



## ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ БҮТЭЭЛ

 Могойн голын ордын нүүрсний халууны задралын болон  
 баяжигдах шинж чанарын судалгаа

 Э. Шагжжав<sup>1\*</sup>, А. Ариунаа<sup>1</sup>, Х. Серикжан<sup>2</sup>, Б. Пүрэвсүрэн<sup>1</sup>
<sup>1</sup>Хими, химийн технологийн хүрээлэн, Шинжлэх ухааны академи, Улаанбаатар 13330, Монгол улс.

<sup>2</sup>Химийн инженерчлэлийн салбар, ХШУС, ШУТИС, Улаанбаатар 14201, Монгол улс.

\*E-mail: eshagijav19@gmail.com

Хүлээн авсан: 30.09.2020

Хянасан: 09.11.2020

Хэвлэлтэнд авсан: 27.11.2020

**Хураангуй:** Дээд ангилалын чулуун нүүрс болох Могойн голын ордын нүүрсний шинж чанарыг техникийн болон элементийн шинжилгээгээр, халуун, дулаан тэсвэрлэх чанарыг термогравиметр НІТАСНІ ТG/DTA7300 маркийн багажийн тусламжтайгаар, нүүрсний баяжигдах шинж чанарыг хүнд шингэний ГОСТ 4790-93 стандарт аргаар тодорхойллоо. Нүүрсний техникийн болон элементийн шинжилгээний үр дүнгүүдээс Ж маркийн чулуун нүүрс болохыг баталж байна. Жингийн алдагдлын хурд ДТГ 483°C-ын температурын мужид хамгийн их байв. Хүнд шингэний нягтыг ихэсгэх тутам баяжмалын үнс болон гарц аажмаар ихэсгэх хандлагатай бөгөөд  $\delta=1.3$  г/см<sup>3</sup> нягттай хүнд шингэнд нүүрсийг баяжуулбал, үнс бага  $A_6^a=5.6\%$ , гарц өндөртэй  $\gamma_6=49.9\%$  баяжмал гарган авах боломж. Иймд бага үнстэй нүүрсний баяжмалыг цаашид гүн боловсруулалтын чиглэлээр ашиглахад давуу талтай, эдийн засгийн ач холбогдолтой байх болно.

**Түлхүүр үг:** нүүрс, термогравиметр, жингийн алдагдал, баяжуулалт, баяжмал, хөвсөн/ живсэн фракц

**ОРШИЛ**

Монгол орны нүүрсний геологийн нийт нөөцийг 173 тэр бум тонн гэж үздэг бөгөөд үүнээс хайгуулаар батлагдсан нөөц 20 тэр бум тн юм. Үүнээс хүрэн нүүрс 11 тэр бум тн, 7.2 тэр бум тн чулуун нүүрс 1.8 тэр бум тн нь коксждог чулуун нүүрс болно [1]. Бид нөөц ихтэй нүүрсний халуун, дулаан тэсвэрлэх чанар, халууны задралын зүй тогтол, механизмыг судлах, нүүрсэнд агуулагдах эрдсийн хэмжээг багасгаж, чанарыг дээшлүүлэх нь зайлшгүй чухал хэрэгтэй байна.

Аливаа бодис материалуудын халуун, тэсвэрлэх чанарыг судлахад хамгийн их хэрэглэдэг арга нь термогравиметрийн арга бөгөөд түүнд үндэслэн орчин үеийн багаж аппаратыг термогравиметр гэж нэрлэдэг. Энэ багаж нь бодис материалыг янз бүрийн хийн урсгалын орчинд өндөр температурт халааж халууны задралд оруулан үүссэн хатуу, шингэн ба хийн бүтээгдэхүүнийн гарц хэмжээг тодорхойлох, халуун задралын явц нь халаалтын температур, орчин, хугацаанаас хамаарч ямар үе шатуудыг дамжин ямар физик химийн процессууд явагдаж байгааг тогтоож судлахад хамгийн чухал ач холбогдолтой [2]. Хэрэглэж байгаа хийн урсгал нь агаар буюу хүчилтөрөгчийн орчинд явагдаж байвал энэ нь исэлдэлт буюу шатаалтын процесс явагддаг. Харин азот, гели, аргон гэх мэт хийнүүдийн аль нэгийг хэрэглэвэл тухайн бодис материалын халууны задралын процесс явагддаг. Бодис материалыг агааргүй инерт хийн орчинд халаахад молекул нь

задарч халууны задрал явагдаж байвал халуун тэсвэрлэх чанар буюу (термостойкость) гэнэ. Хэрвээ бодис материалыг халууны задрал (халуун химийн процесс) явагдахгүй харин деформацид орж хэлбэр дүрс нь өөрчлөгдөх, хайлах, буцлах, талсжих гэх мэт процессууд явагдаж байвал дулаан тэсвэрлэх чанар (тепlostойкость) гэнэ [3]. Органик түүхий эд түүний дотор нүүрсний халуун тэсвэрлэх чанар, халууны задралын механизмыг судлахад термогравиметрийг хамгийн их хэрэглэдэг ба энэ нь нүүрсийг халууны аргаар боловсруулж хатуу, шингэн, хийн бүтээгдэхүүнүүд үйлдвэрлэх процесс ба технологийн онолын үндэс болдог. Нүүрсэнд агуулагдах эрдсийн хэмжээг багасгаж, чанарыг дээшлүүлэх процессыг нүүрсний баяжуулалт гэнэ [1]. Нүүрсний олборлолт ба ашиглалтын үр ашиг, байгальд үзүүлэх хор нөлөөг бууруулахад баяжуулалт ихээхэн үүрэгтэй. Нүүрсэнд агуулагдах эрдэс бодисууд, байгаль орчинд хор нөлөөтэй элементүүд нь түүний ашиглалтын бүхий л процессуудад сөрөг нөлөөтэй. Нүүрсний эрдэсийн агуулгыг багасгаснаар түүний тээвэрлэлтийн зардлыг ихээхэн бууруулах боломжтой бол нүүрсний коксжуулалт, шууд шингэрүүлэлтэнд хэрэглэгдэх түүхий нүүрс нь эрдэс бодис багатай байх шаардлага тавигддаг. 2006 оны байдлаар дэлхийн хэмжээнд олборлосон нийт нүүрсний 1/3 – ийг баяжуулан ашиглаж байсан бөгөөд нийт 2500 орчим баяжуулах үйлдвэр байгаагийн 2000 нь (нийт хүчин чадал нь 800 сая тн/жил) БНХАУ-д, 265 нь (нийт хүчин чадал нь 986 сая тн/жил) АНУ-д, 53 нь

(нийт хүчин чадал нь 134 сая тн/жил) БНЭУ-д, 87 нь (нийт хүчин чадал нь 95 сая тн/жил) ОХУ-д, 70 нь Австрали улсад байсан байна. Нүүрсний шаталтаас үүсэх хүхрийн исэлүүд, дэгдэмхий хорт элементүүдийн байгаль орчинд хаягдах хэмжээг нүүрсний баяжуулалтын аргаар бууруулах бүрэн боломжтой [1].

Судалгааны ажлын зорилго нь дээд ангилалын чулуун нүүрс болох Могойн голын ордын нүүрсний халуун, дулаан тэсвэрлэх чанар, халууны задралын зүй тогтол механизмыг судлахын зэрэгцээ нүүрсийг янз бүрийн нягттай хүнд шингэн цайрын хлорт ( $ZnCl_2$ ) хөвүүлж/живүүлэн баяжуулахад, нүүрсэнд агуулагдах эрдсийн хэмжээг багасгаж, чанарыг сайжруулах боломжийг судлах байлаа.

### СУДАЛГААНЫ МАТЕРИАЛ, АРГА ЗҮЙ

Могойн голын орд нь Улаанбаатар хотоос 930 км, Хөвсгөл аймгийн төв Мөрөн сумаас баруун тийш 210 км, Хөвсгөл аймгийн Цэцэрлэг сумаас зүүн урагш 22 км зайд байрлах чулуун нүүрсний орд юм. Нийт нөөц – 11 сая.тн. [4].

Судалгаанд нүүрсний техник үзүүлэлтүүдийг холбогдох стандарт аргуудаар, үүнд: чийгийг ISO 589:2003, үнслэгийг ISO 1171:1997, дэгдэмхий бодисыг ISO 562:2001, нийт хүхрийн агуулга ISO 334:1992, элементийн шинжилгээг Германы ELTRA GmbH брэндийн ELTRA CHS-500 анализатор, Үнсний химийн найрлагыг рентгенфлуоресценцийн багаж дээр MNS- 5673:2006 стандартын дагуу хийж гүйцэтгэсэн. Рентгенфлуоресценцийн багажаар нунтаг дээжинд натри 11 – ээс, уран 92 хүртэлх 81 химийн элемент тодорхойлох боломжтой. Аргын үндэс нь атомын их энергитэй орбиталиас бага энергитэй орбиталь руу электрон шилжихэд цацарсан фотоны энергийг хэмжихэд оршино. Нүүрсний дээжийн рентгенфлуоресценцийн шинжилгээг ШУТИС-ийн Horiba ME500W спектроскоп багажаар тодорхойлов. Термогравиметрийн шинжилгээг Японы HITACHI TG/DTA7300 маркийн багаж ашиглан гүйцэтгэв. Энэхүү багаж нь нүүрсний аналитик дээжийг жинлэн тасалгааны температурт хуурай болтол хатааж, цагаан алтан тигельд халаан туршилтыг 120 минутын хугацаанд  $10^\circ\text{C}/\text{мин}$  хурдтайгаар  $25-1150^\circ\text{C}$  хүртэлх температурт аргон хийн орчинд тасралтгүй явуулав. Туршилт дууссаны дараа багажны температур  $200^\circ\text{C}$  -ээс доош болсон үед багажийг нээж дээжтэй болон хоосон тигелүүдийг гарган авч цэвэрлэн, дараагийн туршилтанд бэлтгэхийн тулд шатаах зууханд тигелүүдийг  $1000^\circ\text{C}$  температурт 1 цаг шатаана.

Лабораторын нөхцөлд нүүрсний баяжигдах шинж чанарыг ГОСТ 4790-93 аргаар тодорхойллоо. Нүүрсний 3-1.5 мм, 1.5-1.0 мм, 1.0-0.63 мм-ийн

ширхэгтэй дээжүүд бэлтгэж дээж тус бүрийг  $<1.3; 1.3 - 1.4; 1.4 - 1.5; 1.5 - 1.6; 1.6 - 1.7$  болон  $>1.7 \text{ г/см}^3$  зэрэг нягттай хүнд шингэнд дэс дараалан хөвүүлж/живүүлэн хувийн жингээр нь ялгаж фракцлана. Эхний шингэнд живсэн хэсгийг дараах буюу илүү их нягттай хүнд шингэнд оруулж хуваан ялгана. Бид энэ удаагийн туршилтуудад хүнд шингэнээр  $ZnCl_2$  –ын янз бүрийн концентрацитай уусмалыг ашигласан. Живсэн ба хөвсөн фракцуудыг угааж уусмалын үлдэгдлээс цэвэрлэсний дараа тэдгээрийн гарц ба үнсний агуулгыг тодорхойлно. Үр дүнгүүдийн тусламжтайгаар баяжуулалтын муруйг байгуулсан [5,6].

### ҮР ДҮН, ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Бид судалгаанд авсан Могойн голын ордын нүүрсний дээжинд техникийн үндсэн үзүүлэлтүүд болон элементийн анализыг тодорхойлов. Нүүрс нь чийг, үнслэг болон хүхэр багатай  $W^a=0.62\%$ ,  $A^d=8.6\%$  болон  $S_t^d=1.27\%$ , илчлэг өндөртэй  $Q^{daf}=7532$ , дэгдэмхий бодисын гарц багатай  $V^{daf}=30.7\%$ , нүүрсстөрөгчийн агуулга өндөр  $C^{daf}=76.5\%$ , устөрөгчийн агуулга  $H^{daf}= 5.2\%$  бүхий сайн чанарын чулуун нүүрс болох нь харагдаж байна. Могойн голын нүүрс нь Г, ГЖ, Ж маркард хамаардаг. Бидний гүйцэтгэсэн техникийн шинжилгээний үр дүн нь өмнөх судлаачдын гарган авсан үр дүнтэй ерөнхийдөө тохирч байгааг *Хүснэгт 1*-г харуулж байна. Могойн голын ордын нүүрсний дэгдэмхий бодис  $V^{daf}=30.7\%$ , нүүрсстөрөгчийн агуулга  $C^{daf}=76.5\%$ , байгаа нь Ж маркийн чулуун нүүрс [8,9] болох нь батлагдаж байна. Энэ дүгнэлт нь уг ордуудын нүүрсний талаар гаргасан өмнөх судалгааны ажлуудын дүгнэлттэй таарч байгаа болно.

Үнсний 95-97 % нь  $SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, MgO, Na_2O, K_2O$ -ийн ислүүдээс, үндсэн 3-5% нь P, Mn, Ba, Ti, Sb болон бусад ховор элементийн нэгдлүүдээс бүрддэг. Химийн бүрэлдэхүүнээр нь нүүрсний үнсийг хүчиллэг ба суурилаг гэж ангилдаг ( $Fe_2O_3+CaO+MgO+Na_2O+K_2O/SiO_2+Al_2O_3+Ti_2O < 1$  хүчиллэг,  $>1$  суурилаг гэж үздэг).

**Хүснэгт 1.** Бусад судлаачдын үр дүнгийн харьцуулалт

№	Дээж	Техникийн үзүүлэлтүүд, %				
		Чийг, $W^a$	Үнс, $A^d$	Дэгдэмхий бодис, $V^{daf}$	Хүхэр, $S_t^d$	Илчлэг $Q^{daf}$ , ккал/кг
1	Могойн	0.91	8.8	29.4	1.0	8534
2	гол	14.0*	17.0	26.0	0.8	5200*
Элементийн анализын үзүүлэлтүүд, %						
№	Могойн гол	Элементийн анализын үзүүлэлтүүд, %				
		$C^{daf}$	$H^{daf}$	$N+O^{daf}$		
3	гол	83.7	4.1	22.8		

1,3 – [7], 2– [4] \*-өөр төлөвт илэрхийлсэн үзүүлэлтүүд

**Хүснэгт 2.** Эрдэс бүрэлдэхүүний химийн найрлага

№	Элемент, %	Оксид, %
1	Mg	MgO 3.5
2	Al	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 21.1
3	Si	SiO <sub>2</sub> 5.6
4	P	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0.3
5	S	SO <sub>3</sub> 12.3
6	K	K <sub>2</sub> O 0.5
7	Ca	CaO 6.6
8	Ti	TiO <sub>2</sub> 0.43
9	Mn	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0.47
10	Fe	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 49.0
11	Zn	ZnO 0.18
12	O	-

Түүнчлэн CaO + MgO < Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> байвал битумт төрлийн гэх ба CaO + MgO > Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> байвал лигнит төрлийн үнс гэдэг. Үнсний химийн найрлагыг рентгенфлуоресценцийн спектрийн аргаар шинжилж үр дүнг Хүснэгт 2-т үзүүлэв.

Хүснэгт 2-оос харахад Могойн голын ордын нүүрсний үнсэнд төмрийн оксид хамгийн их 49.0%, хөнгөнцагааны оксид 21.1% агуулгатай илэрсэн байна. Үнсний хайлах температур нь нүүрсний үнсний химийн найрлагаас хамааран хэлбэлздэг. Тухайлбал SiO<sub>2</sub>-ын агуулга ихсэхэд үнсний хайлах температур ихсэж, CaO-ийн агуулга ихсэхэд, багасдаг. Мөн Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO+Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O/SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Ti<sub>2</sub>O харьцаанаас үзэхэд Могойн голын ордын нүүрсний үнсэнд 2.2>1, суурилаг шинж чанартай, CaO+MgO агуулга (CaO+MgO<Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ын агуулгаас бага байгаа нь битумт төрлийн үнсэнд хамаарагдаж байна [1,10].

Могойн голын ордын нүүрсний органик массын халуун тэсвэрлэх чанар ба халууны задралд орох чадварыг судлах зорилгоор термогравиметрийн анализыг аргон хийн орчинд явуулж гарган авсан ТГ болон ДТГ муруйг Зураг 1(а)-д үзүүлэв. Халаалтын нөлөөгөөр нүүрсний массад янз бүрийн физик (зөөлрөх, шингэрэх, уурших гэх мэт), химийн (исэлдэх, задрах, нүүрсжих, полимержих гэх мэт) процессууд тасралтгүй ээлж дараалан явагддаг ба

**Хүснэгт 3.** Могойн голын ордын >0.63 мм, 0.63-1 мм, 1-1.5 мм, 1.5-3 мм-н нүүрсний материалын баланс

Дээж	Ширхэглэг, мм	Гарц, %	Үнс A <sup>d</sup> , %
	>0.63	28.2	10.4
Могойн гол	0.63-1	3.0	8.9
	1-1.5	16.3	8.0
	1.5-3	52.5	7.2
Нийт		100	8.6

энэ нь дээжний жингийн өөрчлөлт (ихсэлт ба хоргодол)-өөр илэрч бүртгэгддэг учир дифференциальная термогравиметрия (ДТГ) гэж нэрлэдэг. Нүүрсний халууны задралын механизмыг 4 шатанд хуваадаг.

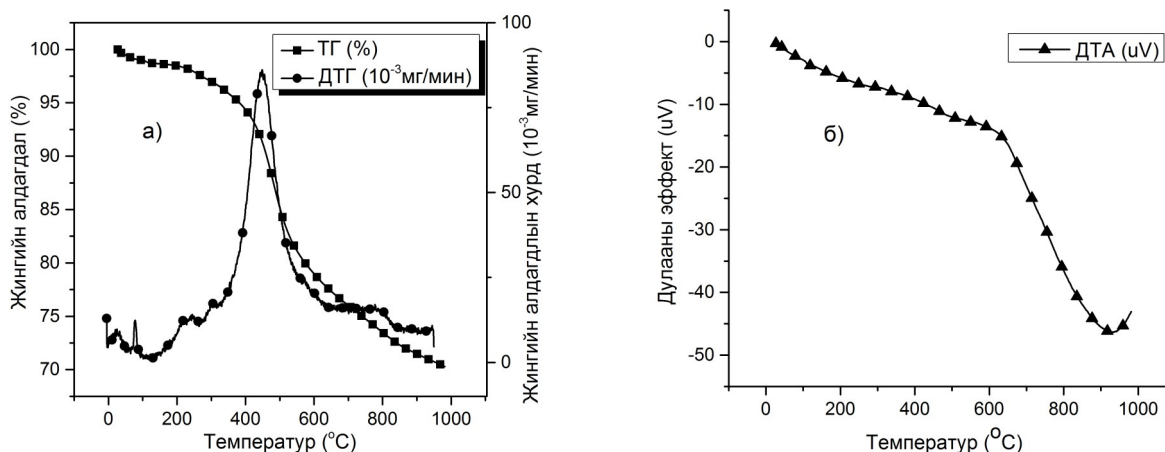
Эхний үе нь хий урьдчилан ялгарах шат (100-350°C): энэ үед нүүрсэнд агуулагдах чийг уурших, түүнд шингээгдсэн CH<sub>4</sub>, азот мэтийн хийнүүд ялгарна.

Хоёр дахь үе давирхай ялгарах шат (350-450°C): Нүүрсний хатуу төлөв өөрчлөгдөн уян харимхайн төлөвт шилжин зөөлөрдөг.

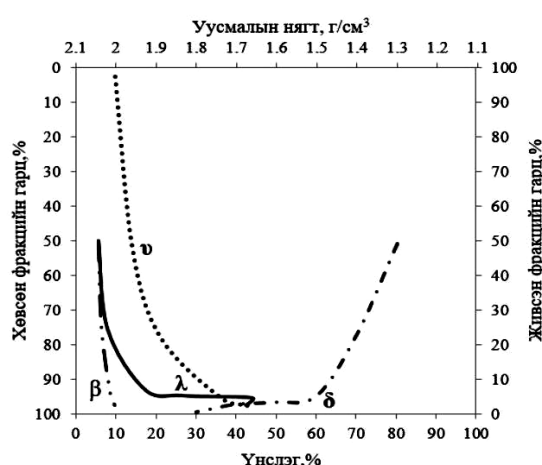
Гуравдугаар үе хагас кокс бүрэлдэх шат (450-550°C): Нүүрсний жин эрс багасч, хий давирхай их хэмжээгээр ялгарч эхэлдэг.

Задралын бүтээгдэхүүнүүдийн полимержилт, поликонденсацийн урвалуудын дүнд уян харимхай цулд хатуу төлөв ихээр хуримлагдан хагас кокс бүрэлддэг.

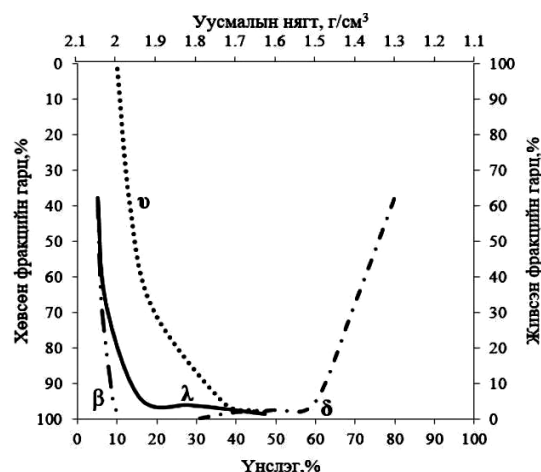
Дөрөвдүгээр үе кокс бүрэлдэх шат (550-1000°C): Хагас коксын бүтцэд хувирах процесс хатуу төлөвт явагддаг [1,11,12]. Могойн голын ордын нүүрсний халууны задралыг дараах халаалтын температурын мужуудад хувааж болно. Үүнд: 100-360°C, 360-470°C, 470-590°C, 590-980°C. 124°C -аас эхлээд 360°C хүртэл нүүрсний аналитик дээжинд шингэсэн хий ба чийг ялгарч байгаа бол хоёр дахь үе шатанд 360-470°C-д (жингийн алдагдал ТГ-89.3%, жингийн алдагдлын хурд ДТГ-84.8\*10<sup>-3</sup> мг/мин) нүүрсний органик массын халууны задрал эхлэн явагдсан.



**Зураг 1.** Могойн голын нүүрсний а) ТГ, ДТГ болон б) ДТА муруйнууд



**Зураг 2.** Могойн голын 0.63-1 мм ширхэглэлтэй нүүрсний хүнд шингэний баяжуулалтын муруй /β-хөвсөн фракцийн муруй, λ-элементарь үнсний муруй, δ-нягтын муруй, v-живсэн фракцийн муруй/



**Зураг 3.** 1-1.5 мм ширхэглэлтэй нүүрсний хүнд шингэний баяжуулалтын муруй. /β-хөвсөн фракцийн муруй, λ-элементарь үнсний муруй, δ-нягтын муруй, v-живсэн фракцийн муруй/

Гурав дахь үе 470-590°C-д, (ТГ-79.0%, ДТГ - 24.4\*10<sup>-3</sup> мг/мин) органик массын халууны задрал үндсэндээ дуусч үүссэн хатуу үлдэгдлийн нүүрсжин полимержих процесс явагдаж, халууны задралын бүтээгдэхүүнүүд их хэмжээгээр ялгарч байна. Дөрөвдүгээр үе 590-980°C-д (ТГ-70.3%, ДТГ - 10.2\*10<sup>-3</sup> мг/мин) бага хэмжээний задралын бүтээгдэхүүн үүсэн тогтмолжиж байгаа нь органик массаас биш харин эрдэс хэсгийн задралтай холбоотой байдаг. Зураг 1(а)-аас харахад нүүрсний дээжийг гелийн орчинд тасралтгүй халаахад 100-360°C-д дээжнээс шингэсэн хий ба чийг ялгарахтай холбоотой эрчим бага, халуун задралын хамгийн их эрчимтэй үе 483°C-д нүүрсний органик массын задралаар үүссэн шингэн ба хийн бүтээгдэхүүнүүд их хэмжээгээр ялгарч байгаа учраас жингийн алдагдлын хурдны муруйн эрчим их байна. Нүүрсний халууны задралын механизмыг тайлбарлахын тулд термогравиметрийн анализар гарган авсан нүүрсний халууны задралын үед явагдаж байгаа ДТА муруй буюу Зураг 1(б)-г авч үзье. Нүүрсний дээжийг инерт хийн орчинд тасралтгүй халаахад явагдаж байгаа физик ба химийн процессуудын дүнд үүсэх дулааны эффектүүд (дулаан шингээх эндотерм процесс, дулаан ялгаруулах экзотерм процесс)-ийг бүртгэж хэмжихийг дифференциальный термический анализ

(ДТА) гэж нэрлэдэг ба энэ нь холбогдох ТГ муруйгаас уламжлал (дифференциаль) авсантай тэнцэх хэмжигдэхүүн юм. Могойн голын ДТА муруй буюу Зураг 1(б)-г харахад халууны задрал дулааныг шингээж явагддаг эндотерм процесс юм. Шингээлт нь 400-980°C-д явагдсан бөгөөд оргил шингээлт нь 900°C-д явагдсан. Нүүрсний

**Хүснэгт 5.** Баяжуулалтын бүтээгдэхүүний гарц ба үнс

Бүтээгдэхүүн	Гарц, γ, %	Үнс, А <sup>а</sup> , %
Могойн гол		
Баяжмал	92.8	8.4
Завсрын бүтээгдэхүүн	2.3	27.5
Хаягдал	2.2	42.6

баяжуулалтын судалгааг хүнд шингэний баяжуулалтын аргаар явуулсан. Баяжуулалтанд хэрэглэсэн нүүрсийг хацарт бутлуураар бутлан > 0.63 мм, 0.63-1 мм, 1-1.5 мм ба 1.5-3 мм ширхэглэлтэй фракцуудад ангилан бэлтгэсэн. Нүүрсийг халууны аргаар боловсруулж, нефть төстэй шингэн бүтээгдэхүүн гарган авахад юуны өмнө эх түүхий эд болох нүүрсний үнс бага байх нь ихээхэн чухал. Иймд А<sup>д</sup>=8.6% үнстэй нүүрсийг халуун уусгалтын түүхий эд болгон ашиглах тохиолдолд түүнийг урьдчилан эрдэс хэсгээс ялгаж баяжуулж чанаржуулах хэрэгтэй болдог. Иймд

**Хүснэгт 4.** Могойн голын ордын нүүрсний (0.63-1мм) хүнд шингэний баяжуулалтын үр дүн

Нягт, г/см <sup>3</sup>	Фракцийн гарц, γ%	Фракцийн үнс, А <sup>а</sup> , %	Нийт хөвсөн фракц		Нийт живсэн фракц	
			Гарц, γ%	Үнс, А <sup>а</sup> , %	Гарц, γ %	Үнс, А <sup>а</sup> , %
1.3	49.9	5.6	49.9	5.6	97.4	9.7
1.4	25.5	7.9	75.4	6.4	47.5	14.1
1.5	17.4	17.2	92.8	8.4	22.0	21.2
1.6	1.75	26.7	94.6	8.7	4.5	36.6
1.7 хөвсөн	0.6	44.1	95.2	9.0	2.8	42.9
1.7 живсэн	2.2	42.6	97.4	9.7	2.2	42.6

**Хүснэгт 6. Могойн голын ордын нүүрсний (1-1.5мм) хүнд шингэний баяжуулалтын үр дүн**

Нягт, г/см <sup>3</sup>	Фракцийн гарц, γ, %	Фракцийн үнс, A <sup>a</sup> , %	Нийт хөвсөн фракц		Нийт живсэн фракц	
			Гарц, γ, %	Үнс, A <sup>a</sup> , %	Гарц, γ, %	Үнс, A <sup>a</sup> , %
1.3	37.8	5.2	37.8	5.2	98.6	10.1
1.4	29.3	7.2	67.1	6.1	60.8	13.2
1.5	27.0	15.8	94.1	8.8	31.4	18.8
1.6	2.1	28.1	96.1	9.2	4.5	36.8
1.7 хөвсөн	0.6	33.8	96.7	9.4	2.4	44.2
1.7 живсэн	1.9	47.3	98.6	10.1	1.9	47.3

Могойн голын ордын нүүрсийг 3-1.5 мм, 1.5-1мм, 1-0.63 мм хэмжээтэй фракцлан 1.3-1.7 г/см<sup>3</sup> хүртэл нягттай цайрын хлорид-(ZnCl<sub>2</sub>)-д хөвүүлэн/живүүлэн хүнд шингэний баяжуулалтаар фракцлан тус бүрийн гарц, үнс зэргийг тодорхойлж үр дүнг Хүснэгт 4, 6 ба 8-д үзүүлэн баяжилтын муруйг байгуулан (Зураг 2-4)-д тус тус харууллаа. Хүснэгт 4, Зураг 2-оос үзвэл, могойн голын ордын 0.63-1 мм ширхэгтэй нүүрсийг δ=1.3 г/см<sup>3</sup> нягттай хүнд шингэнд баяжуулахад гарган авсан баяжмалын үнс бага A<sub>6</sub><sup>a</sup>=5.6%, гарц γ<sub>6</sub>=49.9% байв.

**Хүснэгт 7. Баяжуулалтын бүтээгдэхүүний гарц ба үнс**

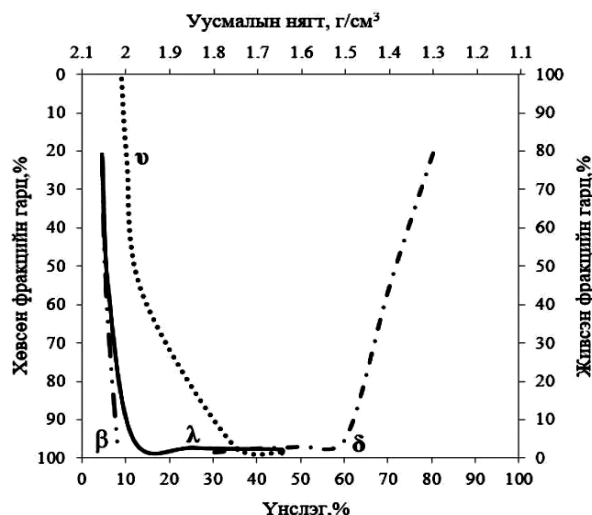
Бүтээгдэхүүн	Гарц, γ, %	Үнс, A <sup>a</sup> , %
Могойн гол		
Баяжмал	94.1	8.8
Завсарын бүтээгдэхүүн	2.6	29.4
Хаягдал	1.9	47.3

Хүнд шингэний нягтыг ихэсгэх тутам баяжмалын үнс болон гарц аажмаар ихэсгэх хандлагатай байна. Хаягдлын үнс A<sub>x</sub><sup>a</sup>=42.6%, гарц бага γ<sub>x</sub>=2.2%, хүнд шингэний нягт нь δ=1.7 г/см<sup>3</sup> байна.

Баяжигдах чанарын муруйн тусламжтайгаар баяжуулалтын дараах бүтээгдэхүүний гарц ба үнсийг тооцоход (Хүснэгт 5) завсарын бүтээгдэхүүний гарц γ<sub>36</sub>=2.3%, үнс A<sub>36</sub><sup>a</sup>=27.5%, болохыг харуулж байна. Хүснэгт 6, Зураг 3-аас үзвэл, Могойн голын ордын 1-1.5 мм ширхэгтэй нүүрсийг δ=1.3 г/см<sup>3</sup> нягттай хүнд шингэнд баяжуулахад гарган авсан баяжмалын үнс бага A<sub>6</sub><sup>a</sup>=5.2%, гарц γ<sub>6</sub>=37.8% байв. Хүнд шингэний нягтыг ихэсгэх тутам баяжмалын үнс болон гарц аажмаар ихэсгэх хандлагатай байна.

**Хүснэгт 8. Могойн голын ордын нүүрсний (1.5-3мм) хүнд шингэний баяжуулалтын үр дүн**

Нягт, г/см <sup>3</sup>	Фракцийн гарц, γ, %	Фракцийн үнс, A <sup>a</sup> , %	Нийт хөвсөн фракц		Нийт живсэн фракц	
			Гарц, γ, %	Үнс, A <sup>a</sup> , %	Гарц, γ, %	Үнс, A <sup>a</sup> , %
1.3	20.7	4.6	20.7	4.6	98.9	9.0
1.4	35	6.0	55.7	5.4	78.2	10.2
1.5	39.6	11.8	95.3	8.1	43.2	13.7
1.6	2.0	25.8	97.3	8.4	3.6	34.5
1.7 хөвсөн	0.5	45.8	97.8	8.6	1.6	45.8
1.7 живсэн	1.1	45.8	98.9	9.0	1.1	45.8



**Зураг 4. 1.5-3 мм ширхэгэлтэй нүүрсний хүнд шингэний баяжуулалтын муруй.**

/β-хөвсөн фракцийн муруй, λ –элементарь үнсний муруй, δ-нягтын муруй, ν-живсэн фракцийн муруй/

Хаягдлын үнс A<sub>x</sub><sup>a</sup>=47.3%, гарц бага γ<sub>x</sub>=1.9%, хүнд шингэний нягт нь δ=1.7 г/см<sup>3</sup> байна.

Баяжигдах чанарын муруйн тусламжтайгаар баяжуулалтын дараах бүтээгдэхүүний гарц ба үнсийг тооцоход (Хүснэгт 7) завсарын бүтээгдэхүүний гарц γ<sub>36</sub>=2.6%, үнс A<sub>36</sub><sup>a</sup>=29.4%, болохыг харуулж байна.

Хүснэгт 8, Зураг 4-ээс үзвэл, Могойн голын ордын 1.5-3 мм ширхэгтэй нүүрсийг δ=1.3 г/см<sup>3</sup> нягттай хүнд шингэнд баяжуулахад гарган авсан баяжмалын үнс бага A<sub>6</sub><sup>a</sup>=4.6%, гарц γ<sub>6</sub>=20.7% байв.

Хүнд шингэний нягтыг ихэсгэх тутам баяжмалын үнс болон гарц аажмаар ихэсгэх хандлагатай байна. Хаягдлын үнс A<sub>x</sub><sup>a</sup>=45.8%, гарц бага γ<sub>x</sub>=1.1%, хүнд шингэний нягт нь δ=1.7 г/см<sup>3</sup> байна. Баяжигдах

**Хүснэгт 9.** Баяжуулалтын бүтээгдэхүүний гарц ба үнс

Бүтээгдэхүүн	Гарц, γ, %	Үнс, A <sup>a</sup> , %
Могойн гол		
Баяжмал	95.3	8.1
Завсрын бүтээгдэхүүн	2.5	29.4
Хаягдал	1.1	45.8

чанарын муруйн тусламжтайгаар баяжуулалтын дараах бүтээгдэхүүний гарц ба үнсийг тооцоход (Хүснэгт 9) завсарын бүтээгдэхүүний гарц  $\gamma_{зв}=2.5\%$ , үнс  $A_{зв}^a=29.4\%$ , болохыг харуулж байна.

### ДҮГНЭЛТ

Могойн голын ордын нүүрс нь нүүрсжилтийн зэргээрээ Ж маркийн чулуун нүүрс болох нь батлагдлаа. Судалгаанд хамрагдсан нүүрсний термогравиметрийн нарийвчилсан шинжилгээг хийж гарган авсан ТГ, ДТГ болон ДТА муруйнуудад үндэслэн халууны задралын үе шатуудыг тогтоож, халууны задралын механизмыг тайлбарлав. Шинжилгээгээр нүүрс нь эндотермийн шингээлттэй, органик массын халууны задрал үндсэндээ дуусч үүссэн хатуу үлдэгдлийн нүүрсжин полимержих процесс явагдаж, халууны задрал эрчимтэй явагдсан температурын хязгаар нь  $T=470-590^{\circ}\text{C}$  байна.  $0.63-1$  мм ширхэгтэй нүүрсийг  $\delta=1.3$  г/см<sup>3</sup> нягттай хүнд шингэнд баяжуулахад гарган авсан баяжмалын үнс бага  $A_6^a=5.6\%$ , гарц  $\gamma_6=49.9\%$ , дундаж фракцийн гарцаар үнэлбэл  $T=2.4\%$  байгаа нь 1-р зэрэг хөнгөн баяжигдах шинж чанартай тооцогдсон. Бүхэлд нь авч үзвэл, нүүрснээс 6%-иас бага үнстэй баяжмал гарган авахад хялбар гэж дүгнэж болохоор байна.

Иймд бага үнстэй нүүрсний баяжмалыг цаашид гүн боловсруулалтын чиглэлээр ашиглахад давуу талтай, эдийн засгийн ач холбогдолтой байх болно. Могойн голын чулуун нүүрс нь органик-эрдэс нэгдлүүд харьцангуй бага хэмжээгээр агуулдаг нь тогтоогдсон байдаг ба энэ нь түүний баяжигдах шинж чанарт эерэгээр нөлөөлж байна гэж үзлээ.

### АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

1. Ж. Нарангэрэл. (2011) *Нүүрсний хими, технологийн үндэс*. Адмон ХХК, УБ. х. 388.
2. Б. Пуревсурен. (1987) Синтез на епоксидни олигомерни с повишена термоустойчивость. Ph.D диссертация, Университет София, Болгария.
3. G.H. Sofiya, M. Taylor, M. Teichmuller, A. Davis, C.F. Diessel. (1998) *Organic Petrology*. Gebr. Borntraeger Stuttgart, p. 704.
4. П. Очирбат, Я. Гомбосүрэн. (2002) *Монгол улсын нүүрсний аж үйлдвэр 20-р зуунд*, УБ. х. 240.
5. Определение и представление показателей фракционного анализа. (1993) ГОСТ 4790-93. с.42.
6. С.П. Артюшин. (1975) *Обогащение углей*. М.: Недра. с.384.
7. Х. Серикжан, Б. Бямбагар, Б. Гантөмөр, Э. Бат-Эрдэнэ. (2019) Могойн гол ба Адуунчулууны ордын нүүрсний үнсний макро болон микроэлементүүдийн судалгаа, *Шатах ашигт малтмалын хими, боловсруулалт ба экологийн асуудлууд*. №07/2019. х.142-147.
8. А.И. Камнева. (1990) Теоретические основы химической технологии горючих ископаемых. - М.: *Химия*. с.149-155.
9. И.В. Калечиц. (1980) Химические вещества из угля. -М.: *Химия*. с.27-165.
10. Б. Пүрэвсүрэн, Я. Даваажав, Р. Эрдэнэчимэг. (2010) *Монгол орны зарим томоохон ордын нүүрсний судалгаа*, Тоонот Принт Хэвлэл, УБ. х.212.
11. F. Han, A. Meng, Q. Li, Y. Zhang. Thermal decomposition and evolved gas analysis (TG-MS) of lignite coals from Southwest China. *Journal of the Energy Institute*. 89. p.94-100.
12. W.R. Ladner. The products of coal pyrolysis: properties, conversion and reactivity. *Fuel Processing Technology*. 20. p.207-222.

## Study on the washability by using float sink test and thermal decomposition of the Mogoin gol bituminous coal

E. Shagjjav<sup>1</sup>, A. Ariunaa<sup>1</sup>, Kh. Serikjan<sup>2</sup>, B. Purevsuren<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Chemistry and Chemical Technology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar 13330, Mongolia.

<sup>2</sup>School of Applied Sciences, Mongolian University of Sciences and Technology, Ulaanbaatar 14201, Mongolia.

\*E-mail: eshagjjav19@gmail.com

---

Received: 30.09.2020

Revised: 09.11.2020

Accepted: 27.11.2020

---

**Abstract:** The Mogoin gol bituminous coal properties were determined by proximate and ultimate analysis and thermal behaviors performed using a HITACHI TG/DTA7300 thermogravimetry analyzer. Float sink test carried out by Russian standard GOST 4790-93. Results of the proximate and ultimate analyses showed that the coal has  $V^{\text{daf}}=30.7\%$ ,  $A^{\text{d}}=10.6\%$ ,  $C^{\text{daf}}=76.5\%$  and  $Q^{\text{daf}}=7532$  kcal/kg. According to the coal classification, the coal belongs to the J class of bituminous coal. The rate of mass loss was maximum in the range 483°C. Yields and ash contents of the fraction were  $\gamma_6=49.9$  and 5.6% respectively, when for the separation was used heavy liquid with 1.3g/cm<sup>3</sup> density. In general, it can be concluded that the Mogoin gol coal belongs to the category of coals with very good washability. Therefore, it will be advantageous and economically viable to use coal concentrate with low-ash for further chemical processing.

**Keywords:** coal, thermogravimetry, mass loss, float sink test, float/sink fraction

---

© The Author(s). 2020 **Open Access** This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

DOI: <https://doi.org/10.5564/bicct.v0i8.1475>