

УДИРТГАЛ

Хоёр зууны туршид хүн төрөлхтөн нефтийг энергийн эх үүсвэрийн үндсэн түүхий эдээр ашигласаар ирсэн бөгөөд 40 хүрэхгүй жилийн хугацаанд түүний нөөц шавхагдахад хүрээд байна. Сүүлийн жилүүдэд нефть, нефтийн бүтээгдэхүүний хомсдол үүсэж, үнийн өсөлт нэлээд газар авсаар өдийг хүрчээ [1]. Иймд түлш, шатахууны найдвартай хангамжийг бий болгох өөр эх үүсвэрийг бий болгох судалгааны ажлууд эрчимтэй хийгдэж байна [2], [3]. Нефтийг орлоход голлох байр суурь эзлэх байгалийн түүхий эд нь нүүрс юм [4]. Нүүрсийг хийжүүлэх, коксжуулах г.м. замаар хий, шингэн, хатуу төлөвтэй түлш шатахуун болон бусад нэр төрлийн нэмүү өртөг шингэсэн бүтээгдэхүүнүүдийг үйлдвэрлэсээр байна [5], [6]. Энэхүү төслийн тайланд нүүрсний коксжуулалтын явцад үүссэн давирхайг ашиглах талаар түлхүү хөндөх болно. Иймд нүүрсний давирхайг түлш шатахууны чиглэлээр ашиглах боломжийг зарим судлаачдын материалд тулгуурлан товч тайлбарлая.

Биомасс [7], занар [8], нүүрсний коксжуулалтаар үүссэн давирхайг [9], [10] боловсруулж бензин, дизель түлш гарган авах судалгааны ажлууд нь нэлээд анхаарал татсан сэдэв юм. Олон судлаачид нүүрсний давирхайг устөрөгчжүүлэх замаар [11]–[13] түлш, шатахуун гарган авах оролдлогуудыг хийсэн бөгөөд уг процессыг илүү үр дүнтэй явуулах катализаторын хөгжүүлэлтийн судалгааны ажлууд олон бий [14]–[16] Үүнээс гадна зарим эрдэмтэд бензол [17], нафталин [18], тиофен [19], хинолин [20] болон бусад бодисуудыг устөрөгчжүүлэх урвалын механизмыг судалсан ажлуудыг үзэж болох юм. Нүүрсний давирхайд их хэмжээний нүүрстөрөгчийн нэгдлүүд агуулагддаг тул гидрокрекингийн процессыг түлхүү ашигладаг [21].

Дэлхийн нийтээр эдийн засаг хурдацтай хөгжиж буй өнөө үед түүнийг дагалдаад жижиг, дунд оврын тээврийн хэрэгслийн тоо жил ирэх тутам өсөж байна [22]. Үүнтэй холбоотойгоор замын хөдөлгөөний эрчим нэмэгдэж байгаа тул үүнийг дагалдаад асфальт хучилттай замын эвдрэл их боллоо [23]. Иймд асфальт хучилттай замын ашиглалтын хугацааг нэмэгдүүлэх, орчны нөлөөллөөс үүдэлтэй эвдрэлийг бууруулах, асфальтын чанарыг сайжруулах талын судалгааны чиглэл чухал болсон [24]. Замын чанар нь гүнзгий модификацад оруулж сайжруулсан асфальтаас хамаарах бөгөөд асфальтын чанарыг сайжруулдаг модификаторуудыг нэмснээр түүний бат бөх чанар, элс чулуулагтай барьцалдах чанар, хэв гажилтад тэсвэртэй байх, ачаалал даах, хэт халуун, хүйтний нөхцөлд өөрийн шинж чанараа удаан хадгалах зэрэг олон давуу

талуудыг олгодог байна [22]. Хучилтын асфальтын шинж чанарыг сайжруулахын тулд байгалийн болон нийлэг полимеруудыг ашигладаг [25]–[29]. Энэхүү арга нь битумын өөрийн өртгийг нэмэгдүүлэх сул талтай [30]. Битумын чанарыг сайжруулдаг өөр нэгэн нэмэлт нь олон төрлийн функциональ бүлэг агуулсан нүүрсний давирхайн нэрлэгийн үлдэгдэл пек юм. Давирхай нь нүүрсний коксжуулалтын явцад үүсдэг [31]–[33] бөгөөд түүний найрлагад бага молекулт органик нэгдлүүд (формальдегид, малены ангидрид) [34], [35] хүхэр агуулсан органик хам полимерууд агуулагддаг [36]. Зарим судлаачид [37],[38] фенол формальдегидийн давирхайг нефтийн битумын хувьд үр дүнтэй модификатор болохыг тогтоосон байдаг. Судлаач Н. Камото, Ж.Гоя болон бусад судлаачид нүүрсний давирхайн атмосферийн нэрлэгийн үлдэгдлийг 50% байхаар тооцож түүний дээр автомашины ашигласан тос–20%, дугуйны үйрмэг–30%–ийг нэмж замын битум гарган авах судалгааны ажлыг хийсэн байдаг [39]. В. Дэмчук ба бусад судлаачдын битумд 1%–иар фенол–крезол–формальдегидын давирхай нэмэхэд битумын барьцалдах чанар илүү нэмэгддэгийг тогтоожээ [40]. Битумын чанарыг сайжруулдаг дээр дурдсан олон төрлийн нэмэлтүүд байдгаас хамгийн ихээр анхаарал татаад байгаа нь нүүрсний давирхай юм [41], [42].

Нүүрсний давирхайг нэрэх замаар нүүрсний давирхайн питчийг (НДП) гарган авдаг [43]. Нүүрсний дулааны боловсруулалтын үед үүссэн давирхай нь сайн чанарын холбогч материал болж өгдөг [44]. Давирхайг хадгалах явцад өөрийн хөнгөн фракцуудаа хялбархан алдаж асфальтены бодисуудыг үүсгэдэг [45]. Нүүрсний давирхай пек битумын чанарыг онцгой нэмэгдүүлэх чадвартай байдаг бөгөөд энэ түүний найрлагад давирхайлаг, асфальтены нэгдлүүд их хэмжээтэй агуулагддагтай холбоотой юм [46]. Модификацад оруулаагүй битумыг замын асфальтад ашиглах нь улирлын чанараас хамаарсан цаг уурын өөрчлөлтөд маш мэдрэмтгий байдаг [40]. Үүний гол шалтгаан нь байгалийн болон механик үйлчлэлд битумын химийн бүтэц хялбархан өөрчлөгддөгтэй холбоотой [47]. НДП нь нефтийн нэрлэгийн пектэй харьцуулахад битумын системд илүү сайн нэвчиж наалдамхай чанарыг сайн нэмэгдүүлдэг ба энэ нь түүний найрлага дахь S, N, O бүхий функциональ нэгдлүүд нь НДП, битумын хооронд физикийн болон химийн холбоог сайн үүсгэдэгтэй холбоотой. НДП–ээр битумын чанарыг сайжруулахад олон хүчин зүйл нөлөөлдөг. Үүнд: НДП жижиг хэсгийн хэмжээ, холих хугацаа, хурд, технологи, нэмэлтийн концентраци г.м. [48]. НДП–ийн нэмэлттэй асфальт хольцын уян харимхай чанар нь буурдаг. НДП–ийг битумтэй холих явцад хөнгөн нүүрсустөрөгчид нь хүнд нэгдлүүдэд

шилжих ароматик цагираг хоорондын поликонденсацийн урвалууд эрчимтэй явагддаг [46]. Битум нь найрлагадаа асар олон төрлийн бодисуудыг агуулдаг нарийн нийлмэл хольц учир НДП-ээр битумын чанарыг сайжруулах процессын механизм өнөөг хүртэл нарийн тайлбарлагдаагүй байдаг.

СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН ҮНДЭСЛЭЛ

Монгол Улсын Их Хурлаас 2007 оны “Агаарын бохирдлыг бууруулах арга хэмжээний тухай” 46 тоот тогтоол гарсны дагуу манай улсад хагас коксын үйлдвэрүүд баригдах бүтээн байгуулалтын ажлын эхлэл анх тавигдсан түүхтэй. Агаарын бохирдлыг бууруулахад хамгийн сонгомол арга нь хагас коксын үйлдвэр байгуулах явдал байсан бөгөөд энэхүү үйлдвэр нь нүүрсийг өндөр температурт боловсруулж хагас кокс гарган авах зорилготой юм. Үйлдвэрийн явцад зөвхөн кокс төдийгүй, шатах хий, давирхай үүсдэг. Шатах хий 8–10%, давирхай 3–5% бага хэмжээтэй эзэлдэг. Гэсэн хэдий ч үйлдвэрийн тасралтгүй ажиллагааны явцад бага хэмжээний давирхай нь хуримтлагдсаар хэдэн мянган тонн болж хуримтлагджээ. Үүнд:

- “Эрдэнэт үйлдвэр” ТӨҮГ-ын эдийн засгийн үр ашгийг дээшлүүлэх, хэмнэлттэй ажиллаж, бүтээгдэхүүний өртөг зардлыг бууруулах зорилтын хүрээнд Ган бөөрөнцөг үйлдвэрлэх цехийн технологийн шинэчлэл 2015 оны 11 сард хийгдсэн. Дизелийн түлшээр ажилладаг зуухыг нүүрс хийжүүлэх зуухаар сольж, 1 тонн ган бөөрөнцгийн өөрийн өртгийг 33%-иар бууруулах төслийг амжилттай хэрэгжүүлсэн билээ. Уг нүүрс хийжүүлэх зуух нь хоногт 22–25 тонн нүүрсийг хийжүүлдэг ба хийжүүлэх процессын үед нүүрсний 2–3% нь давирхай болж конденсацлагддаг. Өөрөөр хэлбэл хоногт дунджаар 0.6–0.8 тонн давирхай ялгардаг. Энэхүү ялгарч буй давирхайг ашиглаагүй, хуримтлагдсаар байгаа бөгөөд одоогийн байдлаар 300 орчим тонн давирхай байна.

- Дорноговь аймгийн Даланжаргалан сумын нутагт үйл ажиллагаа явуулж буй “МАК”-ийн Элдвийн нүүрсний уурхайг түшиглэн байгуулсан “Олон овоот”-ийн хагас коксын үйлдвэрийн технологийн туршилтын ажил 2011 оны VII сард хийгдсэн. Тус үйлдвэрийн хүчин чадал нь 120.0 мян.тн/жил нүүрс боловсруулж, 75.0 мян.тн/жил хагас кокс, 4.5 мян.тн/жил давирхайн гаргах хүчин чадалтай үйлдвэр юм. Ашиглалтад орсон үеэсээ эхлээд уг үйлдвэр нь бүрэн хүчин чадлаараа ажиллаагүй бодит хүчин чадал нь 16.0 мян.тн/жил нүүрсийг боловсруулж 8.2 мян.тн/жил хагас кокс,

0.6мян.тн/жил давирхай үйлдвэрлэж байна. Уг үйлдвэрт өнөөгийн байдлаар 3.0 мян.тн давирхай хуримтлагдаад байна.

- “НАКО ТҮЛШ” ХК нь 2008 онд Дархан Уул аймагт хувьцаат компанийн хэлбэртэйгээр байгуулагдсан тус үйлдвэр нь 60.0мян.тн/жил хагас кокс, 35.0 сая м³/жил шатдаг хий, 6.0 мян.тн/жил давирхай үйлдвэрлэх хүчин чадалтай юм. Тус үйлдвэр дээр одоогийн байдлаар 500 тн орчим давирхай хуримтлагдаад байна.

Хуримтлагдаж буй давирхайг боловсруулж нэмүү өртөг шингэсэн бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэж эдийн засгийн эргэлтэд оруулах нь байгаль орчинд ээлтэй төдийгүй эдийн засгийн хямралын энэ үед их, бага хэмжээгээр нөлөөлөх нь тодорхой юм. Нефть, нефтийн бүтээгдэхүүний найдвартай хангамжийг бий болгох явдал нь дэлхийн ихэнх улс орон түүний дотор манай Монгол улсын хөгжлийн хамгийн чухал хүчин зүйлүүдийн нэг мөн.

СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН ШИНЭЛЭГ ТАЛ

“Нүүрсний давирхайнаас түлш, шатахуун болон замын битумын чанар сайжруулах нэмэлт гарган авах судалгаа” суурь судалгааны ажлын хүрээнд бид давирхайг нефтийн нэрлэгийн фракцуудтай төсөөтэй фракцуудад нэрж түлш шатахуун (180–200°C бензиний фракц, 180–360°C дизелийн фракц, >360°C нүүрсний давирхайн пек) гарган авах боломжийг судлах. Үүний дараа НДП–ийг замын битумд нэмж түүний шинж чанарт хэрхэн нөлөөлж буйг судлахыг зорьсон бөгөөд бидний судалгаагаар замын битумын модификатор болгох талын ажил нь илүү сонирхолтой практикт шууд нэвтрүүлэх боломж харагдаж буй бөгөөд уг суурь судалгааны ажлын шинэлэг талаа энэ чиглэлрүү түлхүү анхаарч бичлээ.

НДП–ийн нэмэлттэй битумын судалгааны ажлуудаас харахад [22], [41] [42] түүний агуулгыг 5–20%–иар нэмж битумын шинж чанарт хэрхэн нөлөө үзүүлж буйг туршсан байдаг. Эдгээр судалгааны ажлуудад битумын системийг илүү тогтвортой бат бөх байх талаас нь анхаарчээ. Тухайлбал: В. Хуе ба бусад судлаачдын [22] судалгаагаар битумд НДП–ийг 15%–иар нэмж зөөлрөх температурыг 5°C–ээр нэмэгдүүлж пенетрацийг 88.4мм–ээс 52.9мм болтол бууруулсан байдаг. Энэ нь битумын системийг илүү сайн гадны механик үйлчлэл, нар салхины нөлөөнд автахгүй байх боломжийг олгож буй хэдий ч битумын уян харимхай чанарыг бууруулах сөрөг талтай юм. Битумын уян харимхай чанарыг тодорхойлогч гол үзүүлэлт нь суналт байдаг. Суналтыг орхигдуулж огт болохгүй бөгөөд тухайн битумаар зам барисаны дараа хагарал, цууралт үүсэх эсэхийг тодорхойлж байдаг чухал хэмжигдэхүүн. Өөрөөр хэлбэл суналт хэдий их байна (БНД90/130, стандарт >65) төдий хэмжээгээр зам хагарахгүй байх боломжийг олгодог. Бидний судалгаагаар НДП–ийг 3%–иар битумд нэмж өгөхөд түүний хатуулгын шинж чанар нэмэгдэхийн зэрэгцээ түүний уян харимхай чанар дагаад өсөж буй маш сонирхолтой үр дүн юм. Иймд 3%–ийн НДП–ийн нэмэлттэй битумээр зам барихад зам хагарахгүй байх магадлал өндөр юм.

СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН ЗОРИЛГО

Энэхүү судалгааны ажлаараа “Эрдэнэт үйлдвэр” ТӨҮГ, “МАК”-ийн Элдэвийн нүүрсний уурхайн хагас коксын үйлдвэр, “НАКО ТҮЛШ” ХК хагас коксын үйлдвэрүүдэд хуримтлагдсан 4.0 мян.тн орчим давирхайг ашиглах чиглэлийг тогтоох нь нэн тэргүүний шийдвэрлэх асуудал юм. Нөгөө талаас нүүрсийг боловсруулах үед үүссэн байгаль орчинд хоруу чанар ихтэй давирхайг боловсруулж практикийн ач холбогдолтой битумын чанар сайжруулах нэмэлт бүтээгдэхүүн гарган авахыг зорилоо. Давирхайг ашиглалтыг тогтоохдоо дараах хоёр үндсэн чиглэлийг авч үзэв. Үүнд:

1. Давирхайг нефтийн нэрлэгийн фракцуудтай төсөөтэй фракцуудад нэрж түлш, шатахууны чиглэлээр ашиглах
2. Давирхайн 360°C –ийн температураас дээших үлдэгдлийг замын битумд чанар сайжруулах нэмэлт болгон ашиглах боломжийг тогтоох.

СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН ЗОРИЛТ

1. Манай оронд хуримтлагдсан нүүрсний давирхайн нөөцийг бодитойгоор тооцоолж тус бүрийн химийн болон физик–механикийн шинж чанарыг тодорхойлох.
2. Нүүрсний хийжүүлэлтээр үүссэн давирхайг бензин (б.э–180°C), дизель (180–360°C), үлдэгдэл (360°C –ээс дээш) фракцуудад салган нэрж, фракц тус бүрийн физик–химийн болон механикийн шинж чанарыг тодорхойлох.
3. Шууд нэрлэгийн фракцуудын чанарыг сайжруулах туршилт гүйцэтгэх
4. Давирхайн нэрлэгийн 360°C–ээс дээш үлдэгдлийг замын битумд нэмж түүний шинж чанарт хэрхэн нөлөөлж буйг судлах.

НЭГДҮГЭЭР БҮЛЭГ. ХЭВЛЭЛИЙН ТОЙМ

I.1. Нүүрсний давирхай, түүний найрлага, шинж чанар

Давирхай нь нүүрсийг агааргүй орчинд дулааны боловсруулалтад оруулж гаргаж авсан хар эсвэл хар хүрэн аморф нэгдэл бөгөөд термодинамикийн хувьд хамгийн тогтвортойд тооцогддог [49], [50]. Иймээс өндөр температурын давирхайд парафин ба цагираг алканууд мөн урт гинжин хэлхээтэй ароматик нүүрсустөрөгчид бага хэмжээтэй агуулагддаг. Давирхайн найрлагын дийлэнх хэсгийг хоёр ба түүнээс дээш бензолын цагираг бүхий поликонденсацлагдсан бүтэцтэй ароматик нүүрсустөрөгчийн холимог (ПАНУ), мөн цагирагтаа нүүрсустөрөгч (С), устөрөгч (Н)–өөс гадна хүчилтөрөгч (О), азот (N), хүхэр (S), болон бусад гетероатомуудыг агуулсан полицагирагт нэгдлүүд (хинолин ба акридины уламжлалууд, азотын суурь 1–2%), улмаар фенол (1–2%) агуулдаг [51].

1–р хүснэгт

Давирхайн найрлага, шинж чанар

Фракц	Гарц, мас.,%	Буцлах хязгаар, °С	Нягт 20°С, кг/м ³	Ялгарсан бодисууд
Хөнгөн	0.2–0.8	хүртэл 170	900–960	Бензол ба түүний гомологууд
Фенолын	1.7–2.0	170–210	1000–1010	Фенол, пиридиний суурь
Нафталины	8.0–10.0	210–230	1010–1020	Нафталин, тионафтен
Хүнд	8.0–10.0	230–270	1050–1070	Метилнафталин, аценафтен
Антрацены	20.0–25.0	270–360 (хүртэл 400)	1080–1130	Антрацен, фенантрен, карбазол ба бусад.
Пек	50.0–65.0	дээш 360	1200–1300	Пирен ба бусад. Конденсацлагдсан бүтэцтэй Ароматик НУ

Нүүрсний давирхай ба түүнээс гаргаж авсан холбогч бодисууд нь төрөл бүрийн нүүрсустөрөгчийн материал үйлдвэрлэх хамгийн чухал бүрэлдэхүүн хэсэг болдог. Давирхайн боловсруулалтаар анодын түүхий эд, үнс багатай кокс, бал чулуу, төрөл бүрийн зориулалттай зам, барилгын материал, цахилгаан тусгаарлагч, барилгын дээвэрт ус, чийг тусгаарлагч, хар ба өнгөт металлурги, электродын үйлдвэрлэл, хагас дамжуулагч материал, нэгдсэн хэлхээний үйлдвэрлэл, химийн аппарат, машин үйлдвэрлэл, цахилгаан хими, атомын цахилгаан инженерчлэл, нисэх онгоцны үйлдвэрлэл, пуужингийн үйлдвэрлэл гэх мэт асар өгрөн салбарт хэрэглэгддэг онцгой түүхий эд юм [52]. Нүүрсний коксжилтоор үүсэх давирхай нь нийт бүтээгдэхүүний дунджаар 3.5%–ийг эзэлдэг.

Нүүрсний давирхайн ердийн шинж чанарыг доор харуулав.

Нягт, г/см³– 1,18; чийг, % – 2.5;

Найрлага, % :

- | | |
|--------------------------------------|------------------|
| – толуолд уусдаггүй бодисууд – 6.0; | – хүхэр – 0.7; |
| – хинолинд уусдаггүй бодисууд – 2.0; | – хлор – 0.03; |
| – Нүүрстөрөгч – 92; | – Үнс – 0.15; |
| – Устөрөгч – 5.5; | – цайр – 0.04; |
| – азот – 0.9; | – нафталин – 11; |
| – хүчилтөрөгч – 1.6; | |

Нэрлэгийн бүтээгдэхүүний гарц, %:

- | | |
|---------------------|---------------------|
| – б.э – 180°C – 5; | – 270 – 300°C – 5; |
| – 180 – 230°C – 9; | – 300 – 360°C – 21; |
| – 230 – 270°C – 10; | – Үлдэгдэл – 50; |

Өнөөгийн байдлаар нүүрсний давирхайнаас гетероцагирагт нэгдлүүд ба ПАНУ–ийн 95%–ийг гарган авч байна. Давирхайн найрлаганд ойролцоогоор 10.0 мянга гаруй төрлийн бодисууд агуулагддаг бөгөөд түүнээс 500 гаруй бодисыг таньж тодорхойлжээ. Давирхайн 50% орчим нь буцалдаггүй фракцуудаас бүрдэх бөгөөд эдгээр поликонденсацлагдсан бүтэцтэй ароматик нүүрсустөрөгчид ба тэдгээрийн полимержилтын бүтээгдэхүүнүүд байдаг. Давирхайг 360°C хүртэл нэрсэн фракцид дараах бүлэг органик нэгдлүүд агуулагддаг байна.

Үүнд:

- Нафталины фракц 8–12%
- Бензолын фракц 5–9%
- Антрацены фракц 21–26%

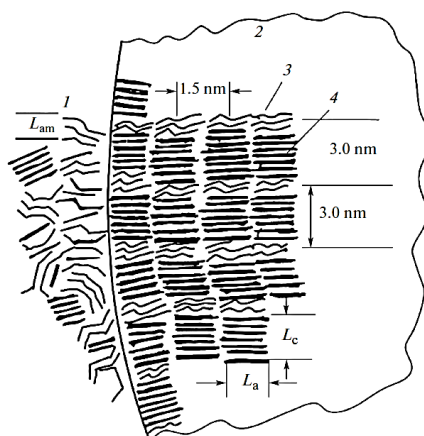
– Бусад 360°C–ээс дээш температурт давирхайн үлдэгдэл хэсэг нь бага дэгдэмхий бодис агуулдаг бөгөөд тэдгээрийн дундаж гарц нь 2% орчим байдаг. Давирхайны чанарын чухал шинж чанар нь янз бүрийн органик уусгагчид уусах чадвараар нь үнэлдэг бүлгийн найрлага юм.

Үүнд:

- Петролейны эфирт уусдаг хэсэг (γ -фракц)
- Толуолд уусдаг боловч петролейны эфирт уусдаггүй хэсэг (β -фракц)
- Толуолд уусдаггүй хэсэг (α -фракц) [51].

α фракцийг хинолинд уусдаг (α_1 фракц) ба хинолинд уусдаггүй (α_2 фракц) гэж хуваана. Бүлгийн найрлага нь давирхайн технологийн шинж чанарыг илтгэдэг.

Тухайлбал: зөөлрүүлэх температур, динамик зууралдлага, коксжих чанар, коксын үлдэгдлийн гарц г.м. Дараах зурагт давирхайн ерөнхий бүтцийг харууллаа.



1–р зураг. Давирхай дахь мезофазын бөөмсийн схемийн диаграмм [53].

Тайлбар: 1–Изотроп фаз, 2–Мезофазын бөөмийн хэсэг, 3–Аморф фаз, 4–Талстууд

Бал чулуун электрод үйлдвэрлэхэд давирхай нь гол холбогч болж өгдөг бөгөөд чухал шинж чанар нь түүний бичил бүтэц, тодорхой хэмжээтэй мезофазын бичил бөмбөлөгүүд байдаг [49], [51]. Давхар холбогч бодис дахь мезофазын формацийг [53], [54] нематик шингэн талст гэж үздэг бөгөөд тэдгээр нь хоорондоо зэрэгцэн багцалсан, хавтгай поликонденсацлагдсан бүтэцтэй ароматик молекулуудаас бүрддэг. Дэлхий дахинаа жилд 350.0 сая тонн кокс үйлдвэрлэдэг ба түүнийг дагалдаад 14.0 сая тонн нүүрсний давирхай боловсруулдаг. Энэхүү давирхайг боловсруулж төрөл бүрийн химийн бүтээгдэхүүнүүдийг үйлдвэрлэдэг бөгөөд зарим тохиолдолд давирхайг шууд зуухны түлш болгон ашигладаг.

1.2. Давирхайг түлш шатахууны чиглэлээр ашиглах

Нүүрсний коксжуулалтаар үүссэн давирхайг бензин (б.э–180°C), дизель (180–360°C), үлдэгдэл (360°C –ээс дээш) фракцуудад салган нэрж бүтээгдэхүүнүүдийг ялгадаг. Нэрлэгийн эхний фракц болох б.э–180°C хөнгөн фракцийн найрлага болон октаны тоог тодорхойлсны үндсэн дээр тохирох бензинд хольж ашиглана. Түүнээс гадна энэ хөнгөн фракцийн C₄–өөс бага нүүрсустөрөгчид, C₅–C₆ бүхий нүүрсустөрөгчид, C₇ ба түүнээс дээших нүүрсустөрөгчид гэж 3 хэсэгт хувааж химийн үйлдвэрүүдэд түүхий эд болгон ашиглах эсвэл бензинд нэмж ашиглаж болдог [55]. Давирхайн нэрлэгийн дунд фракц 200–350°C хязгаарт буцлах фракцийн найрлага болон цетаны нь тоог тодорхойлсоны дараа дизелийн түлшинд стандартын шаардлагын дагуу хольж өгч ашигладаг. Энэ фракц нь ерөнхийдөө C₁₁–C₂₂ бүхий нүүрсустөрөгчдийг агуулж байдаг. Өөр нэг чухал шинж чанар бол нягт байдаг. Нүүрсний давирхайнаас гарган авсан

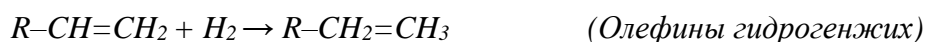
дизелийн түлшний фракцын нягт нь их цетаны тоо нь бага байдаг [56]. Мөн 160°C–260°C –ийн фракцийг ялган авч онгоцны түлш керосиныг гарган авч болно. Энэ фракцд C₉–C₁₄ бүхий нүүрсустөрөгчид агуулагддаг. Хүхэр болон нафталины агуулгаас нь хамааруулж энэ фракцыг онгоцны түлшинд шууд нэмэх эсэхийг нь шийддэг [57].

Хатуу төлөвтэй өөрөөр хэлбэл устөрөгчийн дутагдалтай төрөл бүрийн түүхий эдүүдийг дулааны боловсруулалтад оруулах замаар нефть төсөөт шингэн бүтээгдэхүүн гарган авч түүний нэрлэгийн фаркцуудтай төсөөтэй фракцуудад салган нэрж нэрлэгийн бүтээгдэхүүнүүдийг гидроболовсруулалт, шүүх, катализаторт крекинг зэрэг хоёр дахь шатны боловсруулалтад оруулж сайн чанарын түлш шатахуун гарган авч хэрэглээнд нэвтрүүлсэн туршлага олон бий. Тухайлбал: Хаягдал дугуй [58], Хаягдал полимер [59] Биомасс [7], байгалийн биутм [60] занар [8], нүүрсний хагас коксжуулалтаар үүссэн давирхайг [9], [10] боловсруулж бензин, дизель түлш гарган авах судалгааны ажлууд нь нэлээд анхаарал татсан сэдэв юм. Олон судлаачид нүүрсний давирхайг устөрөгчжүүлэх замаар [11]–[13] түлш, шатахуун гарган авах оролдлогуудыг хийсэн бөгөөд уг процессыг илүү үр дүнтэй явуулах катализаторын хөгжүүлэлтийн судалгааны ажлууд хийгдсээр байна [14]–[16]. Үүнээс гадна зарим эрдэмтэд бензол [17], нафталин [18], тиофен [19], хинолин [20] болон бусад бодисуудыг устөрөгчжүүлэх урвалын механизмыг судалсан ажлуудыг үзэж болох юм.

Нүүрсний давирхайд их хэмжээний нүүрсустөрөгчийн нэгдлүүд агуулагддаг тул гидроболовсруулалт, гидрокрекингийн процессыг түлхүү ашигладаг [21]. Эдгээр процессууд нь өөр хоорондоо ялгаатай процессууд бөгөөд гидроболовсруулалт нь гетероатомуудыг зайлуулах, алкен болон ароматик нэгдлүүдийг гидрогенжүүлэх, C–C холбооны задралыг тодорхой хэмжээнд барих зорилготой. Харин гидрокрекингийн процесс нь C–C холбоог задлах, молекул жинг бууруулах юм. Гидроболовсруулалт процессыг 250–430°C температурт, 30–320 атм. даралт, эзэлхүүний 0.5–10цаг⁻¹ хурд, устөрөгч агуулсан эргэлтийн хий ба түүхий эдийн харьцаа 360–600 м³/м³, катализаторын нөлөөн дор явуулдаг [61]. Ийм нөхцөлд өндөр молекулт нэгдлүүд, түүний дотор хүхэр, азотыг агуулсан нэгдлүүд хүхэрт устөрөгч, аммиакийг үүсгэн задарна. Хүхэрт устөрөгч болон зарим энгийн нэгдлүүд эргэлтийн хийн дэх устөрөгчтэй урвалд орсны дүнд үүсч болно. Катализаторын шинж чанар, технологийн горим, түүхий эдийн чанар, гарган авах эцсийн бүтээгдэхүүний нэр төрлөөс хамаарч устөрөгчжүүлэх процессууд хоорондоо маш их ялгаатай байдаг. Устөрөгчжүүлэх процессын үндсэн зорилго нь бүтээгдэхүүний нүүрсустөрөгчийн бүрэлдэхүүнд нэг их өөрчлөлт оруулалгүйгээр шинж чанар,

үзүүлэлтийг сайжруулахад оршино. Зарим тохиолдолд түүхий эдийн найрлагын нүүрсустөрөгчийн бүтэц байгуулалтад өөрчлөлт оруулан боловсруулах шаардлага гарах ба энэ тохиолдолд бүтцийг өөрчлөх устөрөгчжүүлэлт, гидрокрекингийг хэрэгжүүлэх шаардлага гардаг.

