэлийншанд формац) дунд пермийн төгсгөл үед хуримтлагдсан байна. Уранбилэг (2001)-ийн гүйцэтгэсэн судалгаагаар Цагаантолгой орд орчим тархсан нүүрстэй хурдас (Ямаанус формац) дээд пермд хамаарч байна. Уг хурдастай дүйх дээд пермийн хурдас одоогоор Монголын өөр хэсэгт тогтоогдоогүй байна (Оролмаа, Ариунчимэг, 2011).

Өмнөговийн сав дахь Нарийнсухайтын нүүрс юрын настай болохыг тогтоож (Баатархуяг нар, 2010; 2012), улмаар дунд юрын байосд хамаарахыг нарийвчлав (Kostina and Nerman, 2013; 2016). Нарийнсухайтын нүүрсийг өмнө нь пермд хамруулдаг байсан бөгөөд энэ ордын насыг шинэчлэснээр Монголын өмнөд хэсэгт пермээс гадна юрын хурдас нүүрс агуулдагыг тогтоов. Энэ нь нүүрсний геологийн хувьд нэн чухал шинэ үр дүн болж байна.

Өмнөх судалгаагаар Монголд тархсан бүх шатдаг занарыг доод цэрдийн настай гэж үзэж байв (Бат-Эрдэнэ, 2009). Дундговийн савд орших, өмнө доод цэрдийн настай гэж тооцож байсан Эдэмтийн шатдаг занарын судалгааг Li et al.

(2014) гүйцэтгэж, дунд юрын настай болохыг тогтоов. Улмаар Hasegawa et al. (2018) шатдаг занар агуулсан хурдсын насыг үнэмлэхүй насны аргаар баталгаажууллаа. Дундговийн савд юрын шатдаг занар байгааг тогтоосны дараа төв болон хойд Монголд дахин хэд хэдэн юрын шатдаг занарыг илрүүлсэн болно (Erdenetsogt and Jargal, 2014). Юрын шатдаг занар байгааг тогтоосон нь төв Монголын юрын тунамал савуудын газрын тосны системийг эргэж харах үндэслэл болж байгаа болно (Erdenetsogt et al., 2022a).

2.3 Тунамал хурдсын хуримтлалын орчныг сэргээн босгох судалгаа

Өмнөговийн савд байрлах дунд юрын Нарийнсухайт орд 12 давхраастай, нүүрс нь хагас коксждог, сайн чанарын эрчим хүчний нүүрс юм (Байгалмаа нар, 2021). Нарийнсухайт ордын нүүрс болон агуулагч элсэн чулууны геохимийн судалгааны үр дүнд тулгуурлан хүлэр хуримтлалын орчныг сэргээн босгох судалгааг хийсэн (Байгалмаа нар, 2021; Батгэрэл нар, 2021). Давхраас V хуримтлагдах үед уур амьсгал халуун хуурай, усны төвшин гүехэн, давжилт ихтэй байсан бол дээд давхраасууд хуримтлагдах үед уур амьсгал илүү чийглэг болж, хүлэрт намгийн усны давжилт багасчээ (Байгалмаа нар, 2021; Батгэрэл нар, 2021). Мөн нүүрс агуулагч элсэн чулуу нь арлан нум болон эх газрын нумын нөхцөлд үүссэн дундлаг, хүчиллэг найрлагатай чулуулгаас үүсэж, форланд хотгорт хуримтлагдсан болохыг тогтоосон (Байгалмаа нар, 2021). Орхон-Сэлэнгийн талбайд байрлах дунд юрын Хужирт ордод гүйцэтгэсэн судалгаагаар уг ордын нүүрс халуун хуурай уур амьсгалд хуримтлагдсан болохыг тогтоосон. Мөн нүүрс агуулагч тунамал чулуулаг нь түрүү перм, түрүү палеозойн дундлаг, хүчиллэг найрлагатай чулуулгийн угагдлаар үүсч, нумын арын форланд хотгорт хуримтлагдсан гэж үзсэн байна (Эрдэнэцогт нар, 2021). Өмнөговийн дунд пермийн Тавантолгой, Барууннаран ордод үүнтэй ижил судалгааг хийсэн болно (Болормаа нар, 2019; Дэмбэрэлсүрэн, 2021).

3. ШАМ-ын геологийн судалгаа

3.1 Нүүрсний геологийн судалгаа

2018 оны мэдээллээр Монголд нүүрсний 149 орд, 282 илрэл бүртгэгдсэн. Эдгээр орд, илрэлүүд 2 нүүрстэй провинц, 12 нүүрсний сав, 3 нүүрстэй талбайд ангилдаг (Бат-Эрдэнэ, 1992) (Зураг 4а). Нүүрс нь карбон, перм, юр, цэрдийн үед үүссэн ба нүүрсний хувирлын зэрэг нь нүүрсжилтийн настай холбоотой юм (Бат-Эрдэнэ, 2009; Erdenetsogt et al., 2009). Баруун Монголд тархсан пенсильванийн нүүрс, өмнөд Монголд тархсан дунд пермийн нүүрс нь чулуун нүүрсний дунд түвшин хүртэл хувирсан байдаг. Төв, зүүн, өмнөд Монголд тогтоогдсон дунд юрын нүүрсний хувирал чулуун нүүрсний эхэн шатанд байдаг бол баруун хойд Монголд тархсан дунд юрын нүүрс чулуун нүүрсний дунд түвшин хүртэл хувирчээ (Erdenetsogt and Jargal, 2021). Монголын зүүн хагаст тархсан доод цэрдийн хүрэн нүүрс нь хамгийн бага хувирсан болно (Бат-Эрдэнэ, 2001; 2009).

Сүүлийн 10 гаруй жилд шинээр 110 орчим нүүрсний ордууд нээгдэн хайгуул хийгдэв. Мөн өмнө мэдэгдэж байсан зарим ордуудыг нарийвчлан судаллаа. Гэхдээ эдгээрээс геологийн хувьд сонирхолтой, их нөөцтэй Нүүрстхотгор, Хотгор, Хуурайтал, Цант-Уул, Хартойром, Хашаатцав, Ерөөлт ордуудын судалгааны үр дүнг авч үзье. Баруун Монголын провинцийн хэмжээнд шинээр хайгуул хийгдэн нөөц, чанар нь нарийвчлан судлагдсан оруудаас хамгийн том нь Хархираагийн нүүрсний савд байрлах Нүүрстхотгор юм. Нүүрстхотгорын орд нийт 13 давхраастай боловч хамгийн доод талын, 200 м зузаантай I давхраас үндсэн давхраас болно. Уг давхраасын нүүрс нь коксжих нүүрс бөгөөд Жи индекс 70-85, витринитийн ойлтын үзүүлэлт 1.0% хүрнэ. Гэхдээ коксжих үзүүлэлт дээшлэх тусам багассаар дээд давхраасууд коксжих чадваргүй болно. Нүүрстхотгорын ордын нөөц 1 тэрбум тн (Бат-Эрдэнэ, 2014; Erdenetsogt and Jargal, 2021).

Төв Монголд хайгуул хийгдэн нөөц нь шинэчлэгдсэн хамгийн гол орд Их Богдын нүүрсний савд байрлах Хотгор юм. Уг орд 5 давхраастай, маш энгийн тогтоцтой. Уналын өнцөг 30°. Үндсэн давхраас нь 7 м зузаантай 2-р давхраас. Нүүрс нь хагас коксжино. Жи индекс 72, витринитийн ойлтын үзүүлэлт 0.8%. Ордын нөөц 160 сая тн (Уламбадрах, Байгалмаа, 2014; Erdenetsogt and Jargal, 2021). Нөөц нэмэгдэх

боломжтой.

