



**Монгол орны Тамсагбулаг, Цагаан-Элсний ордуудын нефтийн атмосфер
үлдэгдлийн дулааны крекингийн харьцуулсан судалгаа**

Баянмөнх Мягмаргэрэл¹, Оргилбулаг Мягмаржав¹, Батчулуун Хонгорзул¹, Мөнхсайхан Анужин¹,
Уламбаяр Баясгалан¹, Баясгалан Хулан^{1*}

¹Органик химийн лаборатори, Хими, Химийн Технологийн Хүрээлэн, Шинжлэх Ухааны Академи,
Улаанбаатар 13330, Монгол улс

*E-mail: khulanb@mas.ac.mn
ORCID: [0000-0002-2438-9757](https://orcid.org/0000-0002-2438-9757)

Хүлээн авсан: 26.10.2023

Хяналтад: 07.11.2023

Хэвлэлтэд авсан: 05.12.2023

Хураангуй: Манай орны Тамсагбулаг (ТБ-XIX), Цагаан-Элсний (ЦЭ-XIV) ордын нефть, тэдгээрийн атмосфер үлдэгдлийн физик-химийн үзүүлэлтүүд, элементийн болон бүлгийн бүрэлдэхүүнийг харьцуулан судалж, улмаар дулааны крекинг процессд оруулан шингэрүүлж, түлшний фракцын гарцыг нэмэгдүүлэх боломжийг судалсан. Эдгээр нефть болон атмосфер үлдэгдлүүд нь өтгөн царцамтгай, дундаж нягттай, найрлагадаа асфальтен-давирхайлаг нэгдлүүдийн агуулга харьцангуй бага, маслын агуулга өндөртэй бөгөөд ТБ-ийн нефть нь 53.8%, ЦЭ-ний нефть 73.63%-ийн атмосфер үлдэгдлийн агуулгатай байна. Нефтийн үлдэгдлийг 50 мл-ын багтаамжтай ган реакторт хийж 450°C-ийн температурт 4 атм азотын даралтын орчинд 60 болон 120 минутын турш дулааны крекингийн процессд оруулсан.

ТБ-ийн нефтийн үлдэгдлийн дулааны крекингийн дүнд 88.6%, ЦЭ-ний үлдэгдлээс 56.33%-ийн шингэн бүтээгдэхүүн үүссэнээс гадна дагалдах хий болон хагуу үлдэгдэл үүссэн. ТБ-ийн нефтийн атмосфер үлдэгдлийн дулааны крекингийн дүнд үүссэн шингэн бүтээгдэхүүн нь 11.93-12.02% бензин, 22.57-27.61%-ийн дизель, ЦЭ-ний нефтийн хувьд 13.52-18.19%-ийн бензин, 19.47-20.69%-ийн дизелийн фракцын агуулгатай байна. Үүссэн шингэн бүтээгдэхүүний бүлгийн бүрэлдэхүүн, алканы НУ-дийн хроматограммын дүнгээс харахад өндөр молекулт НУ-чид болон урт гинжин хэлхээтэй алканы нүүрсустөрөгчид задарч бага молекулт нүүрсустөрөгчид үүсч байна. Энэхүү судалгааны дүнд хөнгөн фракцын гарц багатай, өндөр парафинт нефтийн атмосфер үлдэгдлийг дулааны крекинг процессд оруулан шингэрүүлж, бензин, дизелийн фракцын гарцыг нэмэгдүүлэх, үлдэгдлийг гүн боловсруулах боломжтойг судлан тогтоов.

Түлхүүр үг: нефть, крекинг, атмосфер үлдэгдэл, нүүрсустөрөгчид

ОРШИЛ

Нефть нь олон төрлийн нүүрсустөрөгчдийн хольцоос тогтох бөгөөд боловсруулах үндсэн технологи нь нефтийг даралт, температур, катализаторын оролцоотой гүнзгий боловсруулах крекинг процесс юм. Энэ нь урт хэлхээтэй нийлмэл бүтэцтэй нүүрсустөрөгч бүхий нэгдлүүдийг задлах замаар бага молекулт хөнгөн нүүрсустөрөгчдөд хувиргахад оршино [1,2]. Дэлхийн хэмжээнд хөнгөн, дунд төрлийн түүхий нефтийн нөөц хомсдож байгаатай холбоотойгоор хүнд нефтийг гүнзгий боловсруулан түлшний фракцын гарцыг нэмэгдүүлэх арга технологи нилээд шаардлагатай болсон. Сүүлийн үед нефтийн түүхий эдийг боловсруулан бензин болон дизель түлшний гарцыг нэмэгдүүлэх, бүтээгдэхүүний чанарыг сайжруулах зорилгоор гидрокрекинг процессыг өргөн ашиглаж байна. Энэ нь нефтийг устөрөгчийн оролцоотой крекинг процессд оруулах бөгөөд гарган авсан бүтээгдэхүүн нь чанар сайтай боловч устөрөгчийн зарцуулалт өндөр, эдийн засгийн өртөг өндөр байдаг. Иймд тетралин, декалин, ус зэрэг устөрөгчийн донор нэгдлүүдийн оролцоотой крекинг процессд оруулах технологийн судалгаа нилээн

хийгдэж байна [3-6].