Гидроболовсруулалтын үед дараах химийн урвалууд явагдана:



Энд R нь нүүрсустөрөгчийг илэрхийлж байна.

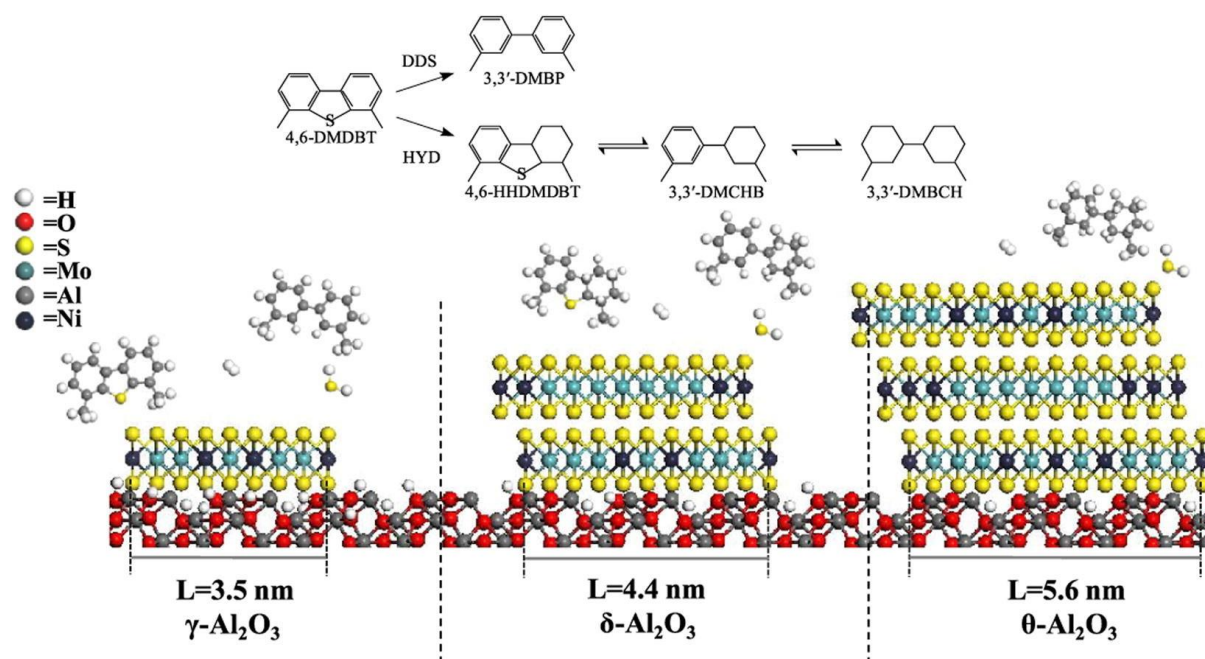
Устөрөгчжүүлэх байгууламжийг устөрөгчөөр хангах асуудал маш чухал. Устөрөгчийн зарцуулагдах хэмжээ нь процессын горим, боловсруулж байгаа бүтээгдэхүүний найрлагаас хамаарна. Процессын даралт ба түүхий эд дэх хүхрийн агуулга өндөр байх тусам устөрөгчийн зарцуулагдах хэмжээ их байна. Жишээ нь: процессын даралт 3 дахин нэмэгдэхэд устөрөгчийн зарцуулалт 2.2–2.3 дахин нэмэгддэг. Түүхий эдийн молекулийн жин нэмэгдэх тутам устөрөгчийн зарцуулалт өснө [62].

Гидроболовсруулалтын процесст нөлөөлөх үндсэн параметрууд нь бусад катализаторт процессуудын нэгэн адил температур, даралт, түүхий эдийг өгөх эзэлхүүний хурд, устөрөгч агуулсан эргэлтийн хийн найрлага ба түүн дэх устөрөгчийн хэмжээ болно. Гидроболовсруулалтын катализатор: Устөрөгчжүүлэх процессын катализаторууд нь устөрөгчжүүлэх, задлах (крекирующая), изомержүүлэх гэсэн үндсэн үүрэгтэй. Эхний үүргийг гол төлөв Менделеевийн үелэх системийн VIII бүлгийн металлууд, мөн VI бүлгийн зарим металлуудын ислүүд ба сульфидууд гүйцэтгэдэг. Задлах үүргийг суурь болох хөнгөнцагааны исэл, алюмосиликатууд, магний силикатууд гүйцэтгэнэ. Суурь нь бас изомержүүлэх үүргийг гүйцэтгэнэ. Ихэнх түүхий эдэд хүхэрт нэгдэл агуулагдах тул хүхэрт тэсвэртэй катализаторуудыг хэрэглэдэг. Тийм катализатор нь металлын сульфидууд юм.



2-р зураг. Хөнгөнцагааны оксидод суурилсан
никель молибдений катализатор.

Орчин үеийн ихэнх процессуудад нүх сүв ихтэй суурь (гол төлөв хөнгөнцагааны исэл) дээр суурилсан молибдентэй хосолсон Co, Ni-ийг катализатороор ашигладаг. Co/Mo нь хүхрийг ялгахад илүү сонгомол байдаг бол Ni/Mo нь азотыг зайлуулахад илүү сонгомол байдаг. Ni/Mo катализаторууд нь Co/Mo катализатороос илүү устөрөгчжүүлэх идэвхтэй учраас ийм байна. Хэдийгээр Ni/W нь Ni/Mo-ээс илүү денитрогенжих түвшинтэй боловч Ni/W нь Ni/Mo-ээс илүү үнэтэй байдаг тул Ni/Mo нь газрын тос боловсруулах үйлдвэрүүдэд азотыг зайлуулахад илүү их ашиглагддаг [63]. Заримдаа никель, вольфрамын сульфидын катализаторыг хэрэглэдэг. Катализаторуудыг гол төлөв исэл хэлбэрээр ашиглана. Хүхэр агуулсан түүхий эдийг устөрөгчжүүлэхэд кобальт (эсвэл никель) ба молибдений ислүүд бүрэн юмуу хэсэгчлэн сульфид хэлбэртээ шилждэг. Реакторыг катализатороор цэнэглэсний дараа хүхэрт устөрөгч юмуу хүхэр агуулсан нэгдэл, устөрөгчөөр үйлчлэн катализатораа урьдчилан хүхэржүүлдэг. Ялангуяа сульфидын хэлбэрт шилжүүлсэн молибдений катализатор C-S холбоо тасрах замаар явдаг устөрөгчжүүлэх урвалд маш өндөр идэвхтэй байдаг [64].



3-р зураг. Катализатор хүхэрт нэгдэлтэй үйлчлэх механизм [65].

Хүхэржүүлсэн катализаторын талстын захад байрлах Ni ба Mo-ны атомуудад хүхэр холбогдоогүй байдаг. Урвалын орчинд хүхэрт нүүрсустөрөгчид катализаторыг мөргөх үед хүхэр нь захын байрлалд орших Ni, Mo-ын атомуудтай сул холбоо үүсгэдэг. Энэ үед C-S холбоо суларсан байх тул урвалын орчинд орших устөрөгч нь энэхүү хүхрийн атомыг тухайн нэгдлээс салгаж нэгддэг. Ингэж хүхэрт устөрөгч үүснэ.

I.3. Давирхайг замын битумын чанар сайжруулах нэмэлтээр ашиглах

Эдийн засгийн хурдацтай хөгжлийг дагалдаад дэлхийн өнцөг булан бүрт байгаа зам дээрх ачааны машин, автомашин болон бусад тээврийн хэрэгслийн тоо жил жилд өсөн нэмэгдсээр байна. Иймээс сайн чанарын зам барихын тулд түүний хучилтад өндөр чанартай асфальт материал шаардагдах боллоо. Өнөө үед замын гүйцэтгэлийг сайжруулахын тулд төрөл бүрийн модификаторуудыг ашиглаж байна. Модификатор нэмэх нь хайрга чулуутай барьцалдах чадварын нэмэгдүүлэх, хэв гажилтанд тэсвэртэй, ачаалал даах, бага температурт өөрийн шинж чанараа удаан хадгалах зэрэг олон давуу талуудыг бий болгодог. Хучилтын асфальтын шинж чанарыг сайжруулахын тулд байгалийн болон нийлэг полимеруудыг ашигладаг [25]–[29]. Энэхүү арга нь битумын өөрийн өртгийг нэмэгдүүлэх сул талтай [30]. Битумын чанарыг сайжруулдаг өөр нэгэн нэмэлт нь олон төрлийн функциональ бүлэг агуулсан нүүрсний давирхайн нэрлэгийн үлдэгдэл пек юм. Давирхай нь нүүрсний коксжуулалтын явцад үүсдэг [31]–[33] бөгөөд түүний найрлагад бага молекулт органик нэгдлүүд (формальдегид, малены ангидрид) [34], [35] хүхэр агуулсан органик хам полимерууд агуулагддаг [36]. Зарим судлаачид [37], [38] фенол формальдегидийн давирхайг нефтийн битумын хувьд үр дүнтэй модификатор болохыг тогтоосон байдаг. Судлаач Н. Камото, Ж.Гоя болон бусад судлаачид нүүрсний давирхайн атмосферийн нэрлэгийн үлдэгдлийг 50% байхаар тооцож түүний дээр автомашины ашигласан тос–20%, дугуйны үйрмэг–30%–ийг нэмж замын битум гарган авах судалгааны ажлыг хийсэн байдаг [39]. В. Дэмчук ба бусад судлаачдын битумд 1%–иар фенол–крезол–формальдегидын давирхай нэмэхэд битумын барьцалдах чанар илүү нэмэгддэгийг тогтоожээ [40]. Битумын чанарыг сайжруулдаг дээр дурьдсан олон төрлийн нэмэлтүүд байдгаас хамгийн ихээр анхаарал татаад байгаа нь нүүрсний давирхай юм [41][42].

Нүүрсний давирхайг нэрэх замаар нүүрсний давирхайн пекийг (НДП) гарган авдаг[43]. Нүүрсний дулааны боловсруулалтын үед үүссэн давирхай нь сайн чанарын холбогч материал болж өгдөг[44]. Давирхайг хадгалах явцад өөрийн хөнгөн фракцуудаа хялбархан алдаж асфальтены бодисуудыг үүсгэдэг [45]. НДП битумын чанарыг онцгой нэмэгдүүлэх чадвартай байдаг бөгөөд энэ түүний найрлагад давирхайлаг, асфальтены нэгдлүүд их хэмжээтэй агуулагддагтай холбоотой юм [46].

Модификацад оруулаагүй битумыг замын асфальтад ашиглах нь улирлын чанараас хамаарсан цаг уурын өөрчлөлтөд маш мэдрэмгий байдаг [40]. Үүний гол шалтгаан нь байгалийн болон механик үйлчлэлд битумын химийн бүтэц хялбархан

өөрчлөгддөгтэй холбоотой [47]. НДП нь нефтийн нэрлэгийн пектэй харьцуулахад битумын системд илүү сайн нэвчиж наалдамхай чанарыг сайн нэмэгдүүлдэг ба энэ нь түүний найрлага дахь S, N, O бүхий функционалт нэгдлүүд нь НДП, битумын хооронд физикийн болон химийн холбоог сайн үүсгэдэгтэй холбоотой. НДП-ээр битумын чанарыг сайжруулахад олон хүчин зүйл нөлөөлдөг. Үүнд: НДП жижиг хэсгийн хэмжээ, холих хугацаа, хурд, технологи, нэмэлтийн концентраци г.м. [48]. НДП-ийн нэмэлттэй асфальт хольцын уян харимхай чанар нь буурдаг. НДП-ийг битумтэй холих явцад хөнгөн нүүрсустөрөгчид нь хүнд нэгдлүүдэд шилжих ароматик цагираг хоорондын поликонденсацийн урвалууд эрчимтэй явагддаг [46].

Битум нь найрлагадаа асар олон төрлийн бодисуудыг агуулдаг нарийн нийлмэл хольц учир НДП-ээр битумын чанарыг сайжруулах процессын механизм өнөөг хүртэл нарийн тайлбарлагдаагүй байдаг. Давирхайлаг-асфальтат нэгдлүүд нь битумыг бүрдүүлэгч хамгийн чухал үндсэн хэсгүүд юм. Давирхайлаг-асфальтат нэгдлүүдийн агуулга болон тэдгээрийн химийн найрлагаас битумын физик-химийн шинж чанар шууд хамаарна. Нүүрсний давирхайн боловсруулалтаар гарган авсан 360°C-ээс дээших үлдэгдэл нь химийн найрлагын хувьд давирхайлаг-асфальтат нэгдлүүдээс тогтдог болохыг олон судлаачид тогтоосон байдаг [66]. Ийм үлдэгдлийг битум дээр нэмэлтээр нэмж өгвөл битумын давирхайлаг-асфальтат нэгдлүүдийн агуулгыг нэмэгдүүлж ашиглалтын олон шинж чанаруудыг сайжруулах давуу талтай.

I.4. Битумын тухай ерөнхий ойлголт

МЭӨ 6000 оноос хойш хүн төрөлхтөн битум, битум материалыг барилгын ажилд ашиглаж ирсэн түүхтэй. Битум нь асар өргөн хүрээнд хэрэглэгддэг нефтийн чухал бүтээгдэхүүний нэг юм. Тухайлбал: хайрга чулууг хооронд нь барьцалдуулах, засмал замын холбогч материал, завь, усан сан, цахилгаан утасны үйлдвэрлэлд, чийг дулаан тусгаарлагч болгон ашиглах г.м. Эртний Египетэд шарил занданшуулахдаа битумыг ашиглаж байсан баримтууд олон бий. Мөн түүнчлэн Грек, Ромд битумыг зам, барилгад ашиглах төдийгүй цэрэг, дайны зэвсэг болгон ашигладаг байжээ. Битумыг гаргаж авдаг хэд хэдэн төрлийн аргууд байдгаас өнөөдөр дэлхий хамгийн өргөн хэрэглэж буй нь нефтийн нэрлэгийн арга, байгалийн битумын боловсруулалт юм.

I.4.1. Нефтийн битум

Битум нь хүхэртустөрөгч, хлороформ ба бусад органик уусгагчид сайн уусдаг, нэлээд их хэмжээний асфальтат-давирхайлаг бодис, мөн бага хэмжээний хүхэр, хүчилтөрөгч, азот агуулсан өндөр молекулт бодисуудын холимог бүтээгдэхүүн юм.