Өмнөд Монголд шинээр нээгдсэн нэг том орд бол дунд юрын Хуурайтал орд юм. Уг орд нь 13 давхраастай, давхраасууд нь моноклинал структур үүсгэх ба уналын өнцөг 65° хүрнэ. Үндсэн давхраас нь Х давхраас юм. Уг давхраасын дундаж зузаан 18 м. Гэхдээ ордын төв хэсэгт 141 м хүрнэ. Х давхраасын витринитийн тохиолдлын ойлтын үзүүлэлт 1.0-1.2 %. Жи индекс 55. Нүүрс хагас коксжино. Хуурай тал ордын баялаг 256 сая тн бөгөөд нөөц нэмэгдэх хэтийн төлөвтэй (Бахдал, Жаргал, 2021).

Өмнөговийн савд шинээр нээгдсэн нэг гол орд Цант-Уул орд болно. Уг орд Зүүн Цантын гэж нэрлэгдэх синклиналь структурт, дунд пермийн Тавантолгой формацад агуулагдана. Нийт 4 давхраастай, давхраасуудын нийлбэр зузаан нь 54.6 м хүрнэ. Нүүрсний давхраас зүүн урагш 30-45° уналтай. Нүүрс нь сайн чанарын эрчим хүчний нүүрс, коксжихгүй. Дунджаар витринит 48.2%, инертинит 41.7%, липтинит 3.6%, эрдсийн хольц 6.5%. Витринитийн ойлтын үзүүлэлт 0.52-0.68%. Ордын нийт нөөц, баялаг 96 сая тн (Лхагважав нар, 2011).

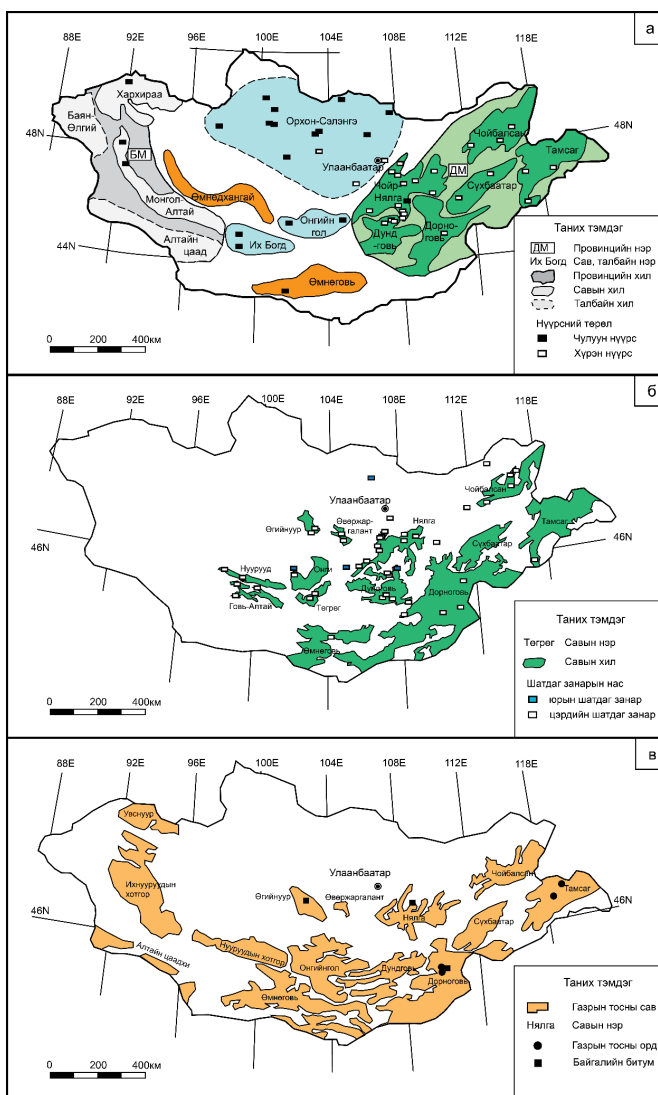
Дорнод Монголын провинцид хэд хэдэн том ордууд нээгдсэнээс Дундговийн сав дахь Хар тойром (Үнст худаг), Тамсагийн савын Хашаатцав, Ерөөлт ордууд геологийн хувьд чухал болно. Хартойром орд синклиналь структуртай үүсгэх бөгөөд 15 км урт, 7 км өргөн. Нүүрс агуулагч хурдас нь доод цэрдийн Могойт формац, зузаан нь 730 м. Хурдас хэвтээ байрлалтай, унал 5° хэтрэхгүй. Ордын хэмжээнд томоохон хэмжээний хагарал, шилжил тогтоогдоогүй. Орд 3 давхраастай, дээрээс нь доош А, Вдээд, Вдоод гэж нэрлэнэ. Хамгийн дээр орших А давхраас дунджаар 4.0 м зузаан. Вдээд давхраасын зузаан 7-9 м бол Вдоод давхраасын зузаан 10-12 м. Нүүрс нь хүрэн нүүрс, витринитийн ойлтын үзүүлэлт дунджаар 0.26%. Ордын нөөц 880 сая тн (Өлзийхутаг нар, 2015).

Хашаатцавын орд энгийн тогтоцтой. Брахисинклиналь агираа үүсгэнэ. Уналын өнцөг хамгийн ихдээ 10° хүрнэ. Орд таван давхраастай. 2-р давхраас хамгийн зузаан нь бөгөөд дунджаар 32 м зузаан. Нүүрс нь эрчим хүчний хүрэн нүүрс юм. Ордын нөөц 465 сая тн (Эрдэнэ, Эрдэнэцогт, 2016). Нөөц өсөх бүрэн боломжтой. Ерөөлтийн орд нь Бүдүүний гэж нэрлэгдэх

7.0 км урт, 0.7-2.6 км өргөн хотгор структурт, доод цэрдийн Зүүнбаян группийн Нүүрсгэй формацид агуулагдана. Нүүрс агуулагч хурдсын зузаан >180 м. Орд нь хагарлаар 3 мульд болж хуваагдана. Нүүрсний давхраасын унал 5-10° хэлбэлзэнэ. Орд 6 давхраастай, доод талын 3 давхраас нь үйлдвэрлэлийн ач холбогдолтой. Хамгийн доод талын 0 давхраасын зузаан нь 23.5 м хүрнэ. Дээд талын I давхраасын зузаан блокын төв хэсэгт 9,6-43,0 м, энгийн тогтоцтой боловч зүүн зүгт салаална. Түүний дээд талын II давхраасын зузаан 1.9-14.9 м. Хүрэн нүүрс, витринитийн ойлтын үзүүлэлт (R_o, %) 0.30-

0.32% болно. Ордын нөөц 873 сая тн (Авид, Дашдондов, 2012)

Эдгээр ордуудаас гадна Монгол-Алтайн савын Хөшөөт, Хүрэнгол, Өмнөговийн савын Тавантолгой, Эрдэнэбулаг, Чойр-Нялгын савын Шивээ-Овоо, Цайдам, Төгрөг, Сүхбаатарын савын Эрдэнэцогтын говь зэрэг том ордууд, мөн нөөцөөр багавтар боловч геологийн хувьд болон эдийн засгийн хувьд ач холбогдолтой, Дорноговийн савын Айлбаян, Мандахуур зэрэг олон ордуудын хайгуул хийгдэж, нөөц шинээр бодогдсон болно.



Зураг 4. Монголын ШАМ-ын савууд (Бат-Эрдэнэ, 2009). (а) нүүрсний провинц, сав, талбай, орд, (б) шатдаг занарын сав, орд, илрэл, (в) газрын тосны сав, орд.

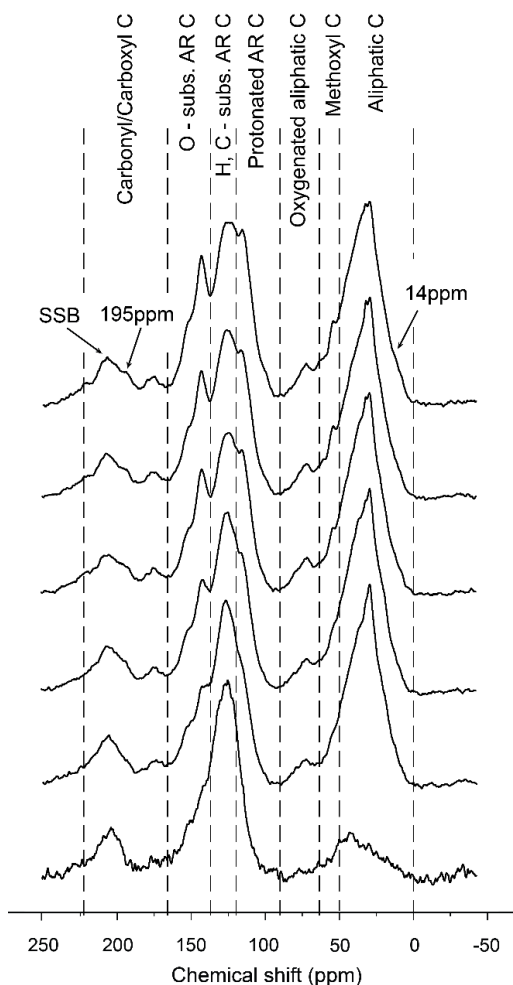
3.2 Нүүрсний давхраасын метаны судалгаа

Монгол нүүрсний асар их нөөцтэй тул нүүрсний давхраасын метаны томоохон хуримтлал нээгдэж, эрчим хүчний чухал үүсвэр болох бүрэн боломжтой. Гэхдээ одоогоор судалгаа дөнгөж эхлэлийн шатандаа байна. 2005 онд Канадын Сторм Кат, 2011 онд Солонгосын Когаз корпораци Нарийнсухайт, Налайх зэрэг ордод судалгаа хийсэн. Мөн Монголын зарим нүүрсний уурхайн метаны судалгааг АНУ-ын Байгаль орчны агентлаг 2013 онд гүйцэтгэсэн (USEPA, 2013). Сүүлийн жилүүдэд хайгуулын компаниуд Өмнөговийн савд тодорхой хэмжээний эрлийн ажил хийж байгаа боловч үр дүн нь гарах хараахан болоогүй байна. 2015 онд Монголын таван нүүрсний сав, талбайн хэмжээнд нүүрсний давхаргын метаны “хэтийн төлөвт баялаг”-ийг 354 тэрбум метр куб (P50) гэж Kim et al. (2015) үнэлсэн байдаг. Уг үнэлгээнд үлдэх 10 сав, талбай хамрагдаагүй болно. 2022 онд Монголын нийт нутаг дэвсгэрийн хэмжээнд нүүрсний давхраасын метаны баялагийг анх удаа үнэлэв (Erdenetsogt et al., 2022b). Монголын 14 нүүрсний сав, талбайн хэмжээнд нүүрсний давхраасын метаны “анхдагч нийт хуримтлал” 17.1 триллион метр куб (P50), “хэтийн төлөвт баялаг” 7.4 триллион метр куб (P50) байна (Erdenetsogt et al., 2022b). Баялагийн хэмжээ цаашид нэмэгдэх бүрэн боломжтой.

3.3 Нүүрсний химийн бүтэц, нүүрстөрөгчийн изотопийн судалгаа

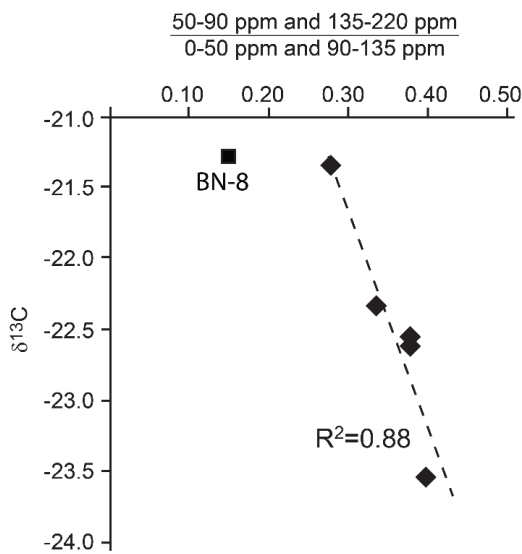
Монголын нүүрсний ордуудаас хамгийн сайн судлагдсан орд нь Чойр-Нялгын сав дахь Багануур болно. Энэ орд үндсэн гурван давхраастай, нүүрсний нөөц нь 809 сая тн (Баттөгс, Эрдэнэцогт, 2016). Ордын нүүрс нь хүрэн нүүрс боловч, хувирлын зэрэг дээд давхраасаас доод давхраас руу нэмэгдэж, хамгийн доод талын 2-р давхраас бараг чулуун нүүрсний түвшинд хүрдэг. Иймд уг ордоос дээж авч, хүрэн нүүрснээс чулуун нүүрсэнд шилжих үед нүүрсний химийн бүтэц болон нүүрстөрөгчийн изотопийн найрлага хэрхэн өөрчлөгддөгийг судалсан байна (Erdenetsogt et al., 2010; 2017).

Хүрэн нүүрснээс чулуун нүүрсэнд шилжих үед хүчилтөрөгч агуулсан функциональ бүлгүүд нүүрстөрөгчөөр халагдаж, ароматик нүүрстөрөгчийн хэмжээ ихсэнэ. Энэ өөрчлөлт чулуун нүүрсний шатанд ойртоход эрс нэмэгддэг байна (Erdenetsogt et al., 2010) (Зураг 5). Мөн хүрэн нүүрсний нүүрстөрөгчийн изотопийн найрлага нь хүчилтөрөгч бүхий функциональ бүлэгтэй холбогдсон ароматик болон алифатик нүүрстөрөгчийн хэмжээнээс хамаардаг болохыг тогтоосон (Erdenetsogt et al., 2017) (Зураг 6). Энэ нь нүүрсний хувирлын явцад нүүрснээс ялгарах CH₄, CO₂, CO-ийн нүүрстөрөгчийн изотопийн найрлага өөр байдагтай холбоотой болно (Erdenetsogt et al., 2017).



Зураг 5. Багануурын нүүрсний хатуу төлвийн C-13 NMR (Erdenetsogt et al., 2010).

Erdenetsogt et al. (2018) дунд пермийн Тавантолгой, Зээгт, доод-дунд юрын Алагтогоо, Хотгор, доод цэрдийн Шивээ-Овоо ордын нүүрсний химийн бүтцийг C-13 NMR аргаар судалж, эдгээр нүүрсийг хийжүүлэх, шингэрүүлэх боломжийг тооцсон байдаг. Судалгааны үр дүнгээс харахад Зээгт, Тавантолгой, Алагтогоогийн дээжүүд алифатик болон ароматик нүүрстөрөгчид холбогдсон -CH₃ функционал бүлэг их агуулж байсан бол Хотгорын дээж CH₂ функционал бүлэг их агуулж байв. Харин Шивээ-Овоогийн дээж хүчилтөрөгч бүхий олон төрлийн функционал бүлэгтэй байгаа нь тогтоогджээ. Эдгээр нүүрсийг шингэрүүлэх тохиолдолд Зээгт, Тавантолгой, Алагтогоогийн нүүрснээс гаргаж авах хий, шингэн бүтээгдэхүүн болон хатуу үлдэгдлийн хэмжээ ойролцоо байх бол Хотгорын нүүрснээс гарган авч болох шингэн бүтээгдэхүүний хэмжээ харьцуулахад өндөр байна гэж үзсэн байна (Erdenetsogt et al., 2018).



Зураг 6. Багануурын нүүрсний дээжийн δ¹³C болон химийн бүтцийн хамаарал (Erdenetsogt et al., 2017)

3.4 Шатдаг занар, газрын тосны геологийн судалгаа

Монголын шатдаг занарын 13 савыг Бат-Эрдэнэ, Жаргал (1994) ялгасан (Зураг 4б) бөгөөд одоогоор 71 орд, илрэл тогтоогдоод байна (Бат-Эрдэнэ, 2009). Өмнөх судалгаагаар

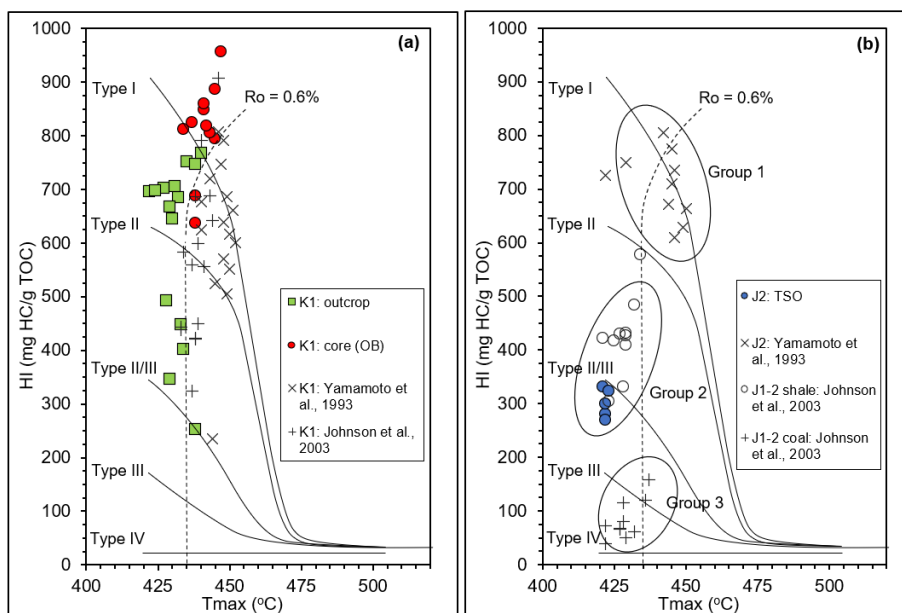
Монголын бүх шатдаг занар доод цэрдийн хурдаст агуулагдана (Бат-Эрдэнэ, Жаргал, 1994; Бат-Эрдэнэ, 2009) гэж үзэж байсан боловч доод цэрдээс гадна дунд юрын шатдаг занар байгааг тогтоолоо [29-30, 32]. Энэ нь геологийн судалгааны хувьд маш чухал ач холбогдолтой юм. Монголын шатдаг занар нь нуурын гаралтай, органик материал нь I төрлийн керогенээс тогтоно (Li et al., 2014; Hasegawa et al., 2018). Шатдаг занарын зузаан маш их, зарим ордууд дээр 300 м хүрнэ (Бат-Эрдэнэ, 2009). Дийлэнхи тохиолдолд шатдаг занар нь карбонат чулуулагтай салаавчлан хуримтлагдсан байдаг. Энэ литологийн өөрчлөлтийг хур тундасын өөрчлөлтөөс хамааран нуурын усны төвшин өөрчлөгдөж байсантай холбож тайлбарладаг (Hasegawa et al., 2018). Шатдаг занарын давирхайн гарц 5-20%-д хэлбэлзэх (Бат-Эрдэнэ, 2009) бөгөөд давирхайн нүүрстөрөгчийн агуулга 82.6-84.0%, устөрөгчийн агуулга 10.3-11.0%, азотын агуулга 0.9-2.1% (Enkhjargal et al., 2018). Эх газрын нуурын гаралтай тул хүхрийн агуулга бага, 1.0%-с хэтэрдэггүй.

Монголын газрын тосны 14 савыг Бат-Эрдэнэ ангилсан (Бат-Эрдэнэ, 1995) бөгөөд уг савууд нь газрын тосны хайгуулын блокууд ялгах үндэс болсон юм (Зураг 4в). 2018 оны байдлаар газрын тосны 6 орд, 9 илрэл бүртгэгджээ. Өнгөрсөн хугацаанд эдгээр тунамал савуудад хийсэн газрын тосны геохимийн судалгааны үр дүнд цэрд болон дунд юрын хурдас газрын тосны эх хурдас байх боломжтойг тогтоолоо (Traunor and Sladen, 1995; Yamamoto et al., 1998; Erdenetsogt et al., 2022a). Дорнод Монголд нээгдээд байгаа газрын тосны ордуудын эх чулуулаг нь доод цэрдийн шатдаг занар агуулсан, нуурын гаралтай тунамал чулуулаг юм. Эдгээр хурдас I болон II төрлийн кероген агуулах бөгөөд томоохон нууруудад хуримтлагдсан байдаг (Зураг 7). Нуурын ёроолын ус нь аноксик нөхцөлтэй, давсжилтийн хэмжээ харилцан адилгүй (цэнгэгээс, хэт давсжилттай) байжээ (Yamamoto et al., 1998). Мөн уур амьсгал, тектоникийн нөхцлийн өөрчлөлтөөс хамааран нуурын усны төвшин, эргийн байрлал нь байнга өөрчлөгддөг байсан гэж үздэг (Johnson and Graham, 2004).

Төв Монголд доод цэрдээс гадна дунд юрын хурдастай холбоотой газрын тосны хуримтлал нээгдэх хэтийн төлөв өндөр болно (Yamamoto

et al., 1998; Erdenetsogt et al., 2022a). Сүүлд хийгдсэн судалгаагаар төв Монголд дунд юрын настай хоёр төрлийн эх хурдас байгаа нь тогтоогдсон (Erdenetsogt et al., 2022a). Эхнийх нь харьцангуй цэнгэг устай, хүчилтөрөгч бүхий усан санд хуримтлагдсан, II/III төрлийн кероген агуулсан хурдас. Хоёрдахь нь их гүнтэй, хүчилтөрөгчгүй усан санд хуримтлагдсан, I

төрлийн кероген агуулсан хурдас болно. Төв Монголын доод цэрдийн газрын тосны эх хурдас нь дорнод Монголын доод цэрдийн газрын тосны эх хурдастай төстэй, ёроолын ус нь хүчилтөрөгчгүй, давсжилтын хэмжээ нь харилцан адилгүй, их гүнтэй нууранд хуримтлагдсан байна. Голчлон I төрлийн кероген агуулна (Erdenetsogt and Jargal, 2021; Erdenetsogt et al., 2022a).



Зураг 7. Төв болон дорнод Монголын доод цэрд (а) болон юр (б)-ын хурдсын керогены төрөл ба хувирал (Erdenetsogt et al., 2022a)

4. ШАМ-ын ашиглалт, технологийн судалгаа

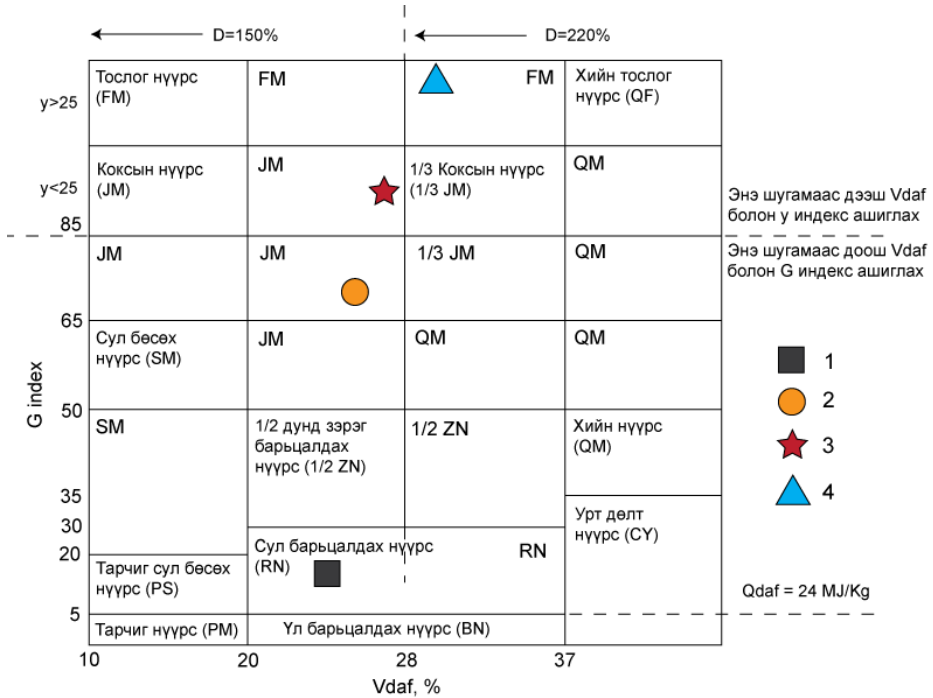
4.1 Нүүрс хольж коксжуулах болон коксын чанарын судалгаа

Монголын юрын нүүрснээс хамгийн өвөрмөц нь Овоот ордын нүүрс юм. Уг орд 3 давхраастай, харьцангуй энгийн тогтоцтой. Дээд давхраасын зузаан 50 м, дунд давхраасынх 62 м, доод давхраасын зузаан 40 м. Ордын нөөц 281 сая тн. Овоотын нүүрсний Жи индекс 88, у индекс 31 мм, хамгийн их дилатаци 206%, Грей-Кингийн коксын төрөл G11, витринитийн агуулга 90%, витринитийн ойлтын үзүүлэлт 1.2% (Эрдэнэцогт нар, 2014).