Мөн өндөр молекулт нэгдлүүд (асфальтен-давирхайлаг нэгдлүүд) багатай нефтийг боловсруулахад дулааны крекинг аргыг ашиглан шингэрүүлэх нь өртөг багатай, технологийн хувьд хялбар арга юм. Энэ нь найрлагандаа парафин-нафтены төрлийн нүүрсустөрөгчид зонхилсон урт хэлхээтэй нүүрсустөрөгчдийг өндөр температурт дулааны задралд оруулан шингэрүүлэхэд үндэслэгддэг [7,8].

Манай орны хувьд өмнөд болон зүүн өмнөд хэсэгт газрын тосны орд газрууд тархан байршдаг бөгөөд одоогийн байдлаар Дорнод аймгийн нутаг дэвсгэрт Тамсагбулаг, Дорноговь аймагт Зүүнбаян, Цагаан-Элсний нефтийн ордуудын хайгуул, олборлолтын ажил хийгдэж, нийт 333.789 сая тонн газрын тосны нөөц бүртгэгдсэнээс 43.4 сая тонн ашиглалтын баталгаат нөөцтэй гэж Монгол Улсын Ашигт малтмалын нөөцийн санд бүртгэгдсэн байна [9]. Бидний өмнөх судалгааны дүнд Тамсагбулаг, Цагаан-Элс болон Зүүнбаянгийн ордуудын нефть нь бензин, дизелийн түлшний фракцын гарц бага, хүнд үлдэгдлийн агуулга (40~50%) өндөртэй,



Зураг 1. Монгол улсын газрын тосны ордуудын байршлын зураг

нүүрсустөрөгчдийн найрлагын хувьд алканы нүүрсустөрөгчид 22-29%, нафтены эгнээний нүүрсустөрөгчид 32-36%, нийт ароматик нүүрсустөрөгчдийн агуулга 26-29% агуулгатай, өтгөн царцаттай шинж чанартай, ангиллын хувьд парафин-нафтены нефтийн төрөлд хамаарагдаж байна [10,11]. Иймд үлдэгдлийн гарц өндөртэй эдгээр ордуудын нефтийг гүнзгий боловсруулан, түлшний фракцуудын гарцыг нэмэгдүүлэх арга технологийг бий болгох шаардлагатай юм.

Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд парафины өндөр агуулгатай нефтийн атмосфер үлдэгдлийг өртөг багатай дулааны аргаар боловсруулан шингэрүүлж, түлшний фракцын гарцыг нэмэгдүүлэх боломжийг судаллаа.

СУДАЛГААНЫ МАТЕРИАЛ, АРГА ЗҮЙ

Материал: Монгол орны Дорноговь аймгийн Зүүнбаян сумын нутагт орших Цагаан-Элсний (ЦЭ) XIV талбайн 2100-2300 м, Дорнод аймгийн Матад сумын нутаг дэвсгэрт орших Тамсагбулагийн ордын XIX талбайн 2300-3900 м-ийн гүнээс олборлосон нефтийн дээжийг тус тус ашиглав.

Туршилт, арга зүй: Нефтийн дээжийг урьдчилан усгүйжүүлэн, механик хольцоос салгаж,

атмосферын даралтад буцалж эхлэхээс б.э-220°C, вакуум орчинд 220-350°C хүртэл фракцлан нэрж 350°C дээш нэрэгдэх атмосфер үлдэгдлийг гарган авсан.

Судлагдаж буй дээжийн хувийн жин, зууралдлага, царцах болон дөл үүсэх температур, фракцын найрлага зэрэг үзүүлэлтүүдийг стандарт аргуудыг ашиглан тодорхойлсон [12].

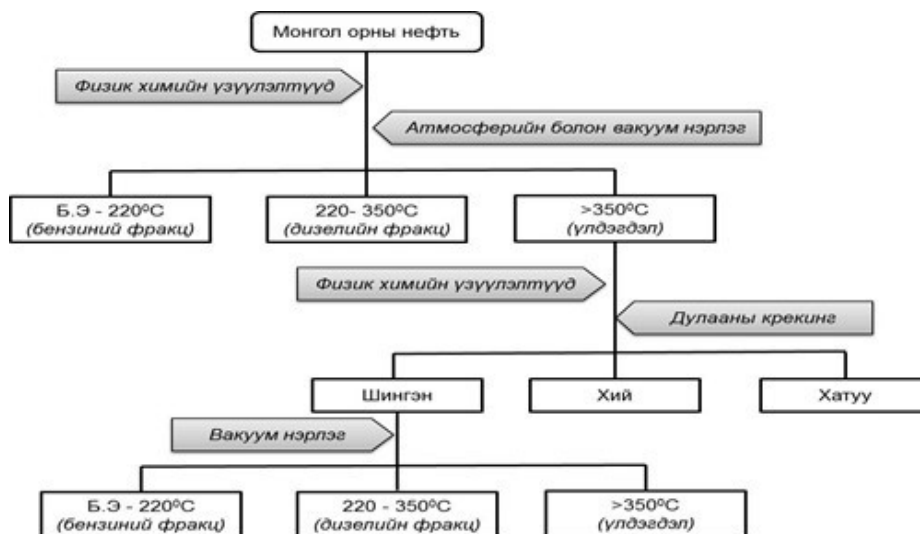
Нефтийн бүлгийн бүрэлдэхүүнийг тодорхойлоходоо асфальтеныг гексанаар тунадасжуулан ялгаж, шүүгдэст ууссан масло болон давирхайг АСК маркын силикагель дээр шингээж улмаар Сокслетын аппаратанд гексанаар хандлан маслын хэсгийг, үргэлжлүүлэн этилийн спирт:бензолын 1:1 хольцоор хандлан давирхайлаг нэгдлийг ялгах аргаар, элементийн найрлагыг TCD детектор бүхий “FlashSmart/Flash 2000 багажны тусламжтай тус тус тодорхойлсон. Нефтийн алканы нүүрсустөрөгчдийн найрлагыг “Thermo Scientific-Trace 1310GC-MS” спектрийн багажны тусламжтайгаар (TSQ8000-triple Quadrupole MS детектор бүхий TR5MS 60x0.25мм (Dx0.25µm колонк) тодорхойлов. 1.5 мл/мин урсгалын хурд бүхий гелийг зөөгч хий болгон ашиглав [13,14].