Битумыг нефть, хүлэр, занар, нүүрс зэргийн боловсруулалтаар гарган авдаг [67]. Нөгөөтэйгүүр битум нь усанд уусдаггүй хатуу буюу шингэн хольц юм. Битумыг авто зам, янз бүрийн барилга байгууламж, дээврийн хар цаасны материалын үйлдвэрлэл, асфальтен, лак, хэвлэлийн будаг үйлдвэрлэхэд өргөн ашиглана.

Битумыг хэрэглэгдэх байдлаар нь дараахь төрлөөр үйлдвэрлэж байна.

- Амархан зөөлөрдөг замын зуурамтгай битум
- Барилгын битум
- Замын шингэн битум
- Дээврийн бусад хар цаасны материалын битум
- Тусгаарлагч битум
- Өндөр температурт хайлдаг битум
- Тусгай зориулалтын

Битумын чанарын гол үзүүлэлтүүд нь хатуулаг, зууралданги чанар, сунах чанар, зөөлрөх хэм зэрэг орно [55].

Нефтиэс битум гарган авах боломж нь түүнд агуулагдаж байгаа давирхай, асфальтены хэмжээнээс хамаардаг. Тэдгээрийн агуулгыг БашНИИ НП-ийн харьцаагаар илэрхийлдэг.

$$A+D-2P>0 \quad (1)$$

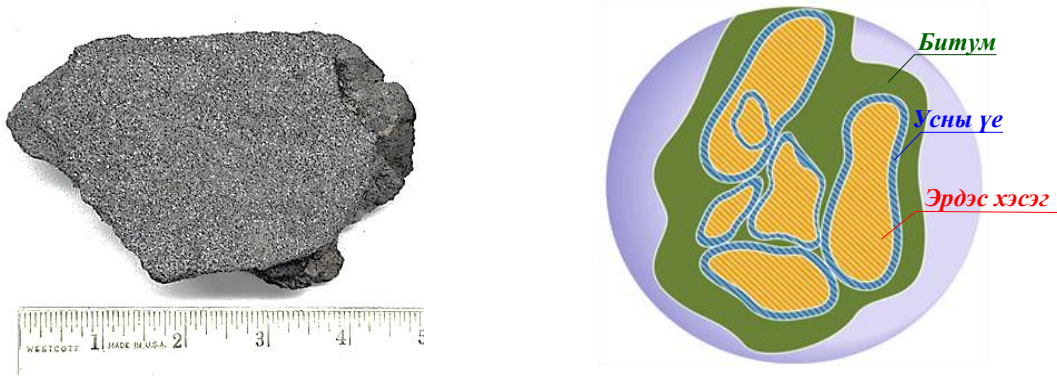
A, D, P-агуулагдаж байгаа асфальтен, давирхай, парафины агуулга, мас. %

Хэрвээ энэ тэнцэтгэл бишийн зүүн тал нь тэгээс бага байвал тухайн нефть нь сайн чанарын битум гаргахад тохиромжгүй гэж үздэг [68].

I.4.2. Байгалийн битум

Битумжсэн элс нь нефтийн уламжлалт бус эх үүсвэрийн нэг төрөл бөгөөд хар болон хар хүрэн өнгөтэй халаахад аажмаар зөөлөрч шингэн төлөвт, хөргөхөд хатуу төлөв байдалд шилждэг, өндөр молекулт НУ-д болон гетероатомт нэгдлүүдийн хольц юм [69]. Битумжсэн элс нь зууралдамхай хүнд нефть, битум, ус ба шаврын холимогоос бүрдсэн байгалийн түүхий эд юм. Голчлон нефтийн битумын нөөцийг нэмэгдүүлэх зорилгоор битумт элсийг олборлож, боловсруулдаг [70].

Битум нэвчсэн элс, элсэнцэр, шавранцар зэрэг байгалийн чулуулгийг битумжсэн элс гэнэ. Битумжсэн элс нь 15% хүртэл битум, 80–85%-ийн эрдэс хэсэг, 4–6%-ийн уснаас тогтдог [71].



4-р зураг. Битумжсэн элснийгадаад байдал, байгаль дээрх бүтэц.

Битумжсэн элс нь байгаль дээр өтгөн ба зууралдамхай хэлбэртэй, цэврээр болон уулын эрдэс чулуулагтай холилдсон байдлаар оршдог [72] бөгөөд усанд уусдаггүй, харин хлороформ, бензолд хялбархан, бензинд муу уусдаг юм.

Битумжсэн элснээс ялгасан битум нь бүтэц найрлага, физик-хими, физик-механикийн шинж чанараараа нефтийн битумтэй төсөөтэй.

Битумжсэн элсийг битумын агуулгаар нь дараах байдлаар ангилна.

- Баялаг (> 10 мас.%)
- Дунд зэргийн (5–10 мас.%)
- Бага (5 мас.% хүртэл).

Ялгасан битумыг хэд хэдэн төрөлд хувааж ангилна. Үүнд:

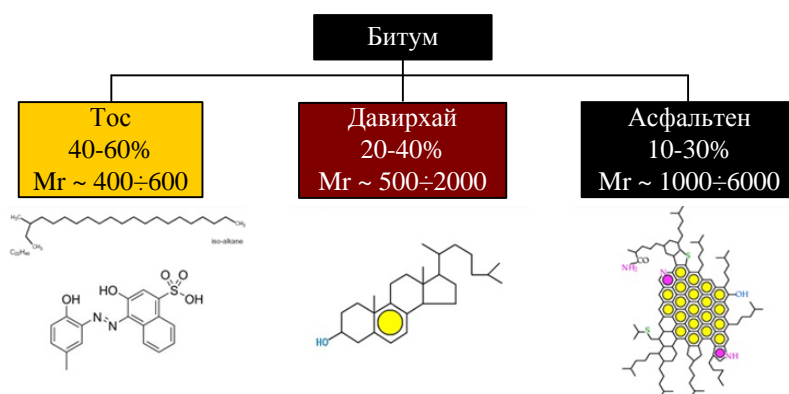
Байгалийн хатуу битум (асфальтит): Энэ нь хайлц муутай байгалийн хатуу асфальтит юм. Асфальтит нь 25% хүртэл тос, 75% орчим давирхайлаг болон асфальтены бодис агуулсан байх ба нягт нь $1.1-1.2\text{г/см}^3$, зөөлрөх температур нь $145-215^{\circ}\text{C}$ байна [71].

Байгалийн өтгөн битум (асфальт): Энэ нь 25–40% тос, 60–75% асфальтит болон давирхайлаг бодис агуулсан байдаг. Байгалийн өтгөн битумын найрлаганд эрдсийн хольц агуулагдах бөгөөд түүнийг “асфальт” гэж нэрлэдэг. Тэр нь гялалзсан хар эсвэл хар саарал өнгөтэй, бага зэрэг халаахад уярдаг. Байгалийн өтгөн битум нь асфальтены агуулга багатай харин давирхай, тосны агуулга өндөртэй [69].

Байгалийн шингэн битум (мальт): Энэ нь үндсэндээ тос буюу давирхайгаас тогтох ба 40%–иас дээш тос, 60% хүртэл асфальт–давирхайлаг бодис агуулдаг. Элементийн найрлагаар өтгөн битумтэй ойролцоо байна. Хувийн жин $0.9-1.2\text{г/см}^3$. Байгалийн шингэн битумыг мальт гэж нэрлэдэг. Мальтад хүнд давирхайлаг өтгөн нефть хамаарагддаг. Асфальтит, асфальт, мальтыг зааглан тогтоох ангиллын хязгаарыг тосны бүрдэл болоод давирхайлаг асфальтены бодисуудын агуулгаар тогтоож хуваадаг [71].

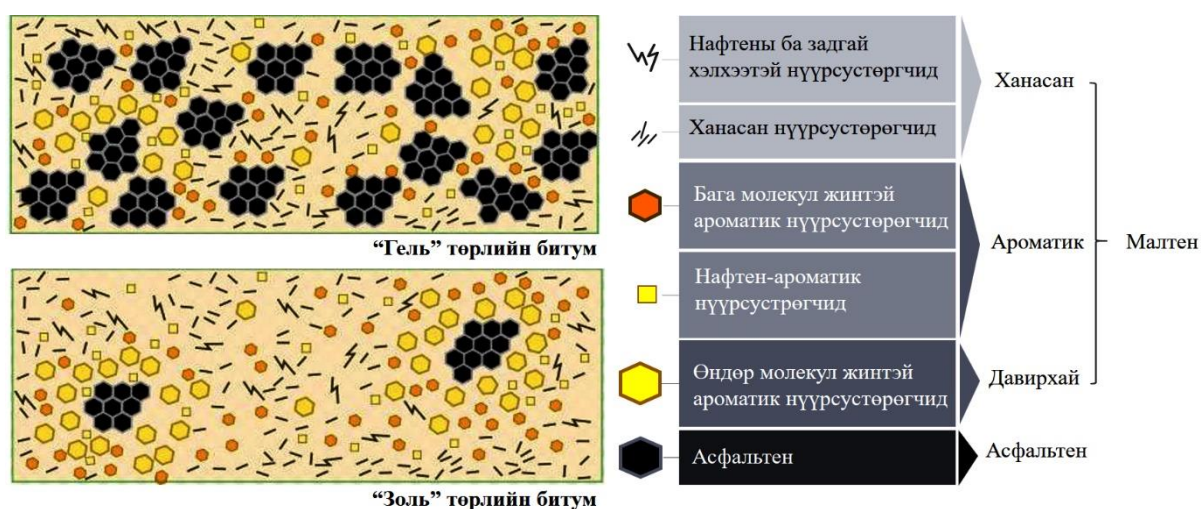
I.5. Битумын химийн шинж чанар, найрлага

Битум нь тасалгааны температурт өтгөн зууралдамхай, халаахад аажим зөөлөрдөг, хөргөөд хатуу төлөвт шилждэг бөгөөд толуолд бүрэн уусдаг нүүрсустөрөгчид ба тэдгээрийн уламжлалуудаас тогтдог [73]. Битумыг бүрдүүлж буй нүүрсустөрөгчид нь молекул жингээрээ харилцан адилгүй асар олон тооны туйлтай ба туйлгүй нэгдлүүд ба тэдгээрийн гетеро уламжлалт нэгдлүүдээс тогтоно [74], [75]. Битумын химийн найрлага, бүтцээс түүний шинж чанар хамаарна. Битум нь химийн найрлагын хувьд асфальтен, давирхай, тос гэсэн химийн үндсэн 3 бүлэг макро молекулуудын агуулдаг ба сайн чанарын битумын химийн найрлагын хувьд асфальтен 25%, давирхай 25%, тос 50% агуулдаг. (5-р зураг).



5-р зураг. Битумын химийн бүлгийн найрлага

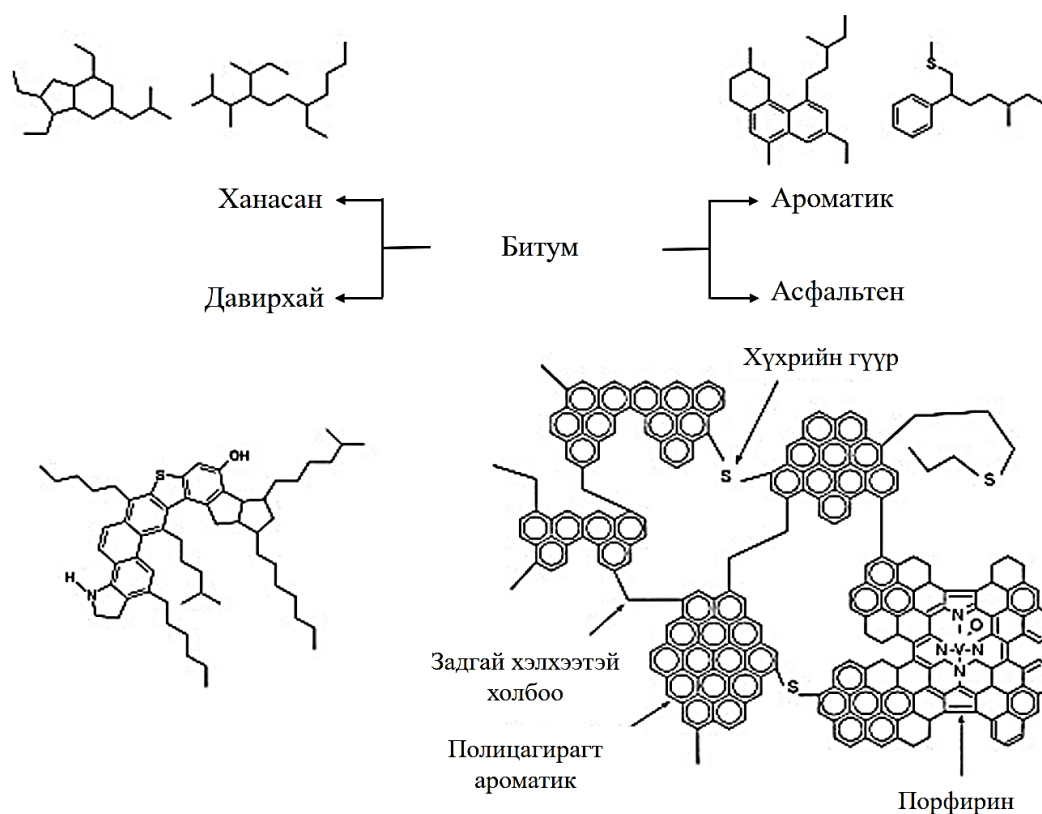
Эдгээр нүүрсустөрөгчид битумын системд хэрхэн тархдаг болохыг 3-р зургаас харж болно.