Хөөлт, урсамтгай шинж өндөртэй, витринитийн өндөр агуулгатай ийм төрлийн нүүрсийг муу коксждог нүүрс, эсвэл коксждоггүй материалтай

хольж, сайн чанарын кокс үйлдвэрлэж болдог. Ингэснээр тухайн холимогт орох өндөр үнэтэй хатуу коксийн нүүрсийг хэмнэж, холимог бэлдэх зардал буурдаг тул олон улсын зах зээл дээр эрэлт хэрэгцээ ихтэй, өндөр үнэтэй байдаг.

Овоотын нүүрсийг Тавантолгойн исэлдсэн нүүрс (коксжихгүй нүүрс)-тэй 75/25 болон 50/50 харьцаагаар хольж, коксжуулах туршилт хийсэн (Зураг 8). Уг холимогууд Хятадын нүүрсний ангилалаар JM төрөлд багтаж, коксын M30 индекс 78, CSR 47 хүрч байсан нь Овоотын нүүрс холимогийн маш чухал орц болохыг баталж байгаа болно (Эрдэнэцогт, Нарангэрэл, 2014). Нөгөө талаас хямд үнэтэй, эрчим хүчний нүүрсний үнэ цэнийг нэмэх боломж байгааг харуулна.

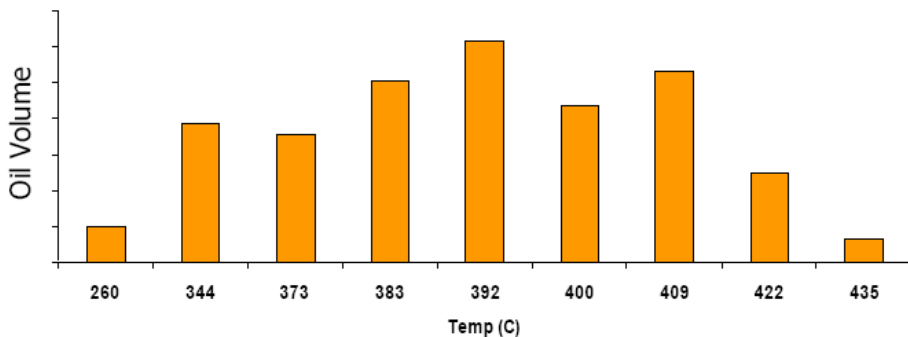
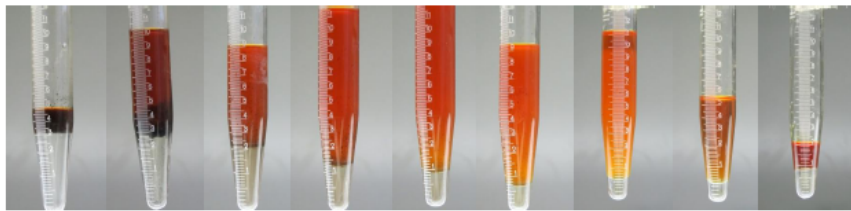


Зураг 8. Хятадын нүүрсний техникийн ангиллын диаграмм дээр (1) Тавантолгойн исэлдсэн нүүрс, (2) Тавантолгой/Овоотын нүүрсний 75/25 холимог, (3) Тавантолгой/Овоотын нүүрсний 50/50 холимог, (4) Овоотын нүүрсийг буулгасан нь (Эрдэнэцогт, Нарангэрэл, 2014)

4.2 Шатдаг занарыг газрын гүнд нэрэх туршилт, судалгаа

Өвөржаргалтын савын Өвөржаргалант,

Дундговын савын Хөөтийн шатдаг занарыг газрын гүнд нэрж, газрын тосны бүтээгдэхүүн гаргаж авах судалгаа 2013-2014 оны хооронд хийгдсэн (Бартов, Эрдэнэцогт, 2014).



Зураг 9. Монголын шатдаг занарыг нэрэх туршилтын үр дүн (Ганцог Ц., 2014). Зурагт нэрлэгийн температур болон шатдаг занараас ялгарсан тосны хэмжээг үзүүлэв.

Шатдаг занарын дээж дэх органик нүүрстөрөгчийн агуулга 12-15%, хүхрийн агуулга 0,4% байсан ба I төрлийн керогентэй байсан. Дээжийг 5°C/цаг хурдаар, 450°C хүртэл халааж, пиролизийн туршилт гүйцэтгэсэн (Зураг 9). Уг туршилтаар занарын тосны гарц 7% (98 л/тн), хий 2%, ус 5%, хатуу үлдэгдэл 85% байв. Занарын тосны нягт 49 API байсан байна. Даралт нэмэгдэхэд тосны гарц 6% (87 л/тн) болж буурах боловч, хийн хэмжээ 6% болж нэмэгдэн, занарын тосны нягт 56 API болж хөнгөрч байв.

Энэ судалгааны үр дүн Монголын шатдаг занарыг газрын гүнд (in-situ) нэрж, маш хөнгөн (API нягт 50-60°), хүхрийн агуулга багатай (0.1-0.5%) занарын давирхай (тос) гарган авах боломжтойг харуулдаг (Бартов, Эрдэнэцогт, 2014; Ганцог Ц., 2014). Газрын гүнд нэрэх технологи нь богино хугацаанд, өндөр температур ашигладаг ил нэрэх аргаас нилээд давуу талтай, Монголын шатдаг занарт тохиромжтой байж магадгүй тул үргэлжлүүлэн судлах хэрэгтэй юм.

5. Монголын ШАМ-ын хэтийн төлвийн үнэлгээ

Монголын нүүрсний баялагийг 1968-1993 оны

Хүснэгт 1. Монголын нүүрсний баялаг, сая тн (Erdenetsogt and Jargal, 2021)

Нас	Нүүрсний баялаг, сая тн		
	Нөөц (A+B+C)	Баялаг (P)	Нийт
Карбон	1,763.0	18,400.0	20,163.0
Перм	7,634.0	11,300.0	18,934.0
Юр	2,631.0	10,800.0	13,431.0
Цэрд	24,080.0	101,700.0	125,780.0
Нийт	36,108.0	142,200.0	178,308.0

Хүснэгт 2. Монголын нүүрсний давхраасын метаны баялаг, тэрбум м³ (Erdenetsogt et al., 2022b)

Баялаг, тэрбум м ³	P90	P50	P10
Анхдагч нийт хуримтлал	12,967.0	17,061.0	22,599.0
Хэтийн төлөвт баялаг	5,982.0	7,408.0	9,230.0

Хүснэгт 3. Монголын шатдаг занарын баялаг, тэрбум тн (Бат-Эрдэнэ, Жаргал, 1994)

Сав	Баялаг, тэрбум тн	
	Шатдаг занар	Занарын давирхай
Нууруудын хотгор	12.5	-
Говь-Алтай	57.5	-
Онгийн гол	143.0	-
Төгрөг	107.6	-
Дундговь	102.0	4.6
Нялга	312.5	15.97
Чойбалсан	2.5	0.09

хооронд 3 удаа үнэлсэн (Бат-Эрдэнэ, 2009) бөгөөд хамгийн сүүлд 2018 оны тооцоогоор 36.1 тэрбум тн нүүрсний нөөцтэй байна (Erdenetsogt and Jargal, 2021). Газрын тосны хэтийн төлвийн үнэлгээг 1982-1996 оны хооронд 4 удаа хийжээ (Бат-Эрдэнэ, 2009). 2021 оны байдлаар газрын тосны 5 орд (үүний 4 ордоос олборлолт хийж байгаа)-ын нийт нөөц 333.8 сая тн, үүнээс ашиглалтын батлагаат нөөц 43.4 сая тн байна (АМГТГ, 2022) <https://mrpam.gov.mn/article/49/>. Харин шатдаг занарын хэтийн төлвийн үнэлгээг 1994 онд анх удаа үнэлсэн (Бат-Эрдэнэ, Жаргал, 1994) -ээс хойш одоог хүртэл шинэчлээгүй болно. Нүүрсний давхраасын метан хийн үнэлгээг бүх Монголын хэмжээнд анх удаа 2022 онд гүйцэтгэлээ (Erdenetsogt et al., 2022b).

Монголын шатах ашигт малтмалын баялагийн үнэлгээний үр дүнг Хүснэгт 1-4-д үзүүлэв. Нүүрсний давхраасын метан хийн баялагийг газрын тостой ижилээр, Газрын тосны баялагийн менежментийн систем (PRMS)-д заасан аргачлалаар үнэлдэг болно.

Өгийнуур	15.0	0.93
Өвөржаргалант	35.4	1.1
Нийт	788.0	22.7

Хүснэгт 4. Монголын газрын тосны баялаг, сая баррель (Pentilla, 1994)

Баялаг, сая баррель	P90	P50	P10
Газрын тосны баялаг*	529.0	2,860.0	5,780.0
Нээгдэж болох ордын хэмжээ	5-10	100-170	330-700

*Газрын тосонд шилжүүлсэнээр (85% тос, 15% байгалийн хий).

6. Дүгнэлт, цаашид хийх судалгааны талаар

Өнгөрсөн хугацаанд Монгол орны нүүрс хуримтлал, нүүрсний хувирлын ерөнхий зүй тогтлыг тогтоосон болно. Цаашид нүүрсний мужлал, нүүрсний хэгийн төлвийн үнэлгээг шинэчлэх, коксжих нүүрсний холимогийн судалгааг өргөн хүрээнд хийх, нүүрсэнд агуулагдаж буй критикал металл болон цацраг идэвхит элементийн судалгааг системтэй хийх хэрэгтэй юм. Мөн петрографийн өвөрмөц найрлагатай, эдийн засгийн хувьд өндөр ач холбогдолтой юрын нүүрсний хувирлын зүй тогтлыг нарийвчлан судлах нь зүйтэй байна.

Өмнөх судалгааны түүхийг харахад шатдаг занарыг голчлон бусад ашигт малтмалыг дагалдуулан судалж ирсэн тул бидэнд шатдаг занарын талаархи зөвхөн анхан шатны мэдээлэл байгаа юм. Өнөөгийн нөхцөлд нийт Монгол орны хэмжээнд шатдаг занарын судалгааг хийх боломжгүй байна. Иймд Улаанбаатар хот орчмын дэд бүтэц сайтай бүсэд одоо мэдэгдэж байгаа шатдаг занарын орд, илрэлийн хэмжээнд судалгааг эрчимжүүлж, шатдаг занарыг боловсруулах судалгаа туршигт хийх шаардлагатай юм. Ингэхдээ шатдаг занарыг иж бүрнээр ашиглах бололцоог эрэлхийлж, судалгааг олон талаас нь хийх хэрэгтэй болно.

Газрын тосны судалгааны одоогийн төвшинд, дорнод Монголд доод цэрдийн газрын тосны системийг тогтоогоод байна. Цаашид төв болон баруун Монголд газрын тосны эх чулуулгийн геохимийн судалгааг эрчимжүүлж, юр болон палеозойн газрын тосны систем байх боломжийг нягтлах хэрэгтэй болно. Учир нь өмнөд болон баруун өмнөд Монголтой залгаа Хятадын нутагт юр болон палеозойн газрын тосны систем тогтоогдон, ихээхэн хэмжээний газрын тос олборлодог. Ялангуяа баруун Монголын палеозойн хурдсыг уламжлалт бус газрын тосны

систем талаас нь анхааран судлах шаардлагатай байна.

Дэлхий нийт цэвэр эрчим хүчний эх үүсвэрийг эрэлхийлж, нүүрсний хэрэглээнээс татгалзахийг эрмэлзэж буй энэ үед нүүрсний давхраасын метаныг хийн түлш болгон ашиглах нь бидэнд хамгийн боломжит хувилбар юм. Цаашид чулуун нүүрсэнд термоген хий хайхаас гадна, Улаанбаатар хот орчмын хүрэн нүүрсний том ордуудад биоген метан хийн судалгааг эрчимжүүлэх шаардлагатай байна. Нүүрсний давхраасын метан нийслэл болон бусад томоохон суурингуудын агаарын бохирдлыг бүр мөсөн шийдвэрлэх гарцуудын нэг болно.

Талархал

Энэ өгүүлэгийг Монголын шатах ашигт малтмалын геологийн судалгаанд оруулсан хувь нэмрийг нь хүндэтгэн, [тухайн үеийн нэрээр] МУИС-ийн Газарзүй, геологийн сургуулийн Геологи, минералогийн тэнхимийн багш, профессор, шинжлэх ухааны доктор (Sc.D) Д.Бат-Эрдэнэ (1943-2012)-ийн дурсгалд зориулав.

Ишлэл

Badarch G, Cunningham WD, Windley BF., 2002. A new terrain subdivision for Mongolia: implications for the Phanerozoic crustal growth of central Asia. *J. Asian Earth Sci.*, 21: 87–110.

Chew KJ., 2014. The future of oil: unconventional fossil fuels. *Phil. Trans. R. Soc. A* 372: 20120324. <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2012.0324>

Dai S, Finkelman RB. Coal as a promising source of critical elements: Progress and future prospects. *Int. J. Coal Geol.*, 186: 155-164. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2017.06.005>.

- Enkhjargal G, Enkhsaruul B, Monkhoobor D, Narangerel J, Yoshikazu S. Characterization and hydrotreatment of shale oils of Mongolian oil shales. *Oil shale*, 35: 168-182. <https://doi.org/10.3176/oil.2018.2.06>
- Erdenetsogt B-O, 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. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2009.08.002>.
- Erdenetsogt B-O, Lee I, Lee SK, Ko YJ, Bat-Erdene D., 2010. Solid-state ^{13}C CP/MAS NMR study of Baganuur coal, Mongolia: oxygen-loss during coalification from lignite to subbituminous rank. *Int. J. Coal Geol.*, 82: 37–44.
- Erdenetsogt, B-O., Jargal, L., 2014. Fossil fuels hosted in Mesozoic sequences of Mongolia. 2nd annual meeting of IGCP 608 Project, Tokyo, Japan
- Erdenetsogt B-O, Lee I, Ko Y-J., 2017. Carbon isotope analysis and a solid state ^{13}C NMR study of Mongolian lignite: Changes in stable carbon isotopic composition during diagenesis. *Org. Geochem.*, 113: 293-302. <https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2017.07.014>.
- Erdenetsogt, B-O., Yoon-Joo, K, Insung, L., 2018. Preliminary results of the solid-state C-13 NMR study of Mongolian coals: Implications for oil and gas potential and liquefaction reactivity. *Геологийн асуудлууд* 494 (16), 96-108.
- Erdenetsogt B-O, Jargal L., 2021. Coal Deposits. In: Gerel O, Pirajno F, Batkhishig B, Dostal J. (eds), *Mineral Resources of Mongolia. Modern Approaches in Solid Earth Sciences*, vol 19. Singapore: Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-5943-3_14
- Erdenetsogt B-O, Hong SK, Choi J, Lee I., 2022a. Depositional environment and petroleum source rock potential of Mesozoic lacustrine sedimentary rocks in central Mongolia. *Marine and Petroleum Geology*, 140: 105646., <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2022.105646>.
- Erdenetsogt B-O, Tim M, Sunjidmaa B, Munkhnasan O, et al., 2022b. Coalbed methane resources of Mongolia. TSOP 2022 38th annual meeting.
- Graham SA, Hendrix MS, Johnson CL, Badamgarav D, Badarch G, Amory J, Porter M, Barsbold R, Webb LE, Hacker BR., 2001. Sedimentary record and tectonic implications of Mesozoic rifting in Southeast Mongolia. *Geological Society of America Bulletin*, 113: 1560–1579. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(2001\)113<1560:SRATIO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(2001)113<1560:SRATIO>2.0.CO;2)
- Hasegawa H, Ando H, Hasebe N, et al. 2018. Depositional ages and characteristics of Middle–Upper Jurassic and Lower Cretaceous lacustrine deposits in southeastern Mongolia. *Island Arc* 27: e12243. <https://doi.org/10.1111/iar.12243>
- Hendrix MS, Beck MA, Badarch G, Graham SA., 2001. Triassic synorogenic sedimentation in southern Mongolia; early effects of intracontinental deformation. In: Hendrix MS, Davis GA (Eds.), *Paleozoic and Mesozoic Tectonic Evolution of Central Asia — From Continental Assembly to Intracontinental Deformation*. Geological Society of America Memoir, 194: 389–412. <https://doi.org/10.1130/0-8137-1194-0.389>
- Heumann M.J., Johnson C.L., Webb L.E., 2018. Plate interior polyphase fault systems and sedimentary basin evolution: A case study of the East Gobi Basin and East Gobi Fault Zone, southeastern Mongolia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 151: 343-358. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2017.05.017>
- Hoang VC, Hassan M., Gomes VG, 2018. Coal derived carbon nanomaterials – Recent advances in synthesis and applications. *Applied material* 12, 342-358
- International Energy Agency (IEA), 2021. Key World energy statistics.
- Johnson CL., 2015. Sedimentary basins in transition: Distribution and tectonic settings of Mesozoic strata in Mongolia. In: Anderson TH, Didenko AN, Johnson CL, Khanchuk AI, MacDonald JH (eds.), *Late Jurassic Margin of Laurasia—A Record of Faulting Accommodating Plate Rotation*. Geological Society of America Special Paper 513. [https://doi.org/10.1130/2015.2513\(17\)](https://doi.org/10.1130/2015.2513(17))
- Johnson CL, Graham SA., 2004. Sedimentology and reservoir architecture of a synrift lacustrine delta, southeastern Mongolia. *Journal of Sedimentary Research*, 74: 770–785, <https://doi.org/10.1306/051304740770>
- Johnson CL, Amory J, Zinniker D, Lamb M, Graham S, Affolter M, Badarch G., 2008. Sedimentary response to arc-continent collision, Permian, southern Mongolia. In: Draut AE, Clift PD, Scholl DW (eds.), *Formation and Applications of the Sedimentary Record in Arc Collision Zones*. Geological Society of America Special Paper, 436: 363–390, doi:10.1130/2008.2436(16)
- Kim Y, Unurbayan B, Lee J., 2015. Estimation of coalbed methane resources using a probabilistic scheme from geological data of coal basin in Mongolia. *Environ. Earth Sci.*, 73:2241-2252. <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3573-2>
- Kostina, E., Herman, A., 2013. The Middle Jurassic flora of South Mongolia: Composition, age and phytogeographic position. *Review of Palaeobotany and Palynology* 193, 82–98.
- Kostina, E., Herman, A., 2016. Middle Jurassic Floras of Mongolia: Composition, Age, and Phytogeographic Position. *Paleontological Journal* 50, 1437–1450.

- Lamb MA, Badarch G., 2001. Paleozoic sedimentary basins and volcanic arc systems of southern Mongolia: new geochemical and petrographic constraints: In: Hendrix MS, Davis GA (Eds.), *Paleozoic and Mesozoic Tectonic Evolution of Central Asia - From Continental Assembly to Intracontinental Deformation*. Geological Society of America Memoir, 194: 117-150.
- Lamb, M.A., Badarch, G., Navratil, T., Poier, R., 2008. Structural and geochronologic Gobi Altai, Mongolia: Implications for Phanerozoic intracontinental deformation in Asia. *Tectonophysics* 451, 312–330.
- Li, G., Ando, H., Hasegawa, H., Yamamoto, M., Hasegawa, T., Ohta, T., Hasebe, N., Ichinnorov, N., 2014. Confirmation of a Middle Jurassic age for the Eedemt Formation in Dundgobi Province, southeast Mongolia: constraints from the discovery of new spinicaudatans (clam shrimps), *Alcheringa* 38, 305-316. <https://doi.org/10.1080/0/03115518.2014.870834>
- Pentilla WC. 1994. The recoverable oil and gas resources of Mongolia. *J. Pet. Geol.*, 17: 89–98. <https://doi.org/10.1111/j.1747-5457.1994.tb00115.x>
- Sjostrom DJ, Hendrix MS, Badamgarav D, Graham SA, Nelson BK., 2001. Sedimentology and provenance of Mesozoic nonmarine strata in western Mongolia; a record of intracontinental deformation. In: Hendrix MS, Davis GA (eds.), *Paleozoic and Mesozoic tectonic evolution of central Asia—from continental assembly to intracontinental deformation*. Geological Society of America Memoir, 194: 361–388. doi:10.1130/0-8137-1194-0.361.
- Traynor JJ, Sladen C., 1995. Tectonic and stratigraphic evolution of the Mongolian People's Republic and its influence on hydrocarbon geology and potential. *Mar. Pet. Geol.*, 12: 35-52.
- US Environmental Protection Agency (USEPA), 2013. Pre-feasibility study for coal mine methane recovery and utilization at Naryn Sukhait Mine. (https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-03/documents/mongolia_naryn_sukhait_prefeasibility_study_final.pdf)
- Yamamoto M, Bat-Erdene D, Ulzihutag P, Watanabe Y, Imai N, Kajiwara Y, Takeda N, Nakajima T., 1998. Organic geochemistry and palynology of Lower cretaceous Zuunbayan oil shales, Mongolia. *Geol. Sur. Japan Bull.*, 49: 257–274.
- Yildiz I., 2018. Fossil Fuels. In: Dincer I. (ed.), *Comprehensive Energy Systems*, Elsevier, pp. 521-567.
- Авид, Н., Дашдондов, Ж., 2012. Сүхбаатар аймгийн Сүхбаатар, Асгат сумдын нутагт орших Ерөөлтийн хүрэн нүүрсний ордод 2008-2011 онд гүйцэтгэсэн хайгуулын ажлын үр дүнгийн тайлан. Фондын дугаар 7036.
- Ашигт малтмал газрын тосны газар (АМГТГ), 2022. Газрын тосны мэдээлэл. <https://mgram.gov.mn/article/49/>
- Баатархуяг А., Алтанцэцэг. Уранбилэг.Л., Байгалмаа. Н., 2010. Нарийнсухайтын нүүрсний ордын насны шинэ мэдээлэл. *Хайгуулчин*. 1. 81-83.
- Баатархуяг. А., Алтанцэцэг. Д., Ичинноров. Н., 2012. Нарийнсухайтын чулуунүүрсний ордын эртний ургамал, үр тоосонцрын талаарх шинэ мэдээллээс. *Хайгуулчин*. 46. 192-199.
- Бартов Ю., Эрдэнэцогт Б., 2014. Шатдаг занарын лабораторийн судалгааны тайлан. Шатдаг занарыг газрын гүнд in-situ аргаар боловсруулж, нийлэг хийн конденсат гаргах боломжийг тодорхойлох судалгааны ажлын гэрээт талбай. Жени Ойл Шейл Монголиа ХХК. Улаанбаатар.
- Байгалмаа Н, Эрдэнэчимэг Д, Эрдэнэцогт Б, Жаргал Л, Огата Т, Эрдэнэбаяр Ж, Баатархуяг А, Нансалмаа Д, Билгүүн Л., 2021. Өмнөд Монголын дунд юрын уур амьсгал, геодинамикийн нөхцөл. I хэсэг: Нарийнсухайт ордын элсэн чулууны геохимийн судалгаа. *Геологийн асуудлууд*, 19: 46-62.
- Батгэрэл С., Эрдэнэцогт Б, Байгалмаа Н, Алтанцэцэг Д., 2021. Өмнөд Монголын дунд юрын уур амьсгал, геодинамикийн нөхцөл. II хэсэг: Нарын сухайт ордын геохимийн судалгаа. *Геологийн асуудлууд* 19: 63-74.
- Баттөгс Х, Эрдэнэцогт Б., 2016. Багануурын ордын нөөцийн шинэчилсэн тооцооны үр дүнгээс. *Геологийн асуудлууд*, 14: 138-144.
- Бат-Эрдэнэ Д., 1992. Монголын ороген тогтцуудын нүүрсний сав газрын байршлын зүй тогтол, үүссэн нөхцөл. Г.э.с.у.-ны докторын зэрэг горилсон диссертацийн хураангуй. Москва.
- Бат-Эрдэнэ Д., 1995. Монголын газрын тосны сав газар. МУТИС-ийн бүтээл 1. Улаанбаатар.
- Бат-Эрдэнэ Д., 2001. Монголын шатах ашигт малтмал. *Геол. асууд.*, 3-4: 430-448.
- Бат-Эрдэнэ Д., 2009. Шатах ашигт малтмал. Монголын геологи ба ашигт малтмал цувралын 5-р боть. Улаанбаатар, Соёмбо.
- Бат-Эрдэнэ Б., 2014. Нүүрстхотгорын ордын нүүрсний чанарын өөрчлөлтийн зүй тогтол. *Геологийн асуудлууд* 13: 169-180, 2014.
- Бат-Эрдэнэ Д, Жаргал Л., 1994 Монголын шатдаг занар, түүний хэтийн төлөв. Улаанбаатар.
- Бат-Эрдэнэ Д, Жаргал Л, Эрдэнэцогт Б., 2001. Монголын түлшний ашигт малтмалын судалгаа, үр дүн. *Геол.*, 2/3: 334-344.
- Бахдал Л, Жаргал Л., 2021. Хуурай тал нүүрсний ордын