Нефтийн атмосфер үлдэгдлийн дулааны крекинг туршилтыг 50 мл-ын багтаамжтай ган реакторт 4 атм-ын даралт бүхий азотын орчин, 450°C-ийн температурт 60, 120 мин-ийн турш явуулсан.

Туршилтыг Зураг 2-т үзүүлсэн схемийн дагуу явуулав.

ҮР ДҮН, ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Судалж буй Тамсагбулаг (ТБ), Цагаан-Элс (ЦЭ)-ний ордуудын нефть, тэдгээрийн 350°C-ээс дээш нэрэгдэх атмосфер үлдэгдлийн физик-химийн үзүүлэлт, элементийн, бүлгийн найрлагыг тогтоож, дүнг 1-р хүснэгтэд үзүүлэв. Хүснэгт 1-ээс харахад эдгээр ордуудын нефть болон атмосфер үлдэгдлүүд нь өтгөн царцаттай төлөв байдалтай, дундаж

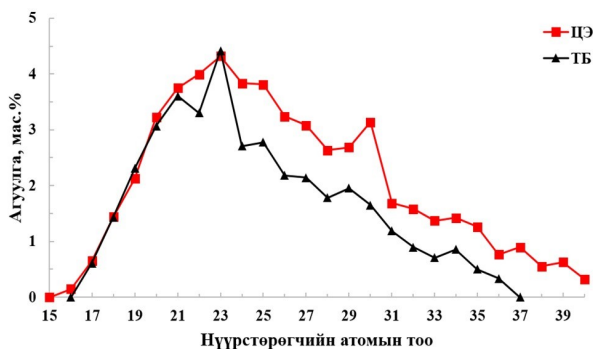


Зураг 2. Нефтийн атмосфер үлдэгдлийн дулааны крекинг явуулсан схем

Хүснэгт 1. Монгол орны Цагаан-Элс, Тамсагбулагийн ордын нефть болон атмосфер үлдэгдлийн физик-химийн үзүүлэлтүүд

№	Физик-химийн үзүүлэлт	Цагаан-Элс (XIV)		Тамсагбулаг (XIX)	
		Нефть	Атмосфер үлдэгдэл (>350°C)	Нефть	Атмосфер үлдэгдэл (>350°C)
1	Гадаад байдал	Хар өнгийн өтгөн, царцамтгай төлөв байдалтай			
2	Хувийн жин 20 ⁰ С-т, кг/м ³	0.884	890.7	0.834	0.895
3	Кинематик зууралдлага, мм ² /с	40.16 (50°C-д)	6.43 (75°C-д)	66.65 (40°C-д)	31.93 (50°C-д)
4	Дөл үүсэх температур, °С	58	184	48	62
5	Царцах температур, °С	29	34	12	17
6	Фракцын найрлага, мас.%				
	Буцалж эхлэх температур, °С	38		32	
	Б.Э-220°C	16.61		31.33	
	220-350°C	9.76	-	14.87	-
	350-450°C	21.93		26.00	
450°C дээш	51.70		27.80		
7	Бүлгийн бүрэлдэхүүн, мас.%				
	Асфальтен	0.99	0.80	0.98	1.55
	Масло	88.69	84.23	91.07	88.33
8	Давирхай	8.51	14.97	7.94	10.12
	Элементийн найрлага, мас.%				
	Нүүрстөрөгч	86.28	83.92	86.78	84.41
	Устөрөгч	12.23	11.49	11.80	11.01
	Азот	0.46	1.43	0.08	1.25
8	Хүхэр	0.02	0.85	0.45	0.76
	Хүчилтөрөгч	0.93	2.31	0.89	2.57
	Н/С	0.59	0.61	0.61	0.64

нягттай, найрлагадаа асфальтен-давирхайлаг нэгдлүүдийн агуулга харьцангуй бага, маслын агуулга өндөр байна. Цагаан-Элсний ордын нефтийг Тамсагбулагийн ордын нефтьтэй харьцуулахад царцах болон зууралдлага чанар өндөр, ялангуяа бензин, дизелийн фракцын агуулга 2 дахин бага, 450°C-ээс дээш нэрэгдэх үлдэгдэл 2 дахин их байна. Энэ нь Цагаан-Элсний ордын нефтэд харьцангуй өндөр температурт нэрэгдэх, хүнд нүүрсустөрөгчид агуулагдаж байгаатай холбоотой. Мөн нефть болон түүний атмосфер үлдэгдэлд маслын агуулга бага, давирхайлаг нэгдлийн агуулга их, харьцангуй салбарласан хэлхээтэй нүүрсустөрөгчид их байхаас хамаарч Н/С-ийн хэмжээ бага байна [15]. Судлагдаж буй нефтийн атмосфер үлдэгдлүүдийн н-алканы найрлагыг хийн хроматографийн аргаар судлан, дүнг зураг 3-т үзүүлэв.