6-р зураг. Битум дахь давирхай, асфальтен ба тосны ерөнхий тархалт [76]

Битумын элементийн найрлагад нүүрсустөрөгч (C) 80–85%, устөрөгч (H) 8.0–11.5%, хүчилтөрөгч (O) 0.2–4.0%, хүхэр (S) 0.5–7%, азот (N) 0.2–0.5% эзэлдэг. Мөн битумын

найрлагад хэд хэдэн металл: ванади (V), циркони(Se), никель (Ni), кобальт (Co), уран (U), төмөр (Fe) агуулсан бүрэлдэхүүн хэсгүүд орсон байдаг [77]. Молекулын үүднээс авч үзвэл дээрх туйлт гетероатомт нэгдлүүд нь: сульфид, тиол ба сульфоксид, кетон, фенол ба карбон хүчил, пиррол ба пиридин нэгдлүүд, ихэнх металлууд нь металлопорфирин зэрэг комплекс нэгдэл үүсгэсэн байдаг [78], [79]. Битум нь янз бүрийн ароматик (C_nH_{2n-6}), нафтен (C_nH_{2n}), бага зэрэг метаны НУ (C_nH_{2n+2}), мөн өндөр молекулт болон гетероцагирагт 300–2000 орчим химийн нэгдлүүдээс тогтсон нийлмэл систем юм. Битумд бага хэмжээгээр байх хүчилтөрөгч, хүхэр, азот зэрэг идэвхитэй функциональ бүлэг $-OH$, $-COOH$, $-NH_2$, $-SH$ үүсгэхэд оролцдог бөгөөд битумын шинж чанарт чухал нөлөөтэй. Олон төрлийн хольцоос бүрдсэн учир түүний бүтцийг судлахдаа ХАДА (ханасан, ароматик, давирхай, асафальтен) аргыг ашигладаг [80]



7-р зураг. Битумын найрлага дахь ХАДА нүүрсустөрөгчид [81]

Асфальтен: Энэ нь давирхайн хамгийн нягтарсан бүрэлдэхүүн юм. Чөлөөт байдалтай, хялбар хайлдаггүй, хар эсвэл бор өнгөтэй хатуу бодис юм. Асфальтен нь битумын найрлагын 5–25% эзэлдэг бөгөөд н-гептанд уусдаггүй, харин толуолд уусдаг тасалгааны температурт 5–30 μm хэмжээтэй ширхэгийн хэмжээтэй хатуу бодис юм [82]. Асфальтен нь хүчилтөрөгч, азот, хүхэр, хүнд металл (V, Ni, гэх мэт) урт алифатик гинжин хэлхээ бүхий (30 хүртэл нүүрстөрөгч) металл–порфирин зэрэг комплекс, пирролик ба пиридин

зэрэг нэгдлүүдээс тогтдог. Асфальтены хими–физикийн шинж чанар нь дараах үзүүлэлтээр тодорхойлогдоно: Молекулын масс 900–6000, нягт нь дунджаар 1000 кг/м^3 –ээс бага зэрэг дээш буюу $1.01\text{--}1.24 \text{ г/см}^3$, задрах температур $175\text{--}240^\circ\text{C}$, нүүрстөрөгч, устөрөгчийн атомын харьцаа нь $\text{C:H}=0.78\text{--}0.94$ ароматик НУ–д уусах чанар сайн бөгөөд парафинт НУ–д маш муу, харин цагираг парафинт НУ–д /нафтены/ тодорхой хэмжээгээр уусдаг. Асфальтен бол хүчилтөрөгч, хүхэр, азот, агуулсан нэгдэл ба металлын комплекс–порфирин бүхий нефтийн өндөр молекулт нэгдэл юм [83]. Асфальтены элементийн агуулгыг 2–р хүснэгтээр үзүүлэв.

2–р хүснэгт

Асфальтены элементийн агуулга

Бүтээгдэхүүн	Элементийн найрлага, %				
	Нүүрстөрөгч(C)	Устөрөгч(H)	Хүчилтөрөгч(O)	Хүхэр(S)	Азот(N)
Асфальтен	80–89	7–8.5	3–5	1–8.5	1–3

Битумын доторхи асфальтены молекулууд нь битумын бат бэх, хэв гажилт, чулуун материалтай нийлж холбогдоход нөлөөлдөг. Асфальтен бол битумд бүтэц үүсгэхэд нөлөөлөх ба барьцалдуулагч хамгийн чухал хэсэг юм.

Тос: Битумын тос НУ–дийн янз бүрийн нарийн хольцыг өөртөө агуулсан байх ба молекулын дундаж масс 400–600, дундаж нягт нь $0.911\text{--}0.923 \text{ г/см}^3$. Тос нь асфальтеныг уусгах нөлөө бүхий болон асфальтеныг уусгахгүй, тэрчлэн тундасжуулагч НУ–ийг агуулсан байдаг. Тосны найрлаганд бага температурын үед заримдаа талст хэлбэрээр ялгардаг НУ–д оролцдог. Тэрчлэн тосонд маш бага хэмжээний ижил биш цагираг бүхий НУ оролцсон байдаг [71]. Тосны элементийн агуулгыг 3–р хүснэгтэд үзүүлэв.

3–р хүснэгт

Тосны элементийн агуулга

Бүтээгдэхүүн	Элементийн найрлага, %				
	Нүүрстөрөгч(C)	Устөрөгч(H)	Хүчилтөрөгч(O)	Хүхэр(S)	Азот(N)
Тос	85–88	10–14	Маш бага	4.5	Маш бага

Тос нь битумын зөөлрөх температур ба хатуулаг чанарыг бууруулж тэдгээрийн уурших ба урсах чанарыг сайжруулж битумын хатах чанарыг бууруулдаг. Тосны C:H –ийн харьцаа ароматикжилтын зэргээр тодорхойлогддог бөгөөд C:H –ийн харьцаа $0.63\text{--}0.72$, зөөлрөх температур нь $35\text{--}90^\circ\text{C}$ байдаг. Битумын болон асфальтены уусах чанарт тос ихээхэн нөлөөтэй. Тосны агуулгын хэмжээнээс битумын хатуулаг чанар ихээхэн хамаардаг. Тос хасах температур дахь битумын хэв гажилтанд асфальтены бүрдэл ба давирхайн уусах чанарт их нөлөөлдөг [72].

Давирхай: Давирхай нь хатуу, шингэн зууралдамхай чанар ихтэй, улаан-хүрэн өнгөтэй. Нягт нь $0.99-1.08\text{г/см}^3$, дундаж молекул масс нь $600-1000$. Түүний найрлагад орсон ароматик, цагираг, парафинт ба гетероцагирагт нэгдлүүд бүтцийн үндсэн бүрэлдэхүүн хэсэг юм. Давирхайн молекул нь нийлмэл бүтэцтэй ароматик ба нафтены цагирагууд нь хоорондоо богино (алифатик) холбоо болох $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ ба гетероатомт холбоогоор холбогддог [84]. Давирхайг фенолд уусах байдлаар нь хоёр бүлэгт хуваадаг. Үүнд:

- Молекул масс бага, нягт ихтэй бөгөөд хүхэр, хүчилтөрөгч, азотын агуулгаар өндөр, харин устөрөгчийн агуулга багатай фенолд уусдаг давирхай юм.
- Молекул масс нилээд өндөр нягт бага, хүхэр, азот, хүчилтөрөгч бага агуулсан бөгөөд спирт-бензолын давирхайтай адил устөрөгчийн агуулга ихтэй фенолд уусдаггүй давирхай гэж ангилдаг [68], [70].

Давирхай молекулын бүтэц ба химийн найрлагаараа асфальтентай ойролцоо, харин устөрөгч их агуулдаг тул, C:H-ийн харьцаа бага, S, N, O атомын ерөнхий агуулгаар бага зэрэг ялгаатай. Давирхайн элементийн найрлагыг 6-р хүснэгтэд харуулав.

4-р хүснэгт

Давирхайн элементийн агуулга

Бүтээгдэхүүн	Элементийн найрлага, %				
	Нүүрстөрөгч(C)	Устөрөгч(H)	Хүчилтөрөгч (O)	Хүхэр (S)	Азот (N)
Давирхай	80-85	9.0-11.0	3.0-4.0	0.7-1.4	0.6-1.4

Давирхай халаалт, исэлдүүлэлт зэрэг хүчин зүйлүүдэд амархан өөрчлөгддөг. Давирхай халаалт ба исэлдүүлэлтийн эсвэл адсорбентын нөлөөгөөр нягтрах замаар асфальтеныг үүсгэдэг. Давирхайн асфальтенаас ялгагдах гол ялгаа түүний уусах чанар болон молекул массын хуваарилалтанд байдаг. Давирхай нефтийн бүхий л НУ-дөд уусч өөрөө нефтийн туйлт хэсэг болох асфальтенаас туйлгүй хэсэг тосонд шилжилтийн орчин болдог ба асфальтеныг зөөлрүүлэгч буюу түүний уусгагч болж өгдөг [68].

Асфальтогены хүчил ба түүний ангидрид: Энэ нь бор хүрэн өнгөтэй өтгөн давирхайлаг төлөв байдалтай бодис юм. Асфальтогены хүчил спирт, хлороформд хялбар уусдаг, бензинд уусахдаа муу бөгөөд нягт нь 1г/см^3 -ээс дээш байдаг. Нефтийн битумд бага хэмжээгээр агуулагддаг. Асфальтогены хүчил ба түүний ангидрид нь битумын коллоид бүтцийг тогтворжуулж өгдөг [70].

Асфальтогены хүчил ба тэдгээрийн ангидрид битумын хамгийн их туйлт бүрэлдэхүүн учир түүнийг эрдэс материалуудын гадаргууд наалдуулахад чухал үүрэг гүйцэтгэдэг. Асфальтогены хүчил ба түүний ангидрид нь барьцалдуулагчийн хамгийн

их туйлт бүрдэл, тиймээс гадаргуугийн идэвхи хамгийн өндөр, чулуун материалд битумын наалдах идэвхийг тодорхойлдог.

Карбен ба карбоидууд: Энэ нь нефть ба түүний үлдэгдлийн өндөр температурын боловсруулалтын үед үүсдэг, нүүрстөрөгчийн өндөр агуулгатай бүтээгдэхүүн юм [85]. Карбен нь дөрвөнхлорт НУ–д уусдаггүй, карбоид нь хүхэрт нүүрстөрөгчид уусдаг. Нефтийн битумын найрлага нь нефтийн гарал үүсэл, гарч буй түүхий эдийн найрлага ба нефтийн үлдэгдлийг боловсруулах технологиос хамаарна.

Карбоидын химийн найрлагад нүүрстөрөгч 74.25%, устөрөгч 5.13%, хүхэр 8.16%, азот 1.10%, хүчилтөрөгч 10.86%, эзэлдэг ба C:H=14:5, саванжих тоо–124, хүчлийн тоо–4 байна. Карбоид нь хөө хэлбэрийн хатуу бодис юм. Карбен нь найрлага шинж чанараараа асфальтентай төстэй боловч нүүрстөрөгчийн агуулга болон нягт их, өнгө нь хар бараан өнгөтэй. Битумд карбен ба карбоид харьцангуй ховорхон байх боловч ихэвчлэн 1–3% байна [86].

1.6. Битумыг бүрдүүлэгч хэсгүүд түүний шинж чанарт нөлөөлөх нь

Битум нь асфальтен, давирхай, тосноос тогтсон коллоид хольц бүхий хатуу эсвэл хагас хатуу төлөвтэй бүтээгдэхүүн юм [69]. Давирхайлаг–асфальтат нэгдлүүд нь битумыг бүрдүүлэгч хамгийн чухал үндсэн хэсгүүд юм [66]. Тэдгээр бүрдүүлэгчдийн агуулга болон химийн найрлагаас битумын физик–химийн шинж чанар ихээхэн хамаарна [70].

Битумыг асфальтен, давирхай, ароматик ба ханасан нэгдлүүд гэсэн хэсгээс тогтсон гэж авч үзээд, асфальтены агуулгыг 25%, үлдсэн мальтены бүрдүүлэгчдийн аль нэгнийх нь агуулгыг өөрчилбөл битумын шинж чанар дараах байдлаар өөрчлөгдөнө. Давирхайн агуулга буурч, ханасан НУ–д ихсэх нь зүү шигдэлтийн гүнд төдийлөн нөлөөлөхгүй. Түүнчлэн давирхай ихсээд ханасан НУ–д багасахад битумын зөөлрөх температурт мөн нөлөө үзүүлдэггүй. Давирхай зууралдамхай чанарыг ихэсгэдэг ба энэ үед температураас хамаарсан зууралдлага бага хэмжээгээр өөрчлөгдөнө. Ханасан нэгдлүүд зууралдлагыг бууруулж, температурын хамаарлыг өөрчлөх ба харин ароматик нэгдлүүд нь нөлөө үзүүлдэггүй байна [85]. Хэрэв битумыг асфальтен, давирхай, тос гэсэн системээс тогтсон гэж үзвэл: Тос ба асфальтены харьцаа ихсэхэд пенетраци ихсэж, хэврэгших температур буурдаг бөгөөд энэ нь давирхайн агуулгаас хамаардаггүй. Харин тос ба асфальтены харьцаа багасахад битумын уярах температур ихсэх бөгөөд давирхайн агуулгаас хамаарахгүй. Тос ба асфальтены харьцаа 2–оос 5 байхад суналт хамгийн их утгандаа (100 см) хүрдэг. Их хатуу битумд давирхайн хэмжээ бага нөлөөтэй.

Асфальтены агуулгаас уян хатан чанар шууд хамаардаг ба зарим тохиолдолд тос, асфальтены харьцаа нэмэгдэхэд уян хатан чанар ихэсдэг [87].

Хэврэгших температур нь 20°C -ийн үед пенетрацитай адилхан ароматик нэгдлүүд ба давирхайн нийлбэрээс хамаардаггүй, үндсэндээ ханасан асфальтены харьцаагаар тодорхойлогдоно. Хэврэгших температурын багасалт нь (-18°C) ханасан нэгдлийн агуулгаас хамаардаг. Ароматик нэгдэл давирхай асфальтены харьцаанаас битумын уян хатан чанар нь хамаарна. Ханасан НУ ба асфальтены харьцаа 2.3-тай тэнцүү байх үед битумын сунах чадвар нь 25°C -ийн үед >100 см байна. Энэ харьцаа багасахад (25°C -ийн) суналт буурдаг.

Битумын шинж чанарт түүний бүрэлдэхүүн хэсгүүд, ялангуяа асфальтены бүтэц ба байгуулалтад гол нөлөө үзүүлэх ба битумыг гарган авсан технологиос түүний шинж чанар ихээхэн хамаарна. 40% хүртэл давирхай агуулдаг битумд давирхайн шинж чанар нь битумын суналт, адгези ба когезид их нөлөөтэй. Битумын чанарт тосны бүрэлдэхүүн хэсгүүд их нөлөөтэй. Тосны зууралдлага ихсэхэд битумын зөөлрөх болон хэврэгших температур өсөж, суналт нь хамгийн их утгандаа хүрэх ба пенетраци буурна. Тосны ароматикжилт маш их үүрэгтэй. Энэ нь ароматик цагирагт оршиж байгаа нүүрстөрөгчийн атомын тоог молекул дахь нийт нүүрстөрөгчийн атомын тоонд харьцуулсан харьцаа юм [88]. Битумын тосыг бүрдүүлэгчийн уусах чадварын коэффициент нэмэгдэж, асфальтен ба давирхайн харьцаа багасахад битумын системийн бат бөх чанар нь багасдаг.

Битумын физик химийн шинж чанарт үзүүлэх парафины нөлөөллийг судалсан дүнгээс үзэхэд парафиныг ($t^{\circ}_{\text{хайлах}}=46^{\circ}\text{C}$) 5 мас.%-иар нэмэхэд битумын зөөлрөх температур $52-46^{\circ}\text{C}$ хүртэл буурч, пенетраци 91–220мм хүртэл ихсэж, зууралдлага 100–аас 35 см хүртэл буурдаг байна. Битумд агуулагдаж буй парафинт нэгдлүүд нь битумд нэмж өгсөн парафины НУ–дөөс ялгаатай.

Битумд агуулагдаж байгаа тос ба давирхайн физик шинж чанар нь нефтийн гарал үүслээс хамаарна.