- геологийн тогтоц, агуулагч элсэн чулууны хэмхдэсийн модаль судалгаа. Геологийн асуудлууд, 19: 24-33. 2021.
- Болормаа, Э., Эрдэнэцогт, Б., Нансалмаа, Д., Жаргал, Л., Байгалмаа, Н., Бат, Б., 2019. Дунд пермийн тавантолгой формацийн элсэн чулууны петрографи, геохимийн судалгааны үр дүн. Геологийн асуудлууд 17 (519), 112-123.
- Ганцог Ц., 2014. Шатдаг занарыг ашиглах боломж. Соал Mongolia 2014 форум. Улаанбаатар.
- Дэмбэрэлсүрэн Б., 2021. Өмнөд Монголын Баруунаран ордын нүүрсний хуримтлагдсан нөхцөл. Г.э.с.у.-ны докторын зэрэг горилсон диссертаци. Улаанбаатар.
- Жаргал Л., 1997. Дорнод Монголын нүүрстэй провинцийн доод цэрдийн нүүрсний петрографийн найрлага, чанар болон хүлэр хуримтлалын нөхцөл. Г.э.с.у.-ны докторын зэрэг горилсон диссертацийн хураангуй. Улаанбаатар.
- Жаргал Л, Бат-Эрдэнэ Д, Эрдэнэцогт Б., 2002. Монголын нүүрсний петрографийн судалгаа, үр дүн. Геол. асууд., 5: 53-78.
- Өлзийхутаг, Л., Батзориг, Э., Нармандах, Б., Бат-Үнэн, Б. нар.2015. Дундговь аймгийн Гурвансайхан, Өлзийт, Сайнцагаан сумдын нутагт орших Хар тойром хүрэн нүүрсний ордод 2010-2014 онд гүйцэтгэсэн нарийвчилсан хайгуулын ажлын үр дүнгийн тайлан. Фондын дугаар 7747.
- Лахгаважав, Б., Бат-Үнэн, Б., Болдбаяр, Н., нар, 2011. Өмнөговь аймгийн Баян-Овоо сумын нутаг дахь Цант-Уул чулуун нүүрсний ордод 2010-2011 онуудад гүйцэтгэсэн хайгуулын ажлын үр дүнгийн тайлан. Фондын дугаар 6393.
- Мөнхтоого Л., 1989. Хойдговийн (дорнод Монгол) доод цэрдийн эх газрын хурдсын нүүрсжилт, занаржилт. Г.э.с.у.-ны докторын зэрэг горилсон диссертацийн хураангуй. Улаанбаатар.
- Оролмаа Д., Ариунчимэг Я., 2011. Пермийн систем: (ред. Ж.Бямба) Стратиграфи. Монголын геологи ба ашигт малтмал цувралын 1-р боть. Улаанбаатар, Соёмбо, х.340-407.
- Санж П., 1999. Газрын тосны хуримтлалын хэтийн төлвийн үнэлгээнд хайгуул, өрөмдлөгийн нөлөөлөл, тэдгээрийн харицан хамаарал. Г.э.с.у.-ны докторын зэрэг горилсон диссертацийн хураангуй. Улаанбаатар.
- Уламбадрах Х, Байгалмаа Н., 2014. Их Богдын нүүрсний савын юрын хурдсын нүүрсжилт. Монголын геосудлаач, 41: 67-72, 2014.
- Уламбадрах Х, Эрдэнэцогт Б, Жаргал Л, Бат Б., 2020. МУИС-ийн Геологийн салбар – 60 жилд. Геол. асууд., 18: 5-10, 2020.
- Уранбилэг Л., 2001. Фитостратиграфия и флора верхнепермских угленосных отложений южной Монголии. Авирреферат дис. на соис. уч. ст. канд. геол. мин. н., Москва
- Үндэсний статистикийн хороо (ҮСХ), 2021а. Монгол улсын статистикийн эмхэтгэл 2021. Улаанбаатар.
- Үндэсний статистикийн хороо (ҮСХ), 2021б. Гадаад худалдаа 2021. Улаанбаатар.
- Эрдэнэ, А., Эрдэнэцогт, Б., 2016. Хашаат цавын хүрэн нүүрсний ордын геологийн тогтоц. Геологийн асуудлууд 446 (14), 125-131.
- Эрдэнэцогт, Б., 2010. Монголын нүүр агуулсан тунамал сав газруудын геодинамикийн асуудалд. Геологи 21, 82-94
- Эрдэнэцогт, Б., 2018. ШАМ-ын геологичид: (ред., Х.Уламбадрах) Тулганд ассан гал унтраагүй. Улаанбаатар.
- Эрдэнэцогт Б., 2020. Монголын юрын нүүрсний геологийн асуудалд. GIMAR 2020 ОУЭШХ, Улаанбаатар.
- Эрдэнэцогт, Б., Нарангэрэл, Ж., 2014. Тавантолгой болон Овоотын ордын нүүрсийг хольж, коксжуулах судалгаа. II хэсэг: Холимогийн судалгаа. Монголын геосудлаач 41, 85-93.
- Эрдэнэцогт, Б., Барсболд, Ц., Гантулга, Б., 2014. Тавантолгой болон Овоотын ордын нүүрсийг хольж, коксжуулах судалгаа. I хэсэг: Ордуудын геологийн тогтоц, нүүрсний чанар. Монголын геосудлаач 41, 73-84.
- Эрдэнэцогт Б, Байгалмаа Н, Эрдэнэ А., 2021. Дунд-дээд юрын хужирт ордын нүүрсний геохимийн судалгаа: хойд Монголын юрын уур амьсгал, геодинамикийн нөхцлийн асуудалд. Геологийн асуудлууд 20: 78-90.
- Эрчим хүчний зохицуулах хороо (ЭХЗХ), 2021. Эрчим хүчний статистик үзүүлэлтүүд 2021. Улаанбаатар