Зураг 3. ТБ, ЦЭ-ний нефтийн атмосфер үлдэгдлүүдэд агуулагдах н-алканы молекулмассын хуваарилалт

Эх бодисоос уламжлагдан үлдсэн биоген бүтцэд хамаарах нефтийн гол бүрэлдэхүүн нь С17 ба түүнээс дээш бүтэцтэй нүүрстөрөгчийн атом бүхий энгийн бүтэцтэй алканууд байдаг [15]. Зураг 3-аас харахад Цагаан-Элсний ордын нефтийн үлдэгдэлд С16-С40, Тамсагбулагийн үлдэгдэлд С17-С36 нүүрстөрөгчийн атом бүхий н-алканууд 37.44-52.58% тус тус агуулагдаж байгаа бөгөөд С20-С30 бүхий нүүрстөрөгчийн атом агуулсан н-алканууд зонхилж байна. Эдгээр 2 ордын нефтийн үлдэгдэлд С16-С21 атомтай н-алканууд ойролцоо агуулгатай, харин ЦЭ-ний нефтийн атмосфер үлдэгдэлд С23-С40 бүхий урт гинжин хэлхээтэй н-алканууд өндөр агуулгатай байгаа нь харагдаж байна. Энэхүү урт гинжин хэлхээтэй өндөр молекулт алканы нүүрсустөрөгчдийн найрлагаас хамаарч илүү зууралдлага өндөр, царцамтгай шинж чанартай байна. Эдгээр 2 ордын нефтийн атмосфер үлдэгдэлд урт гинжин хэлхээтэй алканы нүүрсустөрөгчдийн агуулга өндөр байгаа нь дулааны нөлөөгөөр задарч бага молекулт нүүрсустөрөгчид үүсгэн задарч, шингэрэх боломжтой юм [16]. Судлагдаж буй 2 ордын нефтийн атмосфер үлдэгдлүүд нь дулааны крекингийн дүнд хий, шингэн болон хатуу байдалтай бүтээгдэхүүн үүсгэн задарсан. Крекингийн дүнд үүссэн бүтээгдэхүүний гарцыг тооцож, 2-р хүснэгтэд үзүүлэв. ТБ, ЦЭ-ний нефтийн атмосфер үлдэгдлийн дулааны крекингийн дүнд нийт 55.19-88.6% шингэн бүтээгдэхүүн үүссэн бөгөөд ТБ-ийн нефтийн үлдэгдлийн хувьд 60 мин-д 56.33%, 120 мин-д

Хүснэгт 2. ТБ, ЦЭ-ний ордуудын нефтийн үлдэгдлийн дулааны крекингийн дүнд үүссэн бүтээгдэхүүний гарц

Дулааны крекинг процессын дүнд үүссэн бүтээгдэхүүн мас.%	Нефтийн атмосфер үлдэгдэл			
	Цагаан-Элс		Тамсагбулаг	
	60 мин	120 мин	60 мин	120 мин
Хий	39.22	35.11	6.51	16.29
Шингэн	56.33	55.19	88.6	81.79
Хатуу үлдэгдэл	4.45	9.7	4.89	1.89

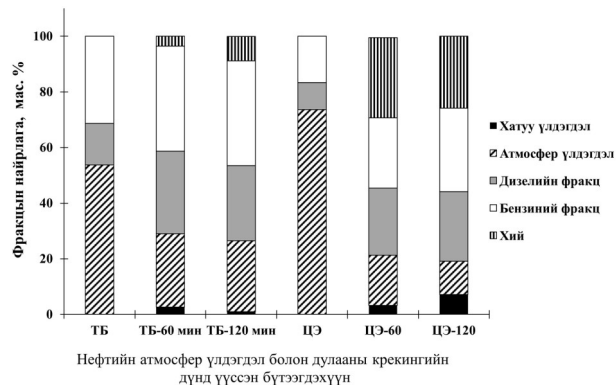
55.19%, харин ЦЭ-ний нефтийн үлдэгдлийн 60 мин-д 88.6%, 120 мин-д 81.79%-ийн шингэн бүтээгдэхүүн тус тус үүссэн.