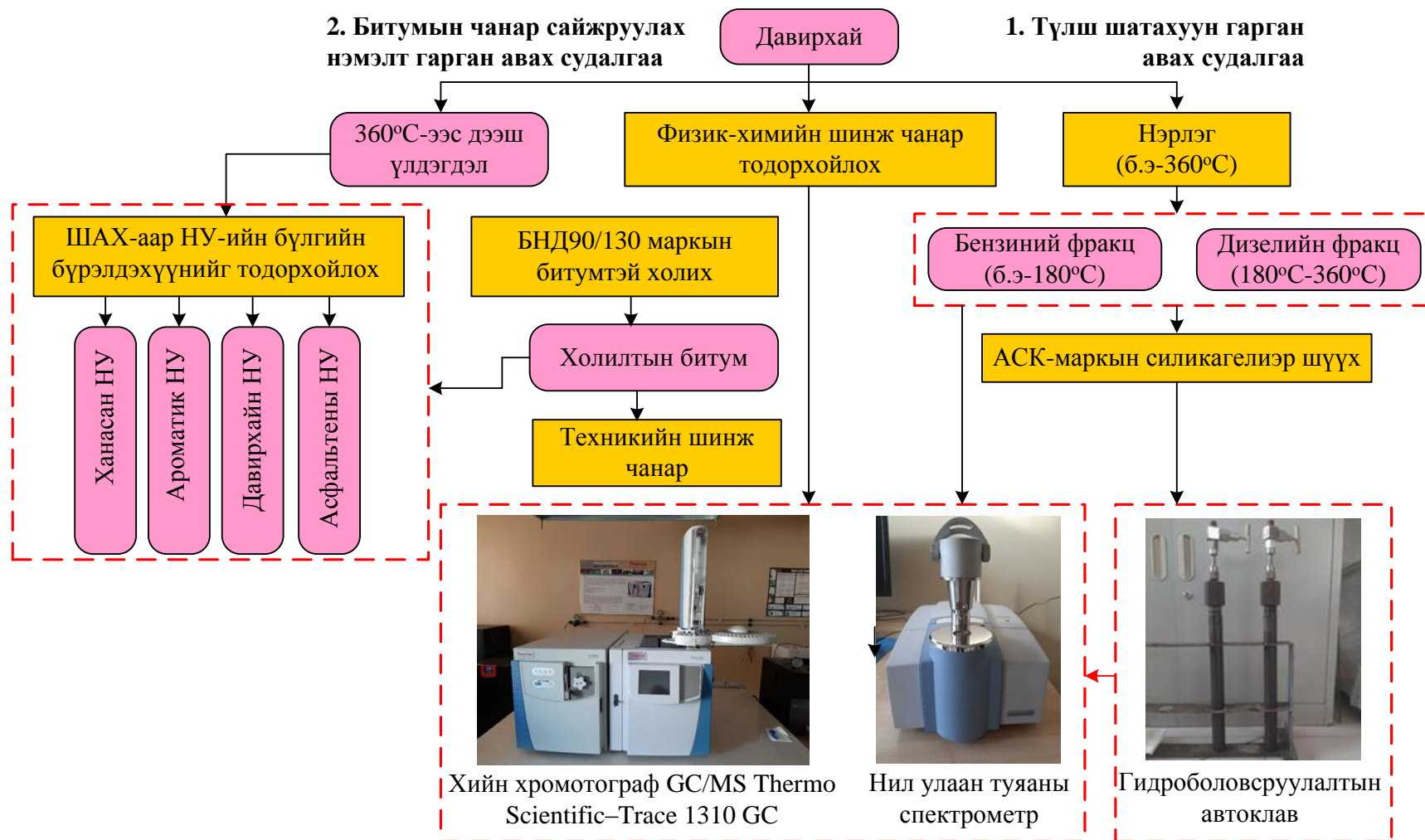
Битумд агуулагдаж байгаа парафины агуулга нэмэгдэхэд нягт болон тос, давирхайн рефракцийн коэффициент буурдаг. Битумын парафинлаг чанарыг давирхайн зууралдлагаар мэдэж болно. Жишээ нь: Өндөр парафинлаг (8–10% парафин) битумын давирхайн зууралдлага нь 0.5% парафин агуулсан Албанскийн битумын давирхайн зууралдлагаас 1000 дахин бага байдаг [89]. Парафинлаг болон өндөр парафин бүхий битумээс парафиныг зайлуулахад давирхайн зууралдлага бараг өөрчлөгдөхгүй ч

парафин багатай битумын давирхайн зууралдлагаас нилээд багасна. Энэ нь парафинлаг нефтийн найрлаганд парафинаас гадна хажуугийн алифатик гинжин хэлхээ бүхий нафтены ба ароматик бүтцийн элементүүд байгаагаар тайлбарлагдана. Иймээс битумаас парафиныг зайлуулах нь түүний химийн бүтэц, шинж чанарыг бараг өөрчлөхгүй. Битум дахь парафины агуулга нь түүний алифатик шинжийг шууд бус илэрхийлэгч үзүүлэлт болдог[90].

Битум дахь парафиныг хроматографийн колонкоор ялгаж болно. Нам температурт тухайлбал: -20°C -ийн үед битумын тосноос спирт-эфирийн уусмалаар парафиныг талстжуулдаг байна.

Битумын шинж чанарт парафины сөрөг нөлөө багагүй байдаг. Битумын парафины уусалтын хэлбэр нь олон янз байдаг ба тэдний талстын хэлбэрүүд нь янз бүр байж болно [91].

ХОЁРДУГААР БҮЛЭГ. ТУРШИЛТ СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ



8-р зураг. Туршилт судалгааны бүдүүвч

II.1. Судалгааны объект

Суурь судалгааны төслийн хүрээнд нийт 3 объектийг сонгож авав.

Үүнд:

II.1.1. “Эрдэнэт үйлдвэр” ТӨҮГ–ын нүүрс хийжүүлэх үйлдвэр



9–р зураг. “Эрдэнэт үйлдвэр” ТӨҮГ–ын нүүрс хийжүүлэх үйлдвэр

“Эрдэнэт үйлдвэр” ТӨҮГ–ын эдийн засгийн үр ашгийг дээшлүүлэх, хэмнэлттэй ажиллаж, бүтээгдэхүүний өртөг зардлыг бууруулах зорилтын хүрээнд Ган бөөрөнцөг үйлдвэрлэх цехийн технологийн шинэчлэл 2015 оны 11 сард хийгдсэн. Дизелийн түлшээр ажилладаг зуухыг нүүрс хийжүүлэх зуухаар сольж, 1 тонн ган бөөрөнцөгийн өөрийн өртгийг 33%–иар бууруулах төслийг амжилттай хэрэгжүүлсэн билээ. Уг нүүрс хийжүүлэх зуух нь хоногт 22–25 тонн нүүрсийг хийжүүлдэг ба хийжүүлэх процессийн үед нүүрсний 2–3% нь давирхай болж конденсацлагддаг. Өөрөөр хэлбэл хоногт дунджаар 0.6–0.8 тонн давирхай ялгардаг. Энэхүү ялгарч буй давирхайг ашиглаагүй, хуримтлагдсаар байгаа бөгөөд одоогийн байдлаар 300 орчим тонн давирхай байна. Үйлдвэрийн түүхий эдээр Алагтогоо ордын нүүрсийг ашиглаж байсан бөгөөд уг ордын геологийн нөөц 52 сая тонноор үнэлэгдээд байгаа ба цаашид өсөх хандлагатай гэж үздэг. Тус ордын химийн технологийн судалгааг доктор (Ph.D) Н. Баттулга, доктор (Ph.D) Б. Бямбагар нарын эрдэмтэд судалж, ордын нүүрсний шинж чанар, ангилалыг тогтоож

үүссэн нөхцөл, хувирлын зэрэгт үнэлэлт өгсөн байна. 5-р хүснэгтэд Алагтогоо ордын нүүрсний техникийн болон үндсэн үзүүлэлтүүдийг үзүүлэв.

Алагтогоо ордын нүүрсний техникийн болон үндсэн үзүүлэлтүүд			5-р хүснэгт
Үзүүлэлт, %	Нүүрсний дээж	Үзүүлэлт, %	Нүүрсний дээж
Чийглэг, W^a	2.3-8.6	Нүүрстөрөгч, daf	74.4-82.7
Үнслэг, A^d	11.4-30	Устөрөгч, daf	4.7-5.4
Дэгдэмхий бодис, V^{daf}	42.5-57	Хүчилтөрөгч, daf	11.9-20.9
Хүхэр, $S^a_{об}$	0.3-1.0	Уян налархайн үеийн зузаан, мм	6
Илчлэг, Q^{daf} , мДж/кг	26.6-33.5	Марк	Д
Витринит	93.5	ОУ-н код	811

Алагтогоо ордын нүүрсний дээжүүдийн техник анализын дүнгээс харахад чийглэг 2.3-8.6%, үнслэг 11.4-30%, дэгдэмхий бодисын гарц 42.5-57%, Хүхэр, $S^a_{об}$ 0.3-1.0%, Илчлэг 26.6-33.5 мДж/кг байна.

II.1.2. “МАК” ХК-ийн Олон овоотын хагас коксын үйлдвэр



10-р зураг. “МАК” ХК-ын Олон овоотын хагас коксын үйлдвэрийн барилга
Дорноговь аймгийн Даланжаргалан сумын нутагт үйл ажиллагаа явуулж буй “МАК”-ийн Элдэвийн нүүрсний уурхайг түшиглэн байгуулсан “Олон овоот”-ийн хагас коксын үйлдвэрийн технологийн туршилтын ажил 2011 оны VII сард хийгдсэн. Тус үйлдвэрийн хүчин чадал нь 120.0 мян.тн/жил нүүрс боловсруулж, 75.0 мян.тн/жил хагас кокс, 4.5мян.тн/жил давирхайн гаргах хүчин чадалтай үйлдвэр юм. Ашиглалтад орсон үеэсээ эхлээд уг үйлдвэр нь бүрэн хүчин чадлаараа ажиллаагүй бодит хүчин чадал нь 16.0

мян.тн/жил нүүрсийг боловсруулж 8.2 мян.тн/жил хагас кокс, 0.6мян.тн/жил давирхай үйлдвэрлэж байна. Хагас коксын үйлдвэрийн процессоос гарах коксын хийн 50% орчмыг хагас коксын халаалтад хэрэглэж үлдсэн хагасыг нь шууд шатааж байгаа боловч коксын хийн ашиглалтыг сайжруулахын тулд цаашид үлдсэн хийг боловсруулах судалгааны ажил хийгдэж байна. Уг үйлдвэрт өнөөгийн байдлаар 3.0 мян.тн давирхай хуримтлагдаад байна. Үйлдвэрийн үндсэн түүхий эд нь Шарын голын ордын нүүрсийг ашигладаг.

6-р хүснэгт

Шарын голын ордын нүүрсний техникийн болон үндсэн үзүүлэлтүүд

Үзүүлэлт, %	Нүүрсний дээж	Үзүүлэлт, %	Нүүрсний дээж
Чийглэг, W^a	7.8-12.6	Нүүрстөрөгч, daf	68.1
Үнслэг, A^d	6.3-6.8	Устөрөгч, daf	5.09
Дэгдэмхий бодис, V^{daf}	38-39.4	Хүчилтөрөгч, daf	25.39
Хүхэр, $S^{a_{об}}$	0.87	Уян налархайн үеийн зузаан, мм	-
Илчлэг, Q^{daf} , мДж/кг	59.97	Марк	-

II.1.3. “НАКО” ХК-ийн хагас коксын үйлдвэр



11-р зураг. “НАКО” ХК-ийн хагас коксын үйлдвэр

“НАКО ТҮЛШ” ХК нь 2008 онд Дархан Уул аймагт хувьцаат компаний хэлбэртэйгээр байгуулагдсан тус үйлдвэр нь 60.0мян.тн/жил хагас кокс, 35.0 сая м³/жил шатдаг хий, 6.0 мян.тн/жил давирхай үйлдвэрлэх хүчин чадалтай юм. Тус үйлдвэр дээр одоогийн байдлаар 500 тн орчим давирхай хуримтлагдаад байна. Үйлдвэрийн үндсэн түүхий эд нь Шарын голын ордын нүүрсийг ашигладаг.

II.2. Туршилт судалгааны арга зүй

Давирхайн шинж чанарыг тодорхойлохдоо олон улсад болон дотоодод мөрдөгдөж буй стандартаар ШУТИС–ийн ХШУС–ийн нефть, нефтийн бүтээгдэхүүн боловсруулах лабораторт мөрдөж буй стандарт ажлын зааврын дагуу шинжилгээг хийж гүйцэтгэв [33]. Ашигласан стандартуудыг 7–р хүснэгтэд эмхэтгэн харуулав.

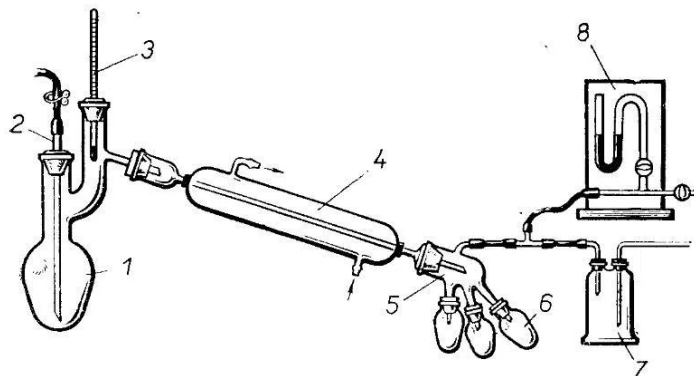
7–р хүснэгт

Давирхайн техник анализ хийх стандарт ажлын заавар

Шинжилгээний стандарт	Үзүүлэлтүүд
MNS AASHTO T 55:2003	Усны агуулга, мас.%
MNS0328–2000	Дөл үүсэх, °C
MNS0328–2000	Асах температур, °C
MNS ASDM D445–2014	Кинематик зууралдлага, 40 °C, сСт
MNS AASHTO T 40:2003	Нягт, 20°C г/см ³
MNS 0337:2000	Хүхрийн агуулга, мас.%

II.2.1. Шингэнийг фракцлан нэрэх

Давирхайг фракцлан нэрэхдээ б.э-180°C-ийн фракцыг атмосферийн нөхцөлд энгийн нэрлэгээр ялгасан. 180°C-360°C-ийн фракцыг вакуум нэрлэгийн багажаар буюу 1мм,м.у.б даралтад нэрсэн. [92].



