

Багануур ба Шивээ-Овоогийн нүүрсний баяжуулалтад үзүүлэх цуглуулагчийн нөлөөлөл

Ж.Намхайноров¹, Б.Мөнхцэцэг¹, Г.Шийрав¹, ЯаоВэн Шинг², Б.Пүрэвсүрэн¹, Б.Авид¹, Н.Навчцэцэг^{1*}

¹Шинжлэх ухааны академийн Хими, химийн технологийн хүрээлэн, Улаанбаатар, Монгол улс

²Хятадын уул уурхай ба технологийн их сургууль, Шюйжжоу, Хятад улс

*navchtsetseg@mas.ac.mn

Хураангуй. Энэхүү судалгаагаар Багануур ба Шивээ-Овоогийн хүрэн нүүрсийг хөвүүлэн баяжуулж, ургамлын тос болон дизель түлшийг цуглуулагчаар ашиглан, баяжигдах чанарт үзүүлж буй нөлөөллийг судаллаа. Судалгаанд ашигласан нүүрсний дээжүүдэд техникийн болон элементийн шинжилгээ хийж, ширхэглэл ба үнсний хамаарлыг тогтоолоо. Нүүрсний гадаргуугийн шинж чанарыг судлахад электрон микроскоп, фотоэлектрон спектроскоп, түүнчлэн Фурье хувиргалттай Нил улаан туяаны спектроскопын аргууд ашиглан үнэлгээ өглөө. Нүүрсийг дизель түлш, ургамлын тос ашиглан хөвүүлэн баяжуулахад, дизель түлшнээс ургамлын тос илүүтэйгээр баяжмалын гарцыг нэмэгдүүлж байгаа боловч, аль аль цуглуулагч нь баяжуулалтад төдийлөн сайн үр дүн өгөөгүй болно.

Түлхүүр үг: Нил улаан туяа, хөвүүлэн баяжуулалт, цуглуулагч

ОРШИЛ

Доод ангиллын хүрэн нүүрс нь үнс ихтэй, чийг өндөртэй тул голчлон шууд шатааж эрчим хүч гарган авч байна. Хүрэн нүүрсийг хийжүүлж, химийн үйлдвэрлэлийн түүхий эд, түүний дотор шингэн түлш гарган авах судалгаа нэлээд хийгдсэн [1-3]. Сүүлийн жилүүдэд цахилгаан машины үйлдвэрлэл ихээхэн хэмжээгээр нэмэгдсэнтэй холбоотойгоор, нүүрснээс шингэн түлш гарган авахаас илүүтэйгээр, хүрэн нүүрсний чанарыг сайжруулах замаар бусад төрлийн хэрэглээг бий болгох нь илүү ирээдүйтэй гэж тооцогдож байна.

Хүрэн нүүрсний чанарыг сайжруулах үндсэн аргын нэг нь хатаах технологи [4-5], түүнээс гадна түүнд агуулагдаж байгаа балласт буюу органик бус нэгдлийг зайлуулан органик хэсгийн хэмжээг нэмэгдүүлэх, улмаар гүнзгий боловсруулах нь нэг чухал чиглэлийн нэг юм. Энэ чиглэлийн судалгаанд янз

бүрийн уусгагч ашиглан нүүрсийг боловсруулж пек төст бүтээгдэхүүн гарган авах Кузнецов [6-8] тэргүүтэй судлаачдын судалгаа, түүнчлэн Японы судлаачдын Гипернүүрс гарган авах судалгаанууд орно [9-10]. Дээрх судалгаанууд нь уусгагчийн тусламжтайгаар органик хэсгийн агуулгыг нэмэгдүүлэхээр зорьж байгаа бол, хүрэн нүүрсэнд агуулагдах эрдэс хэсгийг уламжлалт баяжуулалтын аргаар зайлуулж, органик хэсгийн агуулгыг нэмэгдүүлэх боломж бий. Гэхдээ хүрэн нүүрсний эрдэс хэсгийг зайлуулах нь маш хүнд бөгөөд баяжуулалтын үндсэн аргад хөвүүлэн баяжуулах буюу флотацын арга ордог [11-13]. Доод шатны нүүрсний флотацын баяжуулалтын хувьд үр ашигтай цуглуулагч, хөөсрүүлэгч сонгох нь баяжуулалтын үр ашгийг нэмэгдүүлэх үндсэн арга юм. Нүүрсний флотацад төрөл бүрийн цуглуулагч,

хөөсрүүлэгч ашигладаг ба сүүлийн үеийн хэвлэлийн тоймоос харахад нийлмэл цуглуулагчид маш сайн үр дүн өгдөг, мөн хямд өртөгтэй байж болохыг харуулж байгаа тул баяжуулалтын судалгааны үндсэн гол чиглэл болоод байна [14-19]. Тухайлбал, исэлдсэн нүүрсний баяжуулалтад дизель түлш болон Тритон Х100 ашиглан судалгааг амжилттай явуулсан байна. Тритон Х100 нь дизель түлшийг эмульс болгон хувиргадаг гэж дүгнэсэн [14] бол, хэсэг судлаачид баяжуулалтад газрын тосны нийлмэл цуглуулагч болон хүчилтөрөгч агуулсан химийн бодис ашиглан [16] хүрэн нүүрсийг хөөсрүүлэн баяжуулсан байна. Эдгээр үр дүнгээс харахад нийлмэл цуглуулагчид дизель түлш ашигласнаас илүү үр дүнтэй болох нь харагдаж байна.

Мөн хүрэн нүүрсний флотацыг сайжруулахын тулд [20] додекан ба тетраэтилен гликол монододецилийн

СУДАЛГААНЫ МАТЕРИАЛ БА АРГА ЗҮЙ

Судалгаанд хүрэн нүүрсний томоохон орд болох Шивээ-Овоо ба Багануурын нүүрсийг ашиглалаа. Шивээ-Овоогийн нүүрсний орд нь нийт 29500.0 га талбайг хамардаг, 2708.7 сая т нөөцтэй, 3 үндсэн хэсгээс бүрддэг. Шивээ-Овоогийн ордын нүүрс нь Б-2 бүлгийн хүрэн нүүрсний ангилалд хамрагддаг ба нүүрсний нийт 8 давхаргатай бөгөөд одоогийн байдлаар I ба II давхаргаас олборлолт хийж байна [22].

Багануурын нүүрсний орд газар нь Улаанбаатар хотоос зүүн тийш 130.0 км зайтай Хэнтийн уулархаг мужийн зүүн өмнөд хэсэгт Хэрлэн голын баруун эргийн дагуу оршдог. Орд газрын гадаргын өндөршилт нь далайн түвшнээс дээш 1332.9-1376.3 м хооронд хэлбэлздэг. Нүүрсний орд нь зүүн хойноос баруун урагш чиглэсэн суналын дагуу уртаараа 12 км, өргөнөөрөө 4-5 км талбай эзэлж мульд маягаар тогтсон

эфирийн гадаргуугийн идэвхт бодисыг нийлмэл цуглуулагч болгон хольж хэрэглэсний зэрэгцээ, гадаргуугийн идэвхт бодис ба додекан хоёрын харьцаа 1:3 байх үед баяжуулалтын нөлөө хамгийн сайн байгаа болохыг тогтоожээ. Профессор Бао-н групп олейны хүчил ба метил олеатын нөлөөг дизельтэй хослуулан судалсан бөгөөд [21], тухайн холимгийн харьцаа 1:3 байх үед хамгийн сайн нөлөө үзүүлж байгааг нь тогтоожээ.

Нэг талаас нийлмэл цуглуулагч ашиглах нь үр дүн сайтай байгаа ч, нөгөө талаас байгаль орчинд илүү ээлтэй цуглуулагч болон хөөсрүүлэгч олж тогтоох нь тогтвортой хөгжил талаасаа чухал зорилт юм. Энэхүү судалгаанд байгаль орчинд ээлтэй, ургамлын тос ашиглан манай орны томоохон, ач холбогдол бүхий хүрэн нүүрсний ордууд болох Багануур болон Шивээ-Овоогийн нүүрсийг баяжуулахыг зорилоо.

үндсэн 3-н нүүрсний давхаргаас бүрдсэн эрчим хүчний зориулалттай Б-2 бүлгийн хүрэн нүүрсэнд хамаарна. Ордын нийт нөөцийг 1977 оны хайгуулаар тогтоосон ба 2015 оны байдлаар 812.0 сая т гэжээ.

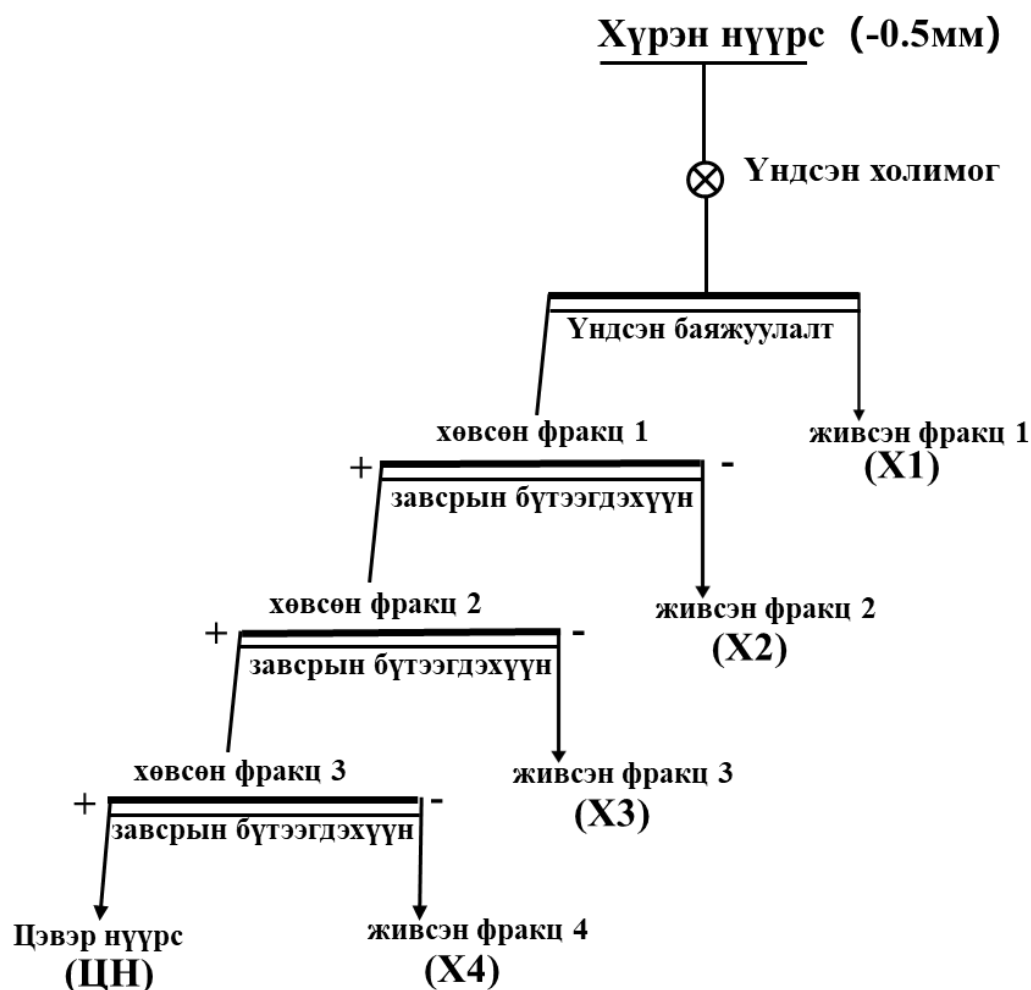
Судалгаанд ашигласан нүүрсний техник үзүүлэлтүүдийг холбогдох стандарт аргуудаар тодорхойлсон. Үүнд: чийгийг ISO 589:2003, үнслэгийг ISO 1171:1997, дэгдэмхий бодисыг ISO 562:2001, нийт хүхрийн агуулгыг ISO 334:1992 [23] элементийн шинжилгээг ELTRA CHS-500 багажаар, нүүрсний ширхэглэлийн шинжилгээг ISO 1953:2015 стандарт ашиглан дүнгүүдийг гаргаж авлаа.

Нүүрсний дээжийн гадаргуугийн химийн шинжилгээнд рентген туяаны фотоэлектрон спектроскопын (XPS, Thermo Fisher Scientific) багажийг ашигласан ба 0.074 мм-ээс бага ширхэглэлтэй нүүрсний дээжийг өргөн, нарийн сканнерын горим ашиглан

электрон холбооны энерги болон фотоэлектрон шингээлтийн оргил байрлалыг тодорхойлсон. XPS өгөгдлийг Advantage программ хангамж (хувилбар 5.948) ашиглан тооцоолсон бөгөөд C1s-ийн 284.80 эВ-ийн холбооны энергийг физик шилжилтийн нөлөөг засахын тулд хэмжсэн орбиталуудын холбооны энергийг тохируулахад ашигласан болно. Нил улаан туяаны спектрийн судалгааг Nicolet iS5 маркийн спектрометр ашиглан 4000-500 см^{-1} долгионы мужид хэмжлээ. Хөвүүлэн баяжуулалтын туршилтыг XFD-1L баяжуулалтын машин дээр хийсэн ба туршилтад ургамлын тос болон дизелийн түлшийг цуглуулагчаар, 2-октанол ($\text{C}_8\text{H}_{18}\text{O}$)-ийг хөөсрүүлэгчээр ашиглалаа. Нүүрсний баяжуулалтын

судалгаанд хэрэглэсэн туршилтын бүдүүвчийг 1-р зурагт үзүүлээ.

Хөөсрүүлэгчийн тунг 1000 г/т байхаар тооцон авсан ба цуглуулагчийг хөөсрүүлэгчтэй 1:4 харьцаатайгаар хольж, соронзон хутгагчаар 5 минутын турш хутгаж хольсон. Баяжуулалт явуулахын өмнө дээжийг сайн хольж, туршилтад хэрэглэх дээжийг жинлэн авч туршилтыг явуулсан. Нүүрсний дээжийг усаар сайтар норгосны дараа цуглуулагчдыг нэмсэн ба ангижрах процессыг 2 мин –ийн турш үргэлжлүүлэв. Хөвүүлэгчийн хутгагч руу хөөсрүүлэгчийг нэмсний дараа дахин 30 секундйн турш ангижруулах үйлдлийг давтан хийв. Туршилтын явцад хутгагчийн хурд 1850 эрг/мин, агаарын урсгалын хурд 0.10 $\text{м}^3/\text{цаг}$ байв



1-р зураг. Баяжуулалтын туршилтын бүдүүвч

Баяжуулалт дууссаны дараа цэвэр хөвсөн хэсэг болон хаягдлыг вакуум шүүлтүүрээр шүүж тус тусад нь хатааж,

хөвсөн болон хаягдлын гарцыг жингийн аргаар тооцон, туршилтын дүнг баяжмалын үнсний хэмжээгээр үнэллээ.

ҮР ДҮН БА ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Судалгааны объектоор сонгож авсан Багануур болон Шивээ-Овоогийн ордын нүүрсний техникийн болон

элементийн найрлагыг тодорхойлсон дүнг 1-р хүснэгтэд үзүүлэв.

1-р хүснэгт. Нүүрсний техникийн болон элементийн найрлага, %

Дээж	Техникийн үзүүлэлтүүд				Элементийн шинжилгээ				
	Чийг, M^{ad}	Үнс, A^{ad}	Дэгдэмхий, V^{ad}	Холбоотой нүүрстөрөгч	C	H	N	S	O
Багануур	11.87	11.71	36.69	11.87	53.86	4.17	0.69	0.54	17.16
Шивээ-Овоо	12.17	8.82	38.43	12.17	56.51	4.69	0.55	0.50	16.76

Багануур болон Шивээ-Овоогийн ордын нүүрсний шинж чанар ойролцоо, 11.7 % болон 8.82 %-ийн үнстэй, 17.16% ба 16.76%-ийн хүчилтөрөгч тус тус агуулж байгаа нь доод чанарын хүрэн

нүүрс болохыг илтгэж байна. Туршилтад ашигласан хоёр ордын нүүрсний ширхэглэлийн хэмжээг үнсний хэмжээтэй нь харьцуулан 2-р хүснэгтэд үзүүлэв.

2-р хүснэгт. Нүүрсний ширхэглэл ба түүний үнсний хэмжээ

Ширхэглэлийн хэмжээ, мм	Багануур		Шивээ овоо	
	Гарц, %	Үнс, %	Гарц, %	Үнс, %
0.50-0.25	40.74	7.79	36.09	7.32
0.25-0.125	29.25	9.82	25.46	8.51
0.125-0.074	11.75	13.92	12.15	9.06
0.074-0.045	6.46	18.26	7.65	9.73
-0.045	11.80	24.59	18.64	11.84
эх нүүрсэнд	100.0	11.76	100.0	8.86

2-р хүснэгтээс харахад ширхэглэлийн хэмжээ багасах тутам үнсний хэмжээ ихсэх зүй тогтол харагдаж байгаа ба +0.125 мм-ээс дээш хэмжээтэй дээжийн гарц өндөр (69.99% ба 61.55%), үнс бага байна. Дунд зэргийн ширхэглэл болох 0.125-0.045мм бүхий фракцын гарцын хэмжээ хамгийн бага хувьтай байна. Цаашилбал, 0.045 мм-ээс бага ширхэглэлтэй фракцын хэмжээ Багануурын нүүрсэнд 11.80%, үнсний

агуулга нь 24.59% байгаа ба энэ фракцыг баяжуулах нь үндсэн зорилт гэж үзэж болно. Нүүрсний баяжуулалтын нэг чухал үзүүлэлт бол эх нүүрсний ширхэглэл үнсний гарцад хэрхэн нөлөөлж буй харахаас гадна тухайн фракцын нягт мөн үнсэнд хэрхэн нөлөөлж буйг харах явдал юм. Иймд хоёр ордын нүүрсний баяжмал ба үнсний нягтыг тодорхойлж 3-р хүснэгтэд үзүүлэв.

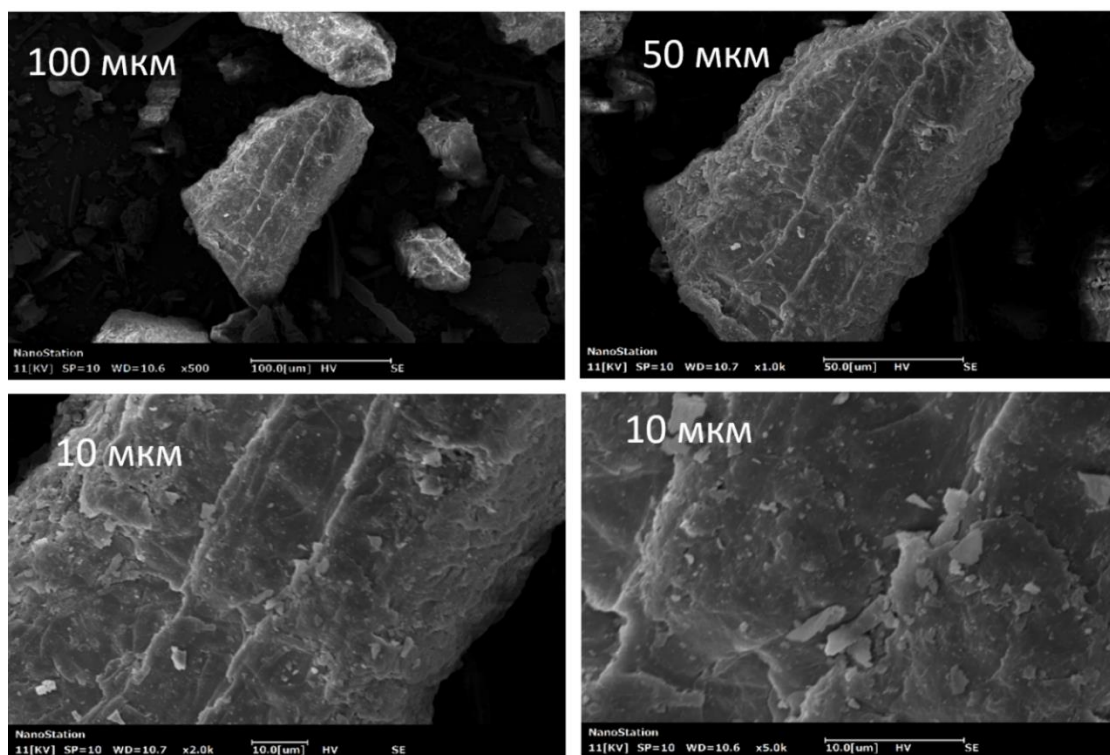
3-р хүснэгт. Нүүрсний нягтын шинжилгээний үзүүлэлтүүд

Нягт, г/см ³	Багануур		Шивээ овоо	
	Гарц, %	Үнс, %	Гарц, %	Үнс, %
-1.3	51.22	7.15	14.60	6.02
1.3-1.4	43.36	10.91	22.91	5.56
1.4-1.5	3.65	31.88	58.74	8.07
1.5-1.6	1.04	55.97	3.00	11.94
+1.6	0.74	61.94	0.74	35.78
эх нүүрсэнд	100.0	10.59	100.0	7.52

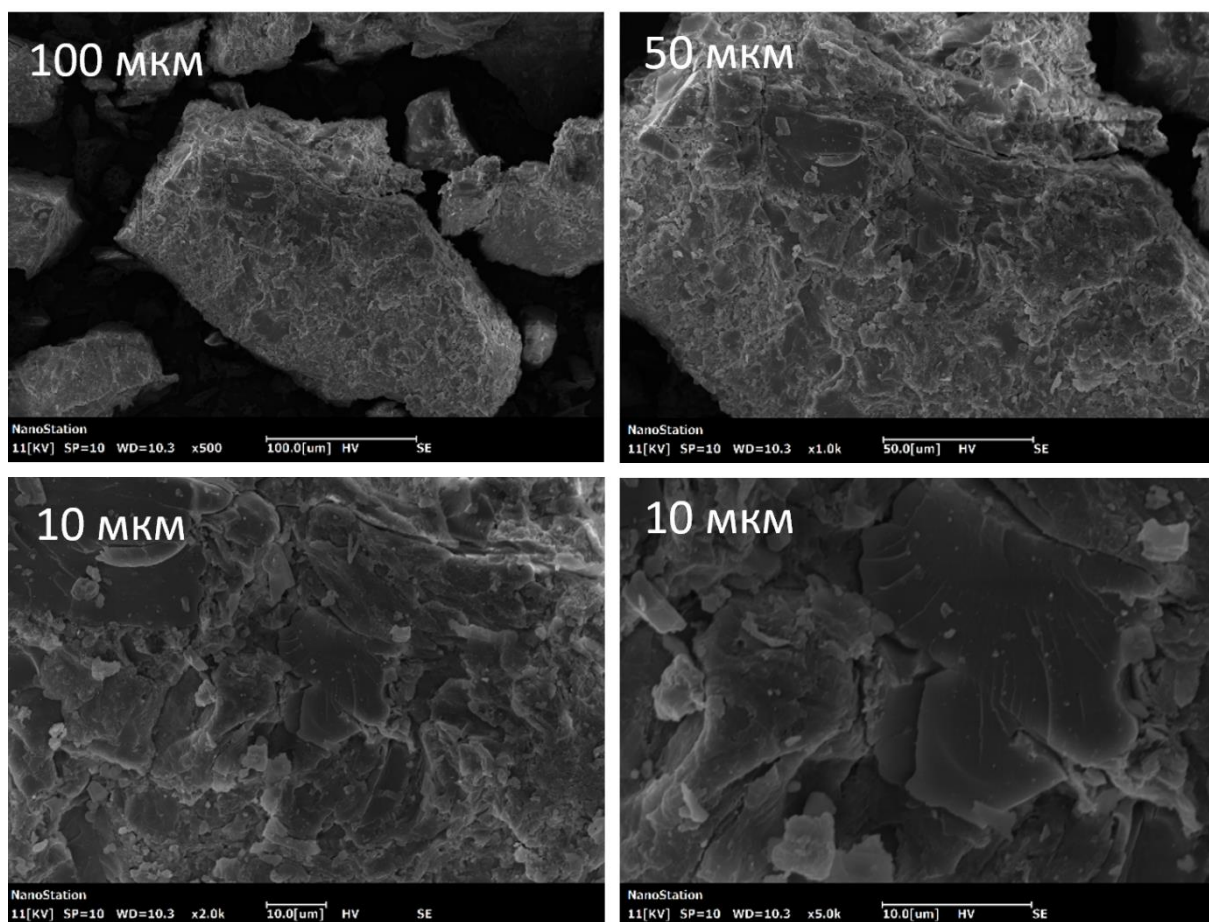
Эх нүүрсэнд нягт тодорхойлсон 3-р хүснэгтээс харахад хоёр ордын дээжийн хувьд Багануур ордын хүрэн нүүрсний хувьд 94.58 % нь 1.4 г/см³-ээс бага нягттай байгаа бол, Шивээ-Овоогийн ордын нүүрсний хувьд 1.4-1.5 г/см³-ийн нягттай хэсэг ихэнх хэсгийг буюу 58.74%-ийг эзэлж байна. Багануурын дээжийн хувьд 1.3 г/см³-ээс бага нягттай хэсэг нь үнс багатай байсан бол Шивээ-Овоогийн хувьд 1.5 г/см³-ээс хөнгөн хэсэг нь үнс багатай байна.

Багануур болон Шивээ-Овоогийн нүүрсний дээжийн электрон микроскопын дүрсийг 2 ба 3-р зурагт тус

тус үзүүлэв. Багануурын ордын дээжийн электрон микроскопын зургаас (2-р зураг) харахад, гадаргуу жигд, харин 100 мкм нарийвчлалтай дүрснээс харахад тодорхой хагарлууд бүхий барзгар гадаргуутай нүх сүвэрхэг хэсэг харагдаж байгаа ба нарийвчлалыг ихэсгэхэд гадаргууд шаварлаг бүтэц илүү зонхилж байгаа нь харагдаж байна. Шивээ-Овоогийн ордын нүүрсний хувьд харьцангуй нүх сүв, ан цав багатай, гөлгөр гадаргуутай боловч нарийвчилсан харууцад маш нарийн ширхэгтэй хэсгүүд хагарал ихтэй байв.



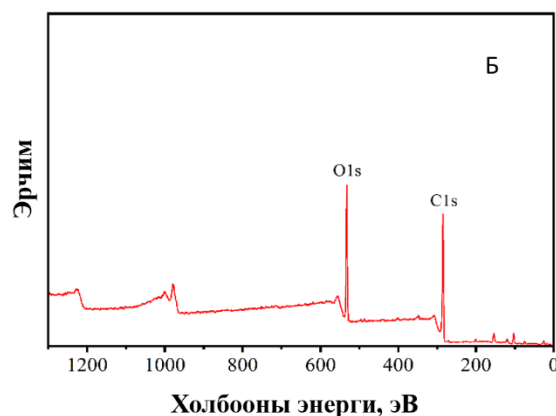
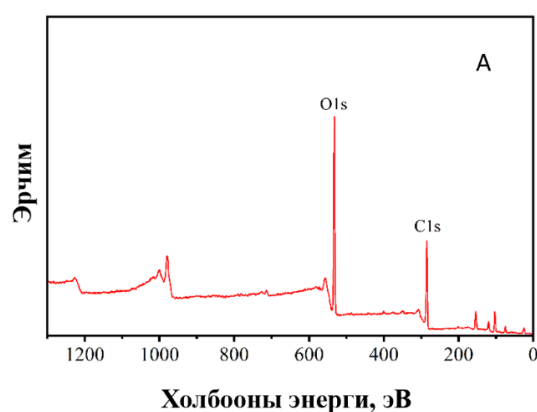
2-р зураг. Багануурын ордын нүүрсний электрон микроскопын 100мкм, 50мкм, 10мкм нарийвчлалтай дүрснүүд



3-р зураг. Шивээ-Овоогийн ордын нүүрсний электрон микроскопын 100мкм, 50мкм, 10мкм нарийвчлалтай дүрснүүд

Багануур болон Шивээ-Овоогийн нүүрсний гадаргуу дахь элементийн найрлагыг рентген туяаны фотоэлектрон спектроскопын аргаар тодорхойлж

спектрийг 4-р зурагт, хагас тоон үзүүлэлтийг 4-р хүснэгтэд тус тус харууллаа.



4-р зураг. Нүүрсний фотоэлектрон туяаны энергийн өргөн спектр а. Багануур, б. Шивээ-Овоо

Рентген туяаны фотоэлектрон спектроскопоор тодорхойлсон дүнгээс харахад 2 ордын нүүрсний дээжүүд

хоёулаа тодорхой хэмжээний цахиур, хөнгөн цагаан агуулж байгаагаас гадна Багануурын нүүрс Шивээ-Овоогийнхтэй

харьцуулахад нүүрстөрөгчөөс
 хүчилтөрөгч илүүтэйгээр, харин Шивээ-
 Овоогийн нүүрсний хувьд

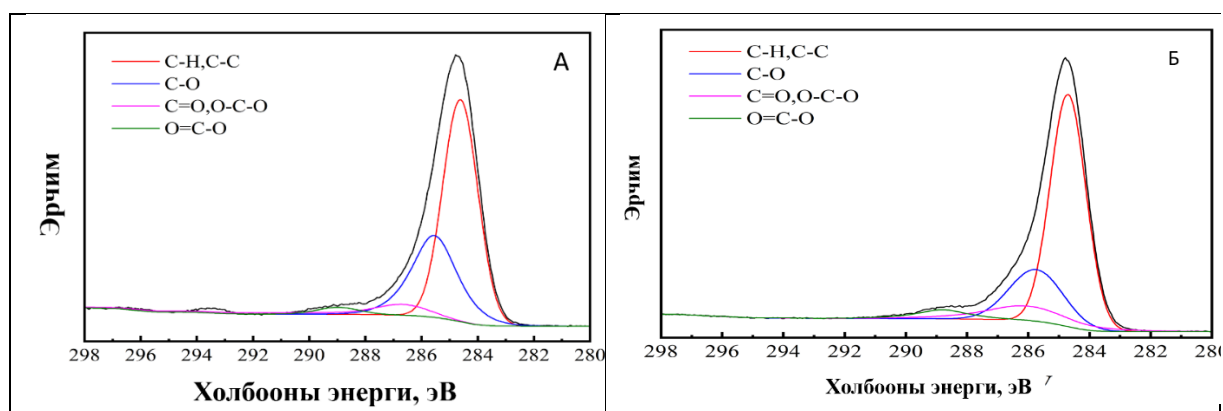
нүүрстөрөгчийг харьцангуй илүү
 агуулсан нь харагдаж байна.

4-р хүснэгт. Нүүрсний гадаргуу дахь атомуудын агуулга

Үзүүлэлтүүд	C	O	N	Si	Al	бусад
Багануур	42.35	38.30	1.84	9.86	5.33	2.32
Шивээ овоо	61.30	27.12	1.57	5.72	2.89	1.40

Багануур ба Шивээ-Овоогийн
 нүүрсний рентген фотоэлектрон туяаны
 нарийн муж дахь спектрийг 5-р зурагт,

мөн хагас тоон үзүүлэлтүүдийг 5-р
 хүснэгтэд тус тус үзүүлэв.



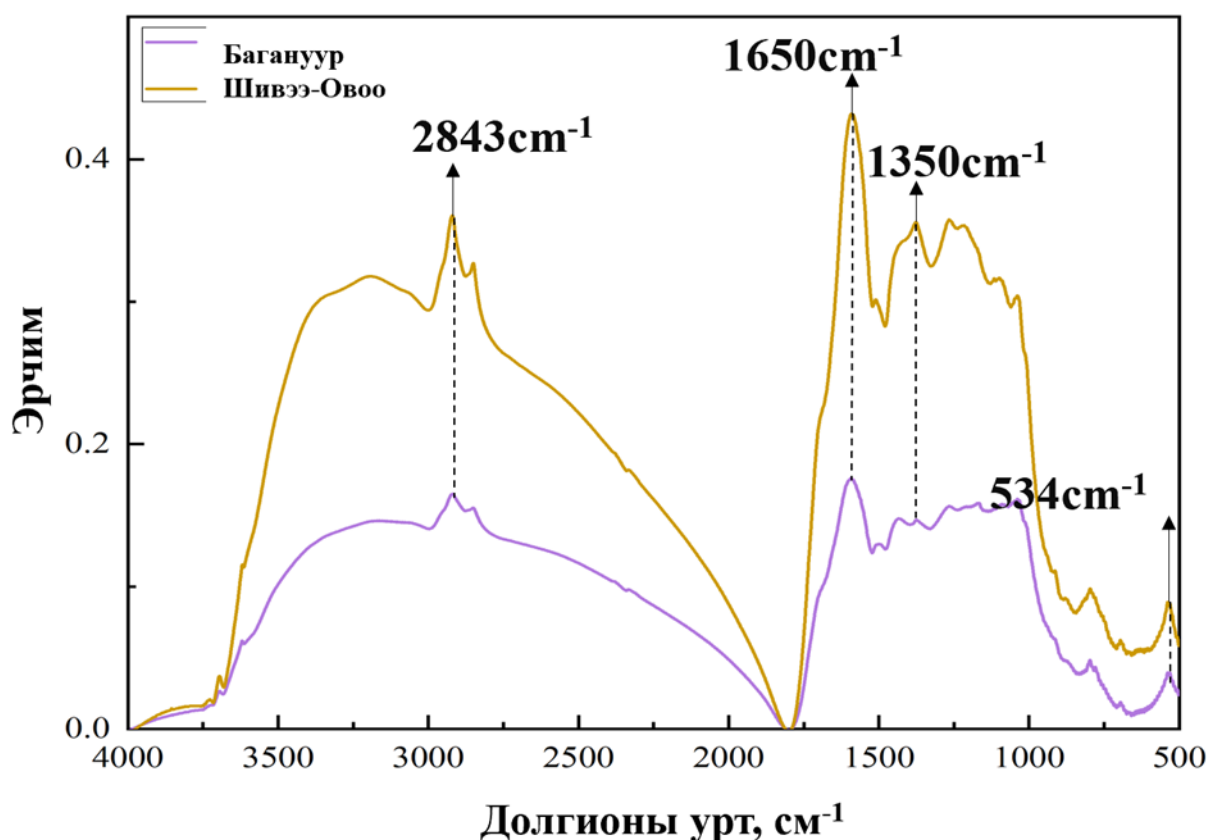
**5-р зураг. Нүүрсний фотоэлектрон туяаны нарийвчилсан муж дахь спектрүүд
 а. Багануур, б. Шивээ-Овоо**

5-р хүснэгт. Нүүрсний гадаргуу дахь нүүрстөрөгчийн бүлгийн агуулга

Үзүүлэлтүүд	C-C, C-H	>C-O-	>C=O	O=C-O-
Багануур	60.07	30.59	5.04	4.30
Шивээ-Овоо	63.26	22.65	9.65	4.44

5-р зураг болон 5-р хүснэгт дэх
 нарийвчилсан муж дахь спектрийн
 үзүүлэлтүүдээс харахад C-C болон C-H
 бүлгийн агуулга Багануурт 60.07 %,
 Шивээ-Овоод 63.23 %, хүчилтөрөгч
 агуулсан бүлгийн хэмжээ Багануурт
 39.93 %, Шивээ-Овоод 36.74 % байна.
 Өөрөөр хэлбэл, баяжуулалтад саад
 болдог гидрофил бүлгүүдийн агуулга
 Багануурт Шивээ-Овоогоос илүү өндөр
 байна [24]. Хүчилтөрөгч бүхий

бүлгүүдээс C-O ба C=O -ийн агуулга
 Багануурт 35.64 % ба Шивээ-Овоод 32.3
 % буюу эдгээр бүлгүүд голлон
 агуулагдаж байна. Хоёр нүүрсний хувьд
 дээрх бүлгүүд голлон агуулагдаж
 байгаагаас гадна Шивээ-Овоогийн
 нүүрсний хувьд C=O агуулга
 Багануурынхаас бараг 2 дахин өндөр
 байна. Багануур ба Шивээ-Овоогийн
 нүүрсний НУТ-ны спектрийн дүнг 6-р
 зурагт үзүүлэв.



6-р зураг. Багануур ба Шивээ-Овоогийн нүүрсний НУТ спектр

Ордуудын нүүрсийг НУТ-ны спектрийн аргаар судалж, спектрийг 500-4000 см⁻¹ хэмжилтийн мужид тодорхойлсон ба 3300 см⁻¹ орчимд дотоод, гадаад чийг ба органик масст байгаа гидроксил –ОН бүлгийн эрчим багатай мохоо шингээлт ажиглагдаж байгаа бол 2843-2731 см⁻¹ мужуудад альдегидын С-Н шингээлт, >CH₂ болон >CH- ийн бүлгүүд бүхий алифатик нэгдлийн эрчим сайтай шингээлтүүд, 1350-1650 см⁻¹ шингээлтэд ароматик нэгдлүүдтэй холбогдсон -C=C- бүлгийн эрчим сайтай шингээлт мөн карбоксилын бүлэг бүхий нэгдлүүд ажиглагдаж байна. Мөн 534 см⁻¹ дэх пик нь цахиурын оксидын (Si-O) шингээлтийг илэрхийлсэн байна [25].

Баяжуулалтын судалгаанд сонгож авсан Багануур ба Шивээ-Овоогийн

нүүрсийг хөвүүлэн баяжуулж, туршилтын дүнг 6 ба 7-р хүснэгтэд тус тус үзүүлээ. Багануурын ордын хүрэн нүүрсний хөвүүлэн баяжуулах туршилтад цуглуулагчаар дизел, хөөсрүүлэгчээр 2-октанол (C₈H₁₈O)-ыг хэрэглэх үед хөвсөн фракцын хэмжээ харьцангуй бага, эхний баяжуулалтаар 10.35 % ийн үнстэй 23.86%-ийн гарцтай завсрын фракц гарсан ба ихэнх нүүрс хөвөлгүй, живсэн байна. Живсэн хэсгийн хэмжээ 76.14 % байсан ба түүнийг хаягдал 1 (X1) гэв. Завсрын бүтээгдэхүүнийг цааш нь үргэлжлүүлэн баяжуулахад түүнээс 9.12 %-ийн үнстэй 14.51 %-ийн гарцтай завсрын бүтээгдэхүүн 2-ыг гарган авсан ба 12.25 %-ийн үнстэй X2 үүссэн болно.

6-р хүснэгт. Багануур ордын нүүрсний хөвүүлэн баяжуулах туршилтын дүн

Бүтээгдэхүүн	Цуглуулагч: Дизель						Цуглуулагч: ургамлын тос					
	Гарц, %	Үнс, %	Хөвсөн фракц		Живсэн фракц		Гарц, %	Үнс, %	Хөвсөн фракц		Живсэн фракц	
			Гарц, %	Үнс, %	Гарц, %	Үнс, %			Гарц, %	Үнс, %	Гарц, %	Үнс, %
ЦН	8.74	8.59	8.74	8.59	100.0	11.79	36.50	10.96	36.50	10.96	100.0	11.60
X4							20.32	10.79	56.81	10.90	63.50	11.97
X3	5.78	9.92	14.51	9.12	91.26	12.10	16.76	11.35	73.58	11.00	43.19	12.52
X2	9.35	12.25	23.86	10.35	85.49	12.25	6.69	11.46	80.27	11.04	26.42	13.27
X1	76.14	12.24	100.00	11.79	76.14	12.24	19.73	13.88	100.0	11.60	19.73	13.88
Нийт	100.0	11.79					100.0	11.60				

*тайлбар. X1-X4-өөр хаягдал нүүрсийг буюу живсэн фракцуудыг илэрхийлэв. ЦН- цэвэр нүүрс.

Завсрын бүтээгдэхүүн 2 -ыг цааш баяжуулан 9.12 %-ийн үнстэй Завсрын бүтээгдэхүүн 3 ба 9.92 %-ийн үнстэй X3 -ыг гарган авсан болно. Завсрын бүтээгдэхүүн 3-ыг цааш баяжуулан баяжмал буюу цэвэр нүүрс гаргаж авсан ба түүний үнс 8.59 %, гарц 8.74 % байлаа. Анхны нүүрсний үнс 11.79 %-иас 8.59 % болтлоо буурсан боловч дөнгөж 8.74 %-ийн гарцтай байна. Харин

цуглуулагчаар ургамлын тосыг авч хэрэглэснээр баяжмалын гарц 36.5 % хүртлээ нэмэгдсэн боловч, үнс нь дөнгөж 10.96 % болтлоо буурсан байна. Өөрөөр хэлбэл ургамлын тосыг хэрэглэхэд Багануурын нүүрсний эрдэс хэсэг буурсангүй. Ижил туршилтыг Шивээ-Овоогийн нүүрс дээр хийсэн болно.

7-р хүснэгт. Шивээ-Овоогийн ордын нүүрсний хөвүүлэн баяжуулах туршилтын дүн

Бүтээгдэхүүн	Цуглуулагч: Дизель						Цуглуулагч: ургамлын тос					
	Гарц, %	Үнс, %	Хөвсөн фракц		Живсэн фракц		Гарц, %	Үнс, %	Хөвсөн фракц		Живсэн фракц	
			Гарц, %	Үнс, %	Гарц, %	Үнс, %			Гарц, %	Үнс, %	Гарц, %	Үнс, %
ЦН	15.43	8.35	15.43	8.35	100.00	8.78	25.37	8.84	25.37	8.84	100.00	8.51
X4	6.57	7.78	22.00	8.18	84.57	8.86	9.56	8.17	34.93	8.66	74.63	8.39
X3	6.76	8.47	28.75	8.25	78.00	8.95	12.72	8.64	47.66	8.65	65.07	8.43
X2	8.04	9.52	36.80	8.53	71.25	9.00	9.84	8.91	57.49	8.70	52.34	8.38
X1	63.20	8.93	100.00	8.78	63.20	8.93	42.51	8.25	100.0	8.51	42.51	8.25
Нийт	100.0	8.78					100.0	8.51				

Шивээ-Овоогийн ордын хүрэн нүүрсний туршилтад цуглуулагчаар дизель, хөөсрүүлэгчээр 2-октанол ($C_8H_{18}O$)-ийг хэрэглэсэн үед баяжмалын

гарц 15.43 %, ургамлын тосыг цуглуулагчаар авсан үед баяжмалын гарц бага зэрэг нэмэгдэж 25.37 % болсон боловч, баяжмал дахь үнсний хэмжээ

буураагүй болно. Дээрх үзүүлэлтүүдээс харахад Багануурын нүүрсний баяжуулалтад дизелийн түлш хэрэглэх бололцоотой харагдаж байгаа боловч

гарц бага, харин Шивээ-Овоогийн нүүрсэнд цуглуулагчаар дизель, эсвэл ургамлын тос хэрэглэх нь тохиромжгүй байна гэж дүгнэлээ.

Талархал

Уг судалгааны ажлыг БНХАУ-тай хамтарсан төслийн хүрээнд

(CHN2023/70) ШУТСан-гийн санхүүжилтээр хийж гүйцэтгэв.

ДҮГНЭЛТ

1. Судалгааны объектоор сонгож авсан Багануур ба Шивээ-Овоогийн ордын нүүрсийг НУТ-ны спектрийн, электрон микроскоп болон рентген туяаны фотоэлектрон спектроскопын аргаар шинжиллээ.
2. Багануур болон Шивээ-Овоогийн ордын нүүрсний ширхэглэлийн хэмжээг түүний үнстэй харьцуулахад ширхэглэлийн хэмжээ багасах тусам үнсний хэмжээ нэмэгдэж байна.
3. Багануур болон Шивээ-Овоогийн ордуудын нүүрсний гадаргуугийн шинж чанарыг тодорхойлоход, хоёр нүүрс хоёулаа нүх сүвэрхэг бүтэцтэй, гадаргууд нарийн ширхэгтэй хэсгүүд наалдамхай байгаагаас гадна, нүүрсний гадаргууд гидрофил шинжтэй, хүчилтөрөгч агуулсан функциональ бүлгүүд зонхилж байна.
4. Фотоэлектрон туяа нарийн муж дахь (C1s-ийн) спектр, НУТ-ны спектрийн дүнгээс үзэхэд хоёр ордын нүүрсний дээжүүдэд C–O болон C=O бүлгүүд нь хүчилтөрөгч агуулсан функциональ бүлгүүдийг голлон төлөөлж байгаагийн зэрэгцээ гидрофил шинж чанарыг нэмэгдүүлдэг тул хөвүүлэн баяжуулалтын чухал үүрэгтэй.
5. Багануур ба Шивээ-Овоогийн нүүрсний хөвүүлэн баяжуулалтын туршилтад цуглуулагчаар дизелийг ашиглахад Багануурын нүүрсэнд илүүтэйгээр нөлөөлж байсан бол, ургамлын тос ашиглахад хоёр нүүрсний хөвсөн хэсгийн хэмжээг нэмэгдүүлэхээс, баяжуулалтад ямар нэг нөлөө алга гэж үзлээ.

АШИГЛАСАН ХЭВЛЭЛ

1. Li, H., W.Peng, D.Zhu, J.Gu, Y.Wu, S.Huang, A review of low-rank coals liquefaction processes containing water and syngas (or CO), *Fuel*, 2023, 332, 2, 126260, <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.126260>
2. M.Asaro & R.M. Smith, 2012, Coal to Liquids Technologies, In: Meyers, R.A. (eds) Encyclopedia of Sustainability Science and Technology. Springer, New York, NY., https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0851-3_73
3. T.D.Mai, E.Sebe, T.Koós, A.A.Kállay, The multi-stage gasification process of low-rank coal samples from gravity separation process, *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering*, 2024, 19(2), e3089, <https://doi.org/10.1002/apj.3089>
4. C.Cheng, M.Gao, Z.Miao, K.Wan, Q.He. Structural changes mechanism of lignite during drying: Correlation between macroscopic and microscopic, *Fuel*, 2023, 339, 126955, <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.126955>

5. J. He, Q. Yao, M. Zhang, B. Yang, L. Zhu, H. Chen, X. Zhang, Study on integration of drying and separation for lignite by hot airflow gas–solid fluidized bed, *Fuel*, 2023, 341, 127557, <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.127557>
6. P.N.Kuznetsov, Z.R.Ismagilov, L.I.Kuznetsova, B.Avid, X.Fan, E.S.Mikhailova, The composition and properties of soluble products from the coal thermosolvolytic with hydrocarbon residues and blends as solvents, *Eurasian chemical-technological journal*, 2022, 24 (3), 183-190, <https://doi.org/10.18321/ectj1431>
7. V.A.Safin, P.N.Kuznetsov, B.Avid, L.I.Kuznetsova, X.Fan, The relationship between the molecular composition of coal and the conversion of its organic matter during thermal dissolution, *Carbon letter*, 2022, 32 (4), 1101-1109, <https://doi.org/10.1007/s42823-022-00344-8>
8. B.Avid, M.Battsetseg, B.Purevsuren, G.Shiirav, P.N.Kuznetsov, L.I.Kuznetsova, E.S.Kamenskii, Properties of pitch like materials obtained using coal extraction, *Carbon letters*, 2022, 32 (2), 605-614, <https://doi.org/10.1007/s42823-021-00297-4>
9. C.Li, T.Takanohashi, T.Yoshida, S.Ikuo, H.Aoki, K.Mashimo, Effect of acid treatment on thermal extraction yield in ashless, coal production. *Fuel*, 2004, 83, 727–732, <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2003.06.002>
10. T.Yoshida, T.Takanohashi, K.Sakanishi, I.Saito, M.Fujita, K.Mashimo, Relationship between thermal extraction yield and softening temperature for coals, *Energy and Fuels*, 2002, 16 (4), 1006- 1007, <https://doi.org/10.1021/ef010244k>
11. Ж. Нарангэрэл. “Нүүрсний хими, технологийн үндэс” УБ. Адмон ХХК, 2021, 263.
12. G.Huang, J.Xu, P.Geng and J.Li, Carrier Flotation of Low-Rank Coal with Polystyrene, *Minerals*, 2020, 10(5), 452, <https://doi.org/10.3390/min10050452>
13. Э.Энхцэцэг, Б.Бямбагар, Н.Баттулга. “Хатуу түлшний боловсруулалтын технологи” УБ. ШУТИС хэвлэлийн газар, 2017, 72
14. Z.Chang, X.Chen, Y.Peng, The interaction between diesel and surfactant Triton X-100 and their adsorption on coal surfaces with different degrees of oxidation. *Powder Technology*, 2019, 342, 840–847, <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2018.10.047>
15. Y.Wang, Y.Zhou, Q.He, Y.Xing, X.Bao, X.Gui, L.Wang, Research on Mechanisms of Improving Flotation Selectivity of Coal Slime by Adding Sodium Polyphosphate. *Minerals*, 2022, 12, 1392, <https://doi.org/10.3390/min12111392>
16. C.Zhu, Y.Xing, Y.Xia, Y.Wang, G.Li, X.Gui, Flotation intensification of low-rank coal using a new compound collector. *Powder Technology*, 2020, 370, 197–205, <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2020.05.027>
17. W.Zhou, S.Wang, L.Wang, C.Cai, J.Li, L.Liu, J. Zhu, F.Min, Study on Dispersion and Mixing Mechanism of Coal Slime Particles in Jet Mixing Flow Field. *Minerals*, 2023, 13, 13, <https://doi.org/10.3390/min13010013>
18. Y.Xia, D.Fang, P.Qu, Y.Li, Interfacial Adhesion between Fatty Acid Collectors and Hydrophilic Surfaces: Implications for Low-Rank Coal Flotation. *Molecules*, 2022, 27, 4392, <https://doi.org/10.3390/molecules27144392>
19. X.Hu, Z.Tong, J.Sha, M.Bilal, Y.Sun, R.Gu, C.Ni, C.Li, Y.Deng, Effects of Flotation Reagents on Flotation Kinetics of Aphanitic (Microcrystalline) Graphite. *Separations*, 2022, 9, 416, <https://doi.org/10.3390/separations9120416>
20. Y.Liao, X.Song, M.An, Z.Yang, X.Hao, H.Ren, Effect of Dodecane-Oleic Acid Collector Mixture on the Evolution of Wetting Film between Air Bubble and Low-Rank Coal. *Minerals*, 2021, 11, 58, <https://doi.org/10.3390/min11010058>.
21. X.Bao, Y.Xing, Q.Liu, J.Liu, S. Dai, X.Gui, J.Li, Z.Yang, Investigation on mechanism of the oleic acid/methyl oleate/diesel ternary compound collector in low-rank coal flotation. *Fuel*, 2022, 320, 123894, <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.123894>

22. Б.Пүрэвсүрэн, Я.Даваажав, Р.Эрдэнэчимэг. “Монгол орны зарим томоохон ордын нүүрсний судалгаа”, УБ. 2010, 16-35
23. Я.Даваажав, Б.Пүрэвсүрэн, С.Батбилэг, Ж.Намхайноров. “Нүүрсний химийн задлан шинжилгээ”, УБ. 2013, 16-35
24. T.Grzybek, R.Pietrzak, H.Wachowska, X-ray photoelectron spectroscopy study of oxidized coals with different sulphur content. *Fuel Processing Technology*, 2002, 77–78, 1–7, [https://doi.org/10.1016/S0378-3820\(02\)00058-9](https://doi.org/10.1016/S0378-3820(02)00058-9)
25. Д.Монхообор, Г.Батчимэг. “Молекулын бүтэц ба спектроскопи” УБ. 2009, 15-35

Effect of collectors on flotation of Baganuur and Shivee-Ovoo coals

J.Namkhainorov¹, B.Munkhtsetseg¹, G.Shiirav¹, Y.Xing², B.Purevsuren¹,
B.Avid¹, N.Navchtsetseg^{1*}

¹*Institute of Chemistry and Chemical Technology, Mongolian academy of Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia*

²*China University of Mining and Technology, Xuzhou, China*

*navchtsetseg@mas.ac.mn

Abstract. This study examines the flotation of Baganuur and Shivee-Ovoo low rank coal, using plant oil and diesel fuel as collectors, and their effects on the flotation process. Technical and elemental analysis was performed on the coal samples, and the relationship between particle size and ash content was determined. To study the surface properties of the coal, evaluations were made using SEM, X-ray Photoelectron spectroscopy and Fourier transform infrared spectroscopy. When using diesel fuel and plant oil for flotation of coal, plant oil has a higher flotation recovery than diesel fuel. However, both collectors provided poor selectivity in the flotation process.

Keywords: *Infrared spectroscopy, flotation, collector*

© Author (s), 2024



Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>