Хүснэгтээс харахад 2 ордын нефтийн атмосфер үлдэгдлийг 60 мин-ийн турш дулааны боловсруулалтад оруулахад шингэн бүтээгдэхүүний гарц хамгийн өндөр байна. Нефтийн үлдэгдэл дэх салбарласан болон урт хэлхээтэй нүүрсустөрөгчид, өндөр молекулт нэгдлүүд дулааны нөлөөгөөр чөлөөт радикаль, бага молекултай нүүрсустөрөгчид үүсгэн задарч хий, шингэн бүтээгдэхүүн үүсгэж байна. ЦЭ-ний нефтийн үлдэгдлийн 60 мин-ийн крекинг (39.22%), ТБ-ийн 120 мин-ийн крекингийн дүнд хамгийн өндөр (16.29%) хий байдалтай бүтээгдэхүүн үүссэн бөгөөд эдгээр хийн бүтээгдэхүүнийг хөргөх замаар конденсацад оруулан шингэн бүтээгдэхүүний гарцыг нэмэгдүүлэх боломжтой. ЦЭ-ний нефтийн үлдэгдэл нь харьцангуй давирхайн өндөр (19.64%) агуулгатай байгаа бөгөөд энэ нь крекингийн үед өөр хоорондоо болон ароматик НУ-тэй цагирагжих урвалд орж өндөр молекулт нэгдэл үүссэний улмаас хатуу үлдэгдлийн гарц өндөр (9.7%) байна.

ТБ, ЦЭ-ний нефтийн атмосфер үлдэгдлийн болон дулааны крекингийн дүнд үүссэн бүтээгдэхүүний фракцын найрлагыг зураг 4-т үзүүлэв.

Зураг 4-н ТБ, ЦЭ гэсэн баганад 2 ордын нефтэд агуулагдах бензин, дизелийн болон 350°C-ээс дээш нэрэгдэх атмосфер үлдэгдлийн фракцын найрлагыг харуулсан. Зургаас харахад ТБ-ийн нефть нь 53.8%-ийн, ЦЭ-ний нефть нь 76.63%-ийн атмосфер үлдэгдлийн агуулгатай байгаа бөгөөд эдгээр үлдэгдлийг дулаан задралд оруулан шингэрүүлэн гарган авсан бүтээгдэхүүний фракцын найрлагыг дараах багануудад үзүүлсэн.

Туршилтын дүнд гарган авсан шингэн бүтээгдэхүүнийг б.э-220°C (бензиний), 220-350°C



Зураг 4. ТБ, ЦЭ-ний нефтийн атмосфер үлдэгдэл болон дулааны крекингийн бүтээгдэхүүний фракцын найрлага

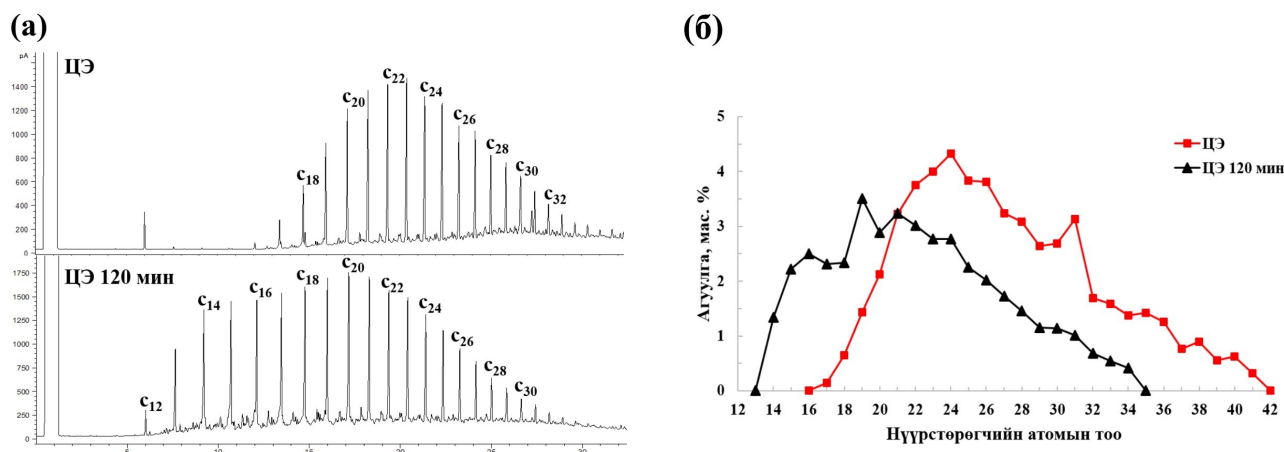
(дизелийн)-ийн температурын хязгаарт фракцлан нэрж, нийт ТБ, ЦЭ-ний нефтийн атмосфер үлдэгдлийн боловсруулалтын дараах тунгалаг фракц, хий, хатуу үлдэгдлийн гарцыг тооцсон. ТБ-ийн нефтийн атмосфер үлдэгдлийн дулааны крекингийн дүнд 11.93-12.02%-ийн бензин, 22.57-27.61%-ийн дизелийн фракц үүссэн бол ЦЭ-ний нефтийн хувьд 13.52-18.19%-ийн бензин, 19.47-20.69%-ийн дизелийн фракц үүссэн. Эдгээр 2 ордын нефтийн үлдэгдлийг 60 болон 120 мин-ийн турш дулааны крекинг процессд оруулахад үүссэн тунгалаг фракцын гарц ойролцоо утгатай байна. Харин ТБ-ийн нефтийн хувьд 120 мин-ийн крекингийн дүнд хий байдалтай бүтээгдэхүүн их (16.3%) хэмжээтэй, ЦЭ-ийн хувьд 2 дахин их хатуу үлдэгдэл үүссэн. Цагаан-Элсний нефтийн үлдэгдлийн крекингийн дүнд 35.12-39.22%-ийн өндөр агуулгатай хийн бүтээгдэхүүн үүссэн. Энэ нь салбарласан болон халагч бүлгүүдийн радикалууд тасарч, бүрэн конденсацлагдаж амжаагүй бага молекулт хий байдалтай нүүрсустөрөгчид үүссэнтэй холбоотой [8, 15].

Судалгааны дүнд ТБ-ийн нефтийн үлдэгдлийг 60 мин, ЦЭ-ний нефтийн хувьд 120 мин-ийн хугацаанд 450°C-ийн температурт дулааны крекингд оруулах нь тохиромжтой болох нь харагдлаа. Энэ нь ЦЭ-ийн нефтэд ТБ-ийн нефттэй харьцуулахад харьцангуй өндөр молекултай алканы нүүрсустөрөгчид болон давирхайлаг нэгдлүүд агуулагдаж байгаатай холбоотой.

Судлагдаж буй 2 ордын нефтийн үлдэгдлийн крекингийн дүнд гарган авсан шингэн бүтээгдэхүүний бүлгийн бүрэлдэхүүнийг

Хүснэгт 3. Нефтийн атмосфер үлдэгдлийн дулааны крекингийн дүнд үүссэн бүтээгдэхүүний бүлгийн бүрэлдэхүүн

Бүлгийн бүрэлдэхүүн	Дээж					
	Атмосфер үлдэгдэл	Цагаан-Элс		Атмосфер үлдэгдэл	Тамсагбулаг	
		60 мин	120 мин		60 мин	120 мин
Масло	84.23	73.56	91.43	88.33	92.71	92.62
Давирхай	14.97	25.39	8.16	10.12	5.59	5.37
Асфальтен	0.8	1.05	0.41	1.55	1.7	2.01



Зураг 5. Цагаан-Элсний нефтийн атмосфер үлдэгдэл болон 120 мин дулааны крекингийн дараах бүтээгдэхүүний n-алканы агуулга
 а) n-алканы нүүрсустөрөгчдийн хийн хроматограмм, б) n-алканы тархалт

тодорхойлж, эх үлдэгдэлтэй харьцуулсан дүнг 3-р хүснэгтэд үзүүлэв.

2 ордын нефтийн үлдэгдлийн крекингийн дүнд үүссэн шингэн бүтээгдэхүүний найрлагыг атмосфер үлдэгдлийн найрлагатай харьцуулахад маслын агуулга нэмэгдэж буй зүй тогтол ажиглагдаж байна. Харин ЦЭ-ний 60 мин-ийн крекингийн дүнд маслын агуулга 73.56% хүртэл буурч, давирхайн агуулга 1.7 дахин өссөн бөгөөд энэ нь масло дахь ароматик нэгдлүүд хоорондоо нэгдэн өндөр молекулт нэгдлүүд үүсгэж байгаатай холбоотой юм. Нефть нь олон төрлийн нүүрсустөрөгчдийн хольцоос тогтох бөгөөд температурын нөлөөгөөр урт хэлхээтэй алканууд болон өндөр молекулт нэгдлүүд задарч бага молекулт нэгдэлд шилжих, алкан болон нафтены НУ-чид, ароматик болон давирхайлаг нэгдлүүд өөр хоорондоо нэгдэх зэрэг маш олон төрлийн урвалууд зэрэг явагдаж байдаг [17, 18]. Үүнтэй холбоотой судлагдаж буй ТБ-ийн нефтийн үлдэгдлийн крекингийн дүнд давирхайн агуулга 2 дахин буурч, асфальтены агуулга 1.55-аас 2.01% хүртэл нэмэгдсэн бол ЦЭ-ний хувьд маслын агуулга 84.23%-иас 91.43%, давирхай 14.97%-иас 8.16% болж задралд орсон.

Цагаан-Элсний ордын нефтийн атмосфер үлдэгдлийн 120 мин-ийн крекингийн дүнд гарган авсан бүтээгдэхүүн болон атмосфер үлдэгдлийн n-алканы нүүрсустөрөгчдийн найрлагыг хроматографийн аргаар судлан тогтоож, Зураг 5-д үзүүлэв.

Зураг 5-аас харахад крекингийн дүнд гарган авсан шингэн бүтээгдэхүүнд C₁₂-C₃₄ бүхий нүүрсустөрөгчийн атомтай n-алканууд илэрсэн бөгөөд атмосфер үлдэгдлийн n-алканы нүүрсустөрөгчтэй харьцуулахад крекингийн дүнд C₃₄-C₄₀ бүхий алканууд бүрэн задарснаас гадна C₂₀-C₃₄ нүүрсустөрөгчийн атомтай n-алкануудын агуулга буурсан нь харагдаж байна. Энэ нь крекинг процессын дүнд урт гинжин хэлхээтэй n-алканы эгнээний нүүрсустөрөгчид задралд орж бага

молекулт нүүрсустөрөгчийн атомд шилжиж байгааг баталж байна. Крекинг процессын үед нүүрсустөрөгчдийн C-C холбоо тасрах молекулын задрал, C-H холбоо тасрах устөрөгчгүйжих урвал, изомержих болон нийлэгжих зэрэг химийн урвалууд явагдах бөгөөд дулааны крекингийн үед урвал ихэвчлэн радикалын механизмаар явагддаг. ТБ, ЦЭ-ийн ордын нефтийн атмосфер үлдэгдэлд өндөр молекулт асфальтен-давирхайлаг нэгдлүүдийн агуулга харьцангуй бага, маслын агуулга өндөр байна. Ялангуяа маслын найрлагад парафины нүүрсустөрөгчид зонхилж байгаа нь харьцангуй нам нөхцөлд урт хэлхээтэй алканы молекулын дунд байрлах C-C холбоо тасарч, радикалууд үүсгэн, улмаар устөрөгчийн атомын дахин хувиарлалт явагдаж бага молекулт ханасан, ханаагүй алканы нүүрсустөрөгчид үүсгэн задардаг [15, 19].

Энэхүү судалгааны дүнд хөнгөн фракцын гарц багатай, алканы нүүрсустөрөгчдийн агуулга өндөр манай орны нефтийг дулааны крекингийн аргаар шингэрүүлж, бензин, дизелийн фракцын гарцыг нэмэгдүүлэх, үлдэгдлийг гүн боловсруулах боломжтой нь харагдлаа.

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү ажлын хүрээнд манай орны Тамсагбулаг (XIX), Цагаан-Элсний (XIV) ордуудын нефть, тэдгээрийн атмосфер үлдэгдлийн найрлага шинж чанарыг харьцуулан судалж улмаар дулааны крекинг процессд оруулан шингэрүүлэх боломжийг судаллаа. Эдгээр нефть болон атмосфер үлдэгдлүүд нь өтгөн, царцамтгай төлөв байдалтай, найрлагандаа асфальтен-давирхайлаг нэгдлүүдийн агуулга харьцангуй бага, алканы нүүрсустөрөгчид зонхилсон маслын агуулга өндөртэй байна. ТБ-ийн нефть нь 53.8%, ЦЭ-ний нефть 73.63%-ийн атмосфер үлдэгдлийн агуулгатай байна.

Судлагдаж буй нефтийн атмосфер үлдэгдлийг 4 атм азотын орчинд 450°C-ийн температурт 60, 120

минутын турш дулааны крекинг процессд оруулахад хий, шингэн, хатуу байдалтай бүтээгдэхүүн үүссэн. Тамсагбулагийн нефтийн үлдэгдлийн дулааны крекингийн дүнд 60 мин-17.95%, 120 мин-17.89%- ийн бензиний фракц, харин дизелийн фракц 60 мин-45.01%, 120 мин-41.87%, Цагаан-Элсний нефтийн хувьд бензиний фракц 60 мин-20.29 %, 120 мин-25.04% , дизелийн фракц 60 мин- 29.05%, 120 мин-29.95% тус тус үүссэн бөгөөд ТБ-ийн үлдэгдлийг 60 мин, ЦЭ-ийн үлдэгдлийг 120 мин-ийн турш дулааны крекингийн процессд оруулах нь илүү тохиромжтой нь тогтоогдлоо. Энэ нь Тамсагбулагийн атмосфер үлдэгдэл нь Цагаан-Элсний үлдэгдэлтэй харьцуулахад давирхайлаг нэгдлүүдийн агуулга бага, харьцангуй хөнгөн нүүрсустөрөгчид зонхилж байгаатай холбоотой.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- R.I. Rueda-Velásquez, M.R. Gray. (2017) A viscosity conversion model for thermal cracking of heavy oils. *Fuel*. 197(1), p.82-90. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.02.020>.
- A. Corma, L. Sauvanauda, Y. Mathieu, S. Al-Bogami, A. Bourane, M. Al-Ghrami. (2018) Direct crude oil cracking for producing chemicals: Thermal cracking modeling. *Fuel*. 211(1), p.726-736. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.09.099>
- L.O. Alemán-Vázquez, J.L. Cano-Domínguez, J.L. García-Gutiérrez. (2012) Effect of tetralin, decalin, and naphthalene as hydrogen donors in the upgrading of heavy oils. *Procedia Engineering*. 42, p.532–539. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.445>
- O. Muraza, A. Galadima. (2015) Aquathermolysis of heavy oil: A review and perspective on catalyst development. *Fuel*. 157(1), p.219-231. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2015.04.0655>
- A. Hard, M. Adam, J.P. Robinson, S.P. Rigby. (2020) Tetralin and decalin H-donor effect on catalytic upgrading of heavy oil inductively heated with steel balls. *Catalysts*. 10(4), p.393. <https://doi.org/10.3390/catal10040393>
- K. Kohli, R. Prajapati, S.K. Maity, B.K. Sharma. (2019) Hydrocracking of heavy crude residues with waste plastic. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 140, p.179-187. doi.org/10.1016/j.jaap.2019.03.013.
- N.N. Sviridenko, A.S. Akimov. (2023) Characteristics of products of thermal and catalytic cracking of heavy oil asphaltenes under supercritical water conditions. *Journal of Supercritical Fluids*. 192, p.105784. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2022.105784>.
- Д.С. Кравцова, Н.Г. Воронежская. (2020) Изменение состава тяжелой метановой нефти в процессе термического крекинга. Проблемы геологии и освоения недр.Томск. с.239-240.
- Монгол орны газрын тосны хайгуул, нөөцийн мэдээлэл. <https://www.mrpam.gov.mn/article/49/>
- Б. Хулан, Б. Хонгорзул, Б. Өлзий, Б. Мягмаргэрэл, Б. Ганцэцэг, М. Туяа. (2022) Монгол орны газрын тосны хими-технологийн судалгааны дүнгээс. *ШУТИС-ийн Эрдэм шинжилгээний бүтээлийн эмхэтгэл*. (Газрын тос (Oil & Gas)-2022), p.74-81.
- В. Myagmargerel, В. Khulan, В. Gantsetseg, В. Khongorzul, М. Туяа. (2021) Synthetic fatty acid from crude oil of Tamsagbulag petroleum deposit (Mongolia), *Mongol Journal of Chemistry*. 22 (48), p.1-6.
- Д. Монхообор. (2021) Нефть ба нефтийн бүтээгдэхүүний шинжилгээний арга. Надир хэвлэх, 222, УБ. .
- Нефть, нефтийн бүтээгдэхүүний бүлгийн бүрэлдэхүүнийг тодорхойлох гравиметрийн арга. Стандарт ажлын заавар, (2022). 06-01, ШУА, ХХТХ, УБ.
- J. Blomberg, P.J. Schoenmakers, U.A.T. Brinkma. (2002) Gas chromatographic methods for oil analysis. *Journal of Chromatography A*. 972(2), p.137-173. DOI: 10.1016/S0021-9673(02)00995-0.
- Б. Ширчин, М. Туяа, Б. Хонгорзул, Б. Хулан, Б. Пүрэвсүрэн. (2013) Нефтийн хими ба технологийн үндэс. УБ, х.337.
- В. Myagmargerel, G. Byambajav, J. Narangerel, В. Gantsetseg, В. Khulan. (2021) Hydrocracking of atmospheric residue from Tsagaan-Els, Mongolia. *Proceedings of the 5th International Conference on Chemical Investigation and Utilization of Natural Resource, (ICCIUNR-2021)*, Atlantis Press, 2, p.135-141. <https://doi.org/10.2991/ahcps.k.211004.019>
- Т.М. Мурзагалеев, А.В. Восмерилов, А.К. Головки. (2011) Превращение тяжелого углеводородного сырья в присутствии цеолитных катализаторов различного структурного типа. Известия Томского политехнического университета. 319, с.113-116. № 3УДК 665.63:665.637.64:544.47: 544.344.
- А.Р. Дон, Н.Г. Воронежская, А.А. Гринько, А.К. Головки. (2015) Влияние смолисто-асфальтеновых веществ на термические превращения углеводородов природных битумов. Вестник Томского государственного университета. 393, с.244–249. DOI [10.17223/15617793/393/39](https://doi.org/10.17223/15617793/393/39).
- I. Elena, N. Galina, I. Emiliya, В. Nataliya, I. Stanislav. (2017) The increase in the yield of light fractions during the catalytic cracking of C13-C40 hydrocarbons. *Current Organic Synthesis*. 14(3), p.353-364. <https://doi.org/10.2174/1570179413666161-031121659>

Comparative study on thermal cracking of atmospheric residue from Tamsagbulag and Tsagaan Els' crude oils of Mongolia

Bayanmunkh Myagmargerel¹, Orgilbulag Myagmarjav¹, Batchuluun Khongorzul¹, Munkhsaikhan Anujin¹, Ulambayar Bayasgalan¹, Bayasgalan Khulan^{1*}

¹Laboratory of Organic Chemistry, Institute of Chemistry and Chemical Technology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar 13330, Mongolia

*E-mail: khulanb@mas.ac.mn

ORCID: [0000-0002-2438-9757](https://orcid.org/0000-0002-2438-9757)

Submitted: 26.10.2023

Reviewed: 07.11.2023

Accepted: 05.12.2023

Abstract: In this study, we have compared the physio-chemical parameters, elemental and group composition of oil and atmospheric residue from Tamsagbulag (TB) and Tsagaan Els (TsE) deposits in Mongolia, and have studied the possibility of increasing the yield of fuel fractions via thermal cracking. The atmospheric residue for oil TB is 53.8%, and for oil TsE, it's 73.63%. Both oils and their atmospheric residues are paraffinic, have medium density, and are high in saturates+aromatics but low in asphaltene-resin compounds. Atmospheric residues were loaded into a 50 ml steel reactor and subjected to a thermal cracking process at 450°C and 4 atm nitrogen pressure for 60 and 120 minutes. As a result of the thermal cracking of atmospheric residues of Tamsagbulag and Tsagaan Els, 88.6% and 56.33% of liquid products were formed, respectively, along with the formation of by-product gas and solid residues. The liquid product from the thermal cracking Tamsagbulag atmospheric residue comprises 11.93-12.02% gasoline and 22.57-27.61% diesel, while that from the Tsagaan els consists of 13.52-18.19% gasoline and 19.47-20.69% diesel fraction. Based on the composition of the produced liquid products and chromatographic results of alkane hydrocarbons it was evident that high molecular-weight hydrocarbons and long-chain alkane hydrocarbons decompose into hydrocarbons of smaller molecular size. These results show that atmospheric residue from highly paraffinic oil can be liquefied by thermal cracking to boost the gasoline and diesel yields.

Keywords: oil, cracking, atmospheric residue, hydrocarbons

© The Author(s). 2023 **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.v11i11.3284>