- 1- Кляйзены колбо
- 2-капилляр
- 3-термометр
- 4- усан хөргөгч
- 5-алонж /паук/
- 6-хүлээн авах сав
- 7- хамгаалагч сав,
- 8-манометр

12-р зураг. Бага даралтад нэрэх багаж

Кляйзены колбын амсарт хавчаартай резинэн хоолой угласан капиллярыг суулгаж өгнө. Багажид вакуум үүссэн үед капилляраар агаар орж жижигхэн хийн бөмбөлөг үүсгэснээр уусмалыг жигд буцалгадаг. Харин бөмбөлөг нэвтрүүлэх хурдыг хавчаараар тохируулна. Кляйзены колбо хөргөгчтэй тэр нь аллонжтой холбогдоно. Алонж нь манометртэй ба хамгаалагч шил саваар дамжин усан ба тосон вакуум насостой холбогдсон байна. Хэрэв хэд хэдэн фракц ялгаж нэрэх бол олон хүлээн авагч сав бүхий тусгай алонж болох паук хэрэглэнэ. Нэрлэгийн үед алонжийг эргүүлж янз бүрийн температурт буцалдаг фракцуудыг тосон авч болно. Багажийг бин битүү болгохын тулд түүнийг бүрдүүлэгч

хэсгүүдийг резинэн бөглөө ба шлифийг тосолж хооронд нь холбодог. Багаж руу ус орохоос сэргийлж багаж насос 2-ын хооронд хамгаалалтын шилэн сав холбоно. Харин багаж ба вакуум насосны хооронд үлдэгдэл даралтыг хэмжмх зорилгоор манометр холбож өгнө. Вакуум нэрлэгийг явуулахын өмнө багажийн бин битүү байдлыг шалгах хэрэгтэй. Ингэхдээ эхлээд алонжийг вакуум насостой /хамгаалалтын саваар дамжуулан/ холбож насосыг ажиллуул. Дараа нь багажийг насостай холбоно. Үүний тулд 3 хоолойт крант ашиглах нь тохиромжтой. Эцэст нь капиллярт угласан резинэн хоолойн хавчаарыг хавчиж манометрээр багаж дахь үлдэгдэл даралтыг хэмжинэ. Вакуумыг дээрхийн эсрэг үйлдлээр салгана. Үүний тулд манометрийн крантыг хааж капиллярын хавчаарыг сулруулж 3 хоолойт крантыг эргүүлж багажид агаар оруулаад хамгийн эцэст нь насосыг салгадаг. Ингэж багажны бин битүү байдлыг шалгасны дараа вакуум нэрлэг явуулах ба энэ үед хамгаалалтын шил, нүүрний хаалт заавал хэрэглэх шаардлагатай. Нэрлэгийн үед манометрийн крант хаалттай байх бөгөөд фракц тус бүрийг тосож авах бүрт нээж даралтыг шалгадаг. Нэрлэг дууссаны дараа халаалтаа зогсоож багаж хөрсний эцэст багаж дахь даралтыг тэнцүүлнэ.

II.2.2. Чийглэгийн хэмжээг тодорхойлох

Давирхайн чийглэгийг тодорхойлох энэ арга нь жинлэж авсан тосны дээжийг хатаах шүүгээнд байрлуулан 105–110°C–т тогтмол жинтэй болтол нь хатааж түүний анхдагч жингийн алдагдлаар чийгийн хэмжээг бодож гаргахад үндэслэнэ. Урьдчилан жинлэсэн хоёр бюксэнд 1.0 г орчим давирхай хийгээд аналитик жин дээр 0.0001 г–ийн нарийвчлалтайгаар жинлэнэ. Үүний дараа бэлтгэсэн дээжээ 105–110°C хүртэл халсан хатаах шүүгээнд хийн 120 минутын турш хатаана. Хатааж дуусаад бюкстэй дээжээ агаарт 2–3 минутын турш хөргөөд эксикаторт хийж 30 минутын турш орчны температуртай болтол хөргөөд дээжээ жинлэнэ. Ингэж жинлэсний дараа дахин хатаах шүүгээнд хийж дээрх туршилтыг шинжилж байгаа дээжний жинг тогтмол болтол нь давтаж явуулна. Дээжинд агуулагдах чийгийн хэмжээг дараах томъёогоор тооцоолж туршилтын үр дүнг боловсруулна.

$$W = \frac{G - G_1}{G} \cdot 100\% \quad (2)$$

Энд: G–хатаахаас өмнө жинлэсэн дээжтэй тигелийн жин, г;

G₁– хатаасны дараа жинлэсэн дээжтэй тигелийн жин, г.

II.2.3. Нефтийн бүтээгдэхүүний нягтыг шинжилгээгээр тодорхойлох

Пикнометрийг бөглөөтэй нь хромын хольц, ус, нэрмэл усаар дараалан сайн угаагаад ацетон буюу спиртээр зайлж хатаана.

Пикнометрийн “усны тоо” буюу 20°C температуртай пикнометр дахь усны массыг тодорхойлох.

Ингэж бэлдсэн пикнометрийг 0.0002г–аас ихгүй нарийвчлалтайгаар жигнэнэ. Үүний дараа буцалгаад 18–20°C хүртэл хөргөсөн шинэ нэрмэл уснаас пипеткээр пикнометрийн зурааснаас ялимгүй дээш, ПЖ–3 төрлийн пикнометрт дүүртэл хийн бөмбөлөг үүсгэхгүйгээр хийгээд 20°C бүхий устай сав буюу термостатанд усны түвшинг пикнометрийн хоолой хүртэл дүрж бэхэлнэ. Пикнометрийг 20°C–т 30 мин байлгана. Пикнометрийн хоолой дэх усны түвшин өөрчлөгдөхгүй болмогц илүүдэл усыг шүүлтүүрийн цаасаар сайтар арчиж авна. Пикнометр дахь усны түвшинг хэмжүүрийн зураасны дээд ирмэгээр тохируулна. 20°C–т усны түвшинг тогтоосны дараа пикнометрийн гадна талыг зөөлөн даавуугаар арчаад 0.0002г нарийвчлалтайгаар жинлэнэ. Пикнометрийн усны тоог 3–аас доошгүй удаа тодорхойлж дундажийг нь тогтооно. Пикнометрийн усны тоо /Г/–г доорх томъёогоор тодорхойлно.

$$T = T_2 - T_1 \quad (3)$$

Энд: T_1 –хоосон пикнометрийн масс, г

T_2 –устай пикнометрийн масс, г

T_3 –дээжтэй пикнометрийн масс, г

Нефть, нефтийн бүтээгдэхүүний нягтыг пикнометрийн аргаар тодорхойлохдоо угааж, цэвэрлэж, хатаасан пикнометрт шинжлэх дээжнээс авч дээрхийн адил тодорхойлно. Нефть ба нефтийн бүтээгдэхүүний үзэгдэх нягтыг /d/ дараах томъёогоор олно.

$$d = \frac{T_3 - T_1}{T} \quad (4)$$

II.2.4. Нефтийн бүтээгдэхүүний усанд уусдаг хүчил шүлтийн хэмжээг тодорхойлох

Энэхүү туршилтыг MNS 324:2005 стандарт аргаар тодорхойлов. Нефтийн бүтээгдэхүүнээс 50 см³–ийг авч хуваагч юүлүүрт хийгээд 50–60°C хүртэл халаасан 50 см³ нэрмэл ус хийнэ. Хуваагч юүлүүр дэх шингэнийг 50 минутын турш эмульс үүсгэхгүйгээр сэгсэрч хэсэг байлгасны дараа тунгаана. Тунасан доод үеийг шүүлтүүрийн цаастай юүлүүрээр шувтан колбонд шүүж авна.

Ялгасан усан уусмалд усанд уусдаг хүчил, шүлт байгаа эсэхийг индикатор буюу рН–метрээр шалгана.

рН–метрээр тодорхойлохдоо уг уусмалаас 35–50см³–ийг жижиг шилэн аяганд хийж рН–метрийн электродуудыг 10–12 мм гүн дүрж, багажны ашиглалтын зааврын дагуу хэмжинэ. Тодорхойлсон устөрөгчийн үзүүлэлт рН–аас хамааруулан нефтийн бүтээгдэхүүний усан буюу спиртийн усан уусмалд уусдаг хүчил, шүлт байгаа эсэхийг тогтооно /8–р хүснэгт/. Усанд уусдаг хүчил, шүлтийг индикатороор тодорхойлохдоо хоёр хуруу шилтэй шингэний нэгэнд хоёр дусал метилоранж, өөр хуруу шилэнд 1–2 мл ус, хоёр дусал метилоранж тус тус хийж, өнгийн хооронд нь харьцуулж харна.

8–р хүснэгт

Нефтийн бүтээгдэхүүний усан уусмалын шинж чанар ба рН–ийн харьцуулалт

№	Нефтийн бүтээгдэхүүний усан уусмалын шинж чанар	Устөрөгчийн үзүүлэлт рН–ийн хэмжээ
1	Хүчиллэг	4.5–аас бага
2	Сулхан хүчиллэг	4.5–аас 5 хүртэл
3	Усанд уусдаг хүчил шүлт байхгүй үед	5–аас 9 хүртэл
4	Сулхан шүлтлэг	9–өөс 10 хүртэл
5	Шүлтлэг	10–аас их

Усан усмалын өнгө метилоранж нэмэхэд хувирч ягаарвал шинжилж буй нефтийн бүтээгдэхүүнд усанд уусдаг хүчил байна гэж үзнэ. Үндсэн хуруу шилтэй шингэнд фенолфталеины уусмалаас 3 дуслыг нэмнэ. Энэ үед усан уусмалын өнгө хувирч улайрах буюу ягаарвал нефтийн бүтээгдэхүүнд усанд уусдаг шүлт байна гэж тооцно.

Ялгаж авсан усан уусмалд индикатор /метилоранж буюу фенолфталеин/ нэмэхэд ягаан, улаан өнгө тус тус өгөхгүй байвал шинжилж буй нефтийн бүтээгдэхүүнд усанд уусдаг хүчил, шүлт байхгүй гэж үзнэ.

II.2.5. Тунгалаг нефть бүтээгдэхүүнд механик хольцын хэмжээг тодорхойлох арга

Механик хольцын хэмжээг MNS ISO 3697:84 стандарт аргаар тодорхойлов. Бюксэнд шүүлтүүрийн цаасыг хийж жинг тогтмолжуулна. Шинжлэх нефть бүтээгдэхүүний дээж /нэг тодорхойлолтонд ойролцоогоор 1л дээжнээс 100 мл–ийг шүүж, урьдчилан уусгагчаар зайлсан цэвэр лонхонд авна.

Шинжлэх нефтийн бүтээгдэхүүнтэй байсан лонхыг 0.05 г хүртэл нарийвчлалтай жинлэж, дээжтэй болон хоосон лонхны жингийн зөрүүгээр шүүгдсэн нефтийн бүтээгдэхүүний жинг тодорхойлно.

Нефтийн бүтээгдэхүүнийг шүүсний дараа шүүлтүүрийн цаасыг 2–3 удаа уусгагчаар /этилийн спирт/ угаана.

Тунадастай шүүлтүүрийн цаасыг анхны, жинг нь тогтмолжуулсан бюксэнд хийж, $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ -д 30 минут хатаах шүүгээнд хатаагаад, цагийн шилэн дээр байрлуулан орчны температурт 30 минут хөргөж жинг нь тогтмолжуулна. Үүний дараа тунадастай шүүлтүүрийн цаас бүхий бюксыг аналитик жин дээр 0.02 г хүртэл нарийвчлалтай жинлэж туршилтын үр дүнг боловсруулна.

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m_3} \cdot 100\% \quad (5)$$

Энд: X –механик хольцын хэмжээ

m_1 –тунадастай цаастай бюксийн масс, г

m_2 –бюксийн масс, г

m_3 –дээжний масс, г

II.2.6. Хөдөлгүүрийн түлшийг зэс хавтгайд турших арга

Зэс хавтгайд турших аргыг MNS 326:85 стандарт аргаар тодорхойлов. Зэс хавтгайн гадаргуу ба эталон зэс хавтгайг туршилтанд хэрэглэхийн өмнө өнгөлнө. Үүнд: уг хавтгайн гадаргууг түүний өндрийн дагуу цаасан зүлгүүрээр зүлгэнэ. Зэс хавтгайн зургаан талыг толбо хэрчлээсгүй болтол өнгөлөгч нунтаг буюу том ширхэгтэй зүлгүүрээр зүлгэж цэвэрлэнэ. Үүний дараа уг хавтгайн гадаргууг гөлгөр болтол нарийн ширхэгтэй өнгөлөгч нунтгаар зүлгэнэ. Өнгөлсний дараа зэс хавтгай бүрийг хөвөнгөөр арчаад спирттэй шаазан аяганд хийж зайлан шүүлтүүрийн цаасан дээр тавьж шингэнийг сайн хатаана. Хавтгайн цэвэрлэсэн гадаргууд гар хүрэхийг хориглоно. Шинжилж буй түлшийг цаасан шүүлтүүрээр шүүж тус бүр 10 см^3 багтаамжтай хуруу шилэнд юүлж туршилтанд хэрэглэхээр бэлтгэсэн зэс хавтгайг хямсаагаар чимхэж эдгээр хуруу шилэнд хийж нүхтэй үйсэн бөглөөгөөр бөглөнө. Дээж ба зэс хавтгайтай хуруу шилийг халуун устай зориулалтын саванд дүрж эгц байрлуулна. Саван дахь усны түвшин хуруу шилэн дэх дээжний түвшингээс дээш 30мм–ээс багагүй өндөр байвал зохино. Туршилтын явцад тийрэлтэт хөдөлгүүрийн түлшний температурыг $100 \pm 1^{\circ}\text{C}$ –д байлгана. Бусад төрлийн түлшинд температурыг $50 \pm 1^{\circ}\text{C}$ –д байлгана. 2 цаг болмогц зэс хавтгайг хямсаагаар чимхэж хуруу шилнээс гаргаад шаазан аяганд хийж спирт–бензолын хольцоор 2–оос доошгүй удаа угаагаад шүүлтүүрийн цаасан дээр тавьж хатаагаад үр дүнг боловсруулна. Зэс хавтгайд гар хүрэхийг хориглоно. Хатаасан зэс хавтгайн бүх талыг өнгөлсөн шинэ зэс хавтгайтай (эталон болох) харьцуулан харж өнгө өөрчлөгдсөн (өөрчлөгдөөгүй), тэдгээр гадаргуу дээр толбо, өнгөр байгаа (байхгүй) эсэхийг тогтоож туршилтын үр дүнг

тэмдэглэнэ. Энэ үед анхны өнгөнд өөрчлөлт гараагүй жигд улбар шар туяатай байвал зэс хавтгайн өнгө өөрчлөгдөөгүй гэж үзнэ. Туршилтын явцад зэс хавтгайн гадаргуу дээр хар, хүрэн буюу саарал өнгийн толбо эсвэл өнгөр үүссэн байвал түлш туршилтыг тэсвэрлээгүй гэж тооцно. Зэс хавтгайн өнгөнд өөрчлөлт гараагүй буюу дээр зааснаас өөр өнгөтэй болсон үед түлшийг түршилтанд тэсвэртэй гэж тооцно.

II.2.7. Нефтийн бүтээгдэхүүний кинематик зууралдлагыг тодорхойлох

Кинематик зууралдлагыг тодорхойлохдоо MNS 0480–83–ийн дагуу гүйцэтгэнэ. Тухайн вискозиметрийн хийцэнд тохирсон аргаар дээжийг хийнэ. Дүүргэсэн вискозиметрийг термостатын саванд туршилтын температур хүртэл нь байлгана. Нэг термостатын саванд голдуу хэд хэдэн вискозиметрийг байрлуулж ашиглах ба вискозиметр ажиллаж байхад бусдыг оруулах буюу гаргаж болохгүй. Соролт буюу даралтыг ашиглан вискозиметрийн капиллярт сорьцын түвшинг дээд зурааснаас дээш барагцаалбал 5 мм хүртэл дээшлүүлнэ. Хоёр удаагийн хэмжилтээр гарсан хугацааны зөрүү арифметик дунджаасаа 0.35%–иас хэтрэхгүй байвал туршилтыг зогсоож үр дүнг боловсруулна.

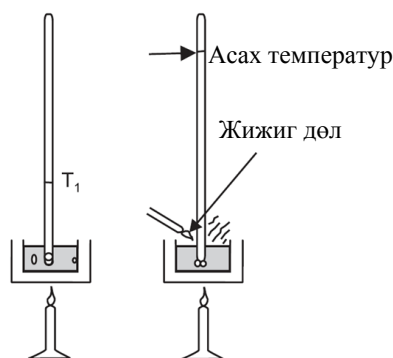
$$\nu = \tau \cdot C \quad (6)$$

Энд: C –вискозиметрийн тогтмол

τ –вискозиметрт нефтийн бүтээгдэхүүний урсгалтын арифметик дундаж хугацаа, сек

II.2.8. Задгай тигельд дөл үүсэх температурыг тодорхойлох

Задгай тигельд дөл үүсэх температурыг MNS 328:2000 стандартын дагуу тодорхойлов. Усгүйжүүлсэн нефтийн бүтээгдэхүүнд тодорхойлох ба тигелийг урьдчилан бензинээр угааж хатаасан байна. Багажийг угсрахдаа агаарын хүчтэй урсгалгүй, өдрийн гэрэл тигельд шууд тусахааргүй байранд тавьж байрлуулна. Туршилтыг явуулахын тулд тигелийг 15–25°C хүртэл хөргөөд элстэй гадна тигельд суурилуулна. Энэ үед элс нь дотор тигелийн ирмэгээс 12мм орчим өндөртэй байх ёстой. Шинжлэх бүтээгдэхүүнийг тигелийн ирмэгээс 12–18мм хүртэл доор байхаар хэмжээтэй хийнэ.



13-р зураг. Задгай тигельд дөл үүсэх температурыг тодорхойлох багаж

Термометрийн мөнгөн устай хэсэг бүтээгдэхүүний яг төвд нь байхаар термометрийг босоо байрлуулна. Туршилтын үед гадна талын элстэй цахилгаан халаагчаар $10^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ хурдтайгаар халаана. Баримжаалж буй дөл үүсэх температурт 10°C ойртох үеэс тигелийн захаар бүтээгдэхүүний гадаргуугаас 10–14мм зайд дөл ойртуулна. Температур 2°C -аар нэмэгдэх бүрт дөлийг 2–3 секундын хугацаатайгаар ойртуулах туршилтыг давтан явуулна. Нефтийн бүтээгдэхүүний гадаргууд дөл ойртуулах үед түүний бүх буюу гадаргуугийн нэг хэсэгт анхны хөх дөл үүсэж эхлэх үеийн температурыг дөл үүсэх температур гэж үзнэ. Дөл үүсэх нь тодорхой биш ажиглагдвал 2°C -ийн дараах температурт тод ажиглагдана.

Нефтийн бүтээгдэхүүний дөл үүсэх температурыг тодорхойлсны дараа асах температурыг тодорхойлох шаардлагатай бол гадна тигелийн халаалтыг $4^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ хүртэл хурдтайгаар үргэлжлүүлнэ. Температур 2°C -аар нэмэгдэх бүрт дөлийг 2–3 секундын хугацаатайгаар ойртуулах туршилтыг давтан гүйцэтгэнэ. Нефтийн бүтээгдэхүүний гадаргууд дөл ойртуулах үед асаж, 5 секундээс багагүй хугацаагаар үргэлжлэх үеийн термометрийн заалтыг уг нефть бүтээгдэхүүний асах температураар авна. Дөл үүсэх температурын дараалсан хоёр туршилтын хооронд 4°C (150°C хүртэл асах температуртай нефть бүтээгдэхүүнд) ба 6°C (150°C -ээс дээш асах температуртай нефть бүтээгдэхүүнд)-ээс хэтрэх ёсгүй. Асах температурын дараалсан хоёр туршилтын хоорондын зөрүү 6°C -ээс хэтрэх ёсгүй.

II.2.9. Нефтийн бүтээгдэхүүний найрлагын бүрэлдэхүүн тодорхойлох арга

Нефтийн бүтээгдэхүүний найрлагын бүрэлдэхүүнийг MNS ISO 3405:2000 стандарт аргаар тодорхойлно. Хэмжүүрт цилиндрээр 100cm^3 дээж хэмжиж аваад, дээжийг аль болох бүрнээр нь нэрэх колбонд хийнэ. Колбоны хоолойд нягт шахаж суулгасан бөглөөний нүхээр термометрийг шургуулж термометрийн мөнгөн ус бүхий бөмбөлгийг колбоны хоолойд голлуулан термометрийн доод үзүүрийг уур дамжуулах

хоолойн доод талын дотор ханын хамгийн өндөр цэгтэй ижил түвшинд байхаар тохируулна. Уур дамжуулах хоолойг хөргөгчийн хоолойд 25–50мм гүн орохоор тохируулж колбыг бэхэлнэ. Дээжийг хэмжсэн цилиндрийг хатаалгүйгээр хөргөгчийн доор байрлуулна. Хөргөгчийн хоолойн үзүүрийг цилиндрийн 100см^3 -ийг тэмдэглэсэн зурааснаас дээш байхаар тохируулна. Үүний дараа дээжтэй колбыг халаана. Буцалж эхлэх температурыг тэмдэглэсний дараа хөргөгчийн хоолойн үзүүрийг цилиндрийн хананд хүргэж хана дагуулан урсгана. 5 см^3 -ээс 95 см^3 эзэлхүүн шингэн цилиндрт хуримтлагдах хугацаанд нэрэлтийн хурд 4–5мл/мин байхаар халаалтыг тохируулна. 95см^3 шингэн нэрэгдсэн үеэс буцалж дуусах температур хүртэлх хугацаанд халаалтыг нэмэгдүүлэхгүй. Колбыг хөргөсний дараа үлдэгдлийг нэрэгдсэн шингэнтэй цилиндрт юулж, бага зэрэг байлган эзэлхүүнийг нэмэгдэхгүй болмогц 0.5см^3 хүртэл нарийвчлалтай тэмдэглэж шингэний нийлбэр эзэлхүүнийг хувиар тооцно.

II.2.10. Давирхайн дунд фракцийн гидроболовсруулалтын туршилтын аргачлал

Гидроболовсруулалтын туршилтыг ШУА-ийн Хими, химийн технологийн хүрээлэнгийн Багажит шинжилгээний лабораторт гүйцэтгэв. Гидроболовсруулалтад үйлдвэрийн катализатор $\text{NiMo}/\text{Al}_2\text{O}_3$ (Ni3%, Mo15%) болон 50 мл багтаамжтай автоклав 2 ширхэгийг ашигласан. Давирхайн дунд фракц (ЭДФ, БДФ) болон азотот нэгдлийг ялгасаны дараах дунд фракцаа (ЭДАФ, БДАФ) гидроболовсруулалтын туршилтанд оруулсан. Ингэхдээ автоклавт 5 г дээжийг хэмжиж хийгээд дээр нь урьдчилан хүхэржүүлсэн катализатор 0.2 г, элемент хүхэр 0.02 г мөн хольцыг сайтар хутгахын тулд 5 ширхэг ган бөмбөлөг хийсэн. Автоклавыг таглаад, хий дамжуулах ган хоолойгоор 5 МРа даралтаар H_2 -ыг 3 удаа шахаж автоклав доторх агаарыг түрэн гаргаж устөрөгчөөр дүүргэсэн. Автоклав нь даралттай устөрөгчийг алдахгүй битүүмжлэлтэй байгааг нь устөрөгчийн детектороор шалгасан. Үүний дараа $350\text{ }^\circ\text{C}$ –ын температур хүртэл урьдчилан халаасан сэгсрэгч хэвтээ зууханд автоклавуудыг шургуулан байрлуулж, сугарч унахааргүйгээр бэхлээд 4 цаг гидроболовсруулалтын туршилт гүйцэтгэсэн.



14-р зураг. Гидроболовсруулалтын автоклав

Туршилтанд ашигласан автоклавын урт– 34.5 см, гадаад диаметр– 28 мм, дотоод диаметр–13мм, техникийн үзүүлэлт нь:

- Дээд даралт 30 МПа
- Дээд температур 500°C
- Эзлэхүүн 50 мл
- Гангын марк SUS316



15-р зураг. Гидроболовсруулалтын автоклав болон зуух.

Гидроболовсруулалтын хугацаа дуусмагц зуухны хөдөлгөөнийг зогсоогоод автоклаваа зуухнаас гаргаж тасалгааны температур хүртэл хөргөсөн. Дараа нь автоклаваа сорох шүүгээн дор аажмаар нээж устөрөгч болон задралын хийн бүтээгдэхүүнийг гаргасан. Үүний дараа автоклавыг бүрэн нээж шингэн бүтээгдэхүүнийг 0.45мкм хэмжээтэй шүүлтүүрт юулж авсан. Шингэн бүтээгдэхүүний (ЭДАФГ, БДАФГ) гарц нь ойролцоогоор 70% байсан. Вакум насос бүхий шүүлтүүр ашигласан ба үүгээр шингэн бүтээгдэхүүнээс катализатор болон урвалын хатуу бүтээгдэхүүнийг ялгаж салгасан. Автоклавт үлдсэн шингэн болон хатуу

бүтээгдэхүүнийг эхлээд толуолоор дараа нь ацетоноор зайлж цэвэрлээд дараа нь усаар угаасан. Автоклавын жижиг хэсгүүдийг мөн толуолоор цэвэрлэсэний дараа ацетонд хийн ультрасоник төхөөрөмжөөр цэвэрлэсэн. Гидроболовсруулалтын бүх туршилтуудыг ижил нөхцөлд, ижил төхөөрөмж болон урвалж, катализатор ашиглан хийсэн болно.



16-р зураг. Бүтээгдэхүүнийг катализатороос вакуум шүүлтүүр ашиглан салгаж байна.

II.2.11. Хатуу фазын хандлалтын арга зүй

Хатуу фазын хандлалтыг ШУА-ийн Хими, химийн технологийн хүрээлэнгийн Багажит шинжилгээний лабораторт гүйцэтгэв. Дунд фракц, гидроболовсруулалт хийсэн дунд фракц, азотын нэгдлүүдийг зайлуулсны дараах дунд фракцад гидроболовсруулалт хийсэн дээжүүдийг GILSON ASPEC XL загварын хатуу фазын хандлалтын төхөөрөмж ашиглан алифатик, ароматик, туйлт нэгдлүүдээр тус тусад нь ялган авсан.



17-р зураг. Хатуу фазын хандлалтын төхөөрөмж

Автомат төхөөрөмж нь компьютерт суурилуулсан программын удирдлагаар дээжнээс 0.2 мл хэмжин авч 3 шаттайгаар хандлалтыг явуулсан. Шингээгч материалаар ашигласан хөнгөнцагааны оксидыг хэрэглэхийн өмнө 400°C температурт 2 цаг шатааж идэвхжүүлсэн болно.

Шингээгчийн жин 4.0 г.

ЭкНДПакт 1: Гексан 8 мл (Алифатик нэгдлүүд)

ЭкНДПакт 2: Дихлорметан 8 мл (Ароматик нэгдлүүд)

ЭкНДПакт 3: Дихлорметан:Метанол 1:1 хольц 8 мл (Туйлт нэгдлүүд)

Автомат хандлалтын дараа ялгасан экНДПакуудаас тус бүр 1 мл-ийг таслан авч хийн хроматографийн шинжилгээнд ашигласан ба үлдсэн хандаас уусгагчийг ууршуулан салгах ажиллагаа нь татах шүүгээн дор, тасалгааны температурт 4 хоног үргэлжилсэн. Үүний дараа жингийн аргаар алифатик, ароматик, туйлт нэгдлүүдийн агуулгыг тодорхойлсон.

II.2.12. Хийн хроматографийн шинжилгээ

Хийн хроматографийн шинжилгээг ШУА-ийн Хими, химийн технологийн хүрээлэнгийн Багажит шинжилгээний лабораторт гүйцэтгэв. Химийн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн шинжилгээг гүйцэтгэхдээ эхлээд GC/MS (Gas Chromatography–Mass Spectrometry) багажаар химийн нэгдлүүдээ тодорхойлох, дараа нь эдгээр нэгдлүүдийн агуулгыг GC/FID (Gas Chromatography With Flame Ionization Detection) багажаар гарган авсан хроматограммын талбайгаар тооцоолох аргыг ашигласан.



18-р зураг. Хийн хроматограф GC/MS Thermo Scientific–Trace 1310 GC.

Хийн хроматограф–масс спектрометр багажийн үзүүлэлтүүд: Хийн хроматографийн загвар Thermo Scientific–Trace 1310 GC USA, масс спектрометрын

загвар TSQ8000–triple Quandrupole, USA, зөөгч хий гели 1.5 мл/мин урсгалын хурдтай, хялгасан багана TR5MS 60 м, 0.25 мм, 0.25 мкм, ионы хязгаар 40–550 а.ж.н, шинжилгээний хугацаа 47 минут.

Agilent Technologies компанийн 7890A загварын GC/FID хийн хроматографийн багаж ашиглан эх дээж болон гарган авсан бүтээгдэхүүнүүдэд бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн найрлагын шинжилгээ хийсэн. Ингэхдээ Agilent багана DB Petro: урт 100м, дотоод диаметр 0.25мм, хальсны зузаан 0.25мкм хэмжээтэй.

II.2.13. Нил улаан туяаны спектрийн шинжилгээ

Нил улаан туяаны спектрийн шинжилгээ ШУА-ийн Хими, химийн технологийн хүрээлэнгийн Багажит шинжилгээний лабораторт гүйцэтгэв. Герман улсын Bruker компанид үйлдвэрлэгдсэн Alpha II загварын Нил улаан туяаны спектрометр (НУТС) багажны тусламжтайгаар $4000\text{--}400\text{ см}^{-1}$ долгионы мужид эх дээж болон гидроболовсруулалтаас гарсан бүтээгдэхүүнүүдэд шинжилгээг хийж үр дүнг боловсруулсан.



19-р зураг. Нил улаан туяаны спектрометр.

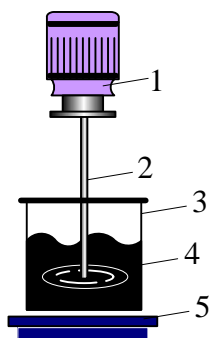
Уг багажийн техник үзүүлэлт нь:

- Спектрийн муж: $400\text{--}4000\text{ см}^{-1}$,
- Спектрийн ялгах чадвар: 2 см^{-1} их, 0.8 см^{-1} их
- Долгион тооны нарийвчлал: $0.05\text{ см}^{-1} - 1.576\text{ см}^{-1}$

Багаж нь *KBr* ашиглалгүйгээр шингэн ба хатуу төлөв байдалтай дээжийг шууд шинжлэх боломж бүрдүүлсэн сүүлийн үеийн технологи бүхий компакт төхөөрөмж юм. Бодисыг нил улаан туяагаар үйлчлэхэд уг бодис нь өөрийн бүтцэд онцлог долгионы урттай цацрагуудыг шингээж бусад цацрагийг нэвтрүүлдэг. Энэхүү шингээсэн болон нэвтэрсэн цацрагууд нь спектр байдлаар дүрслэгдэх ба зөвхөн тухайн бодисын төрөл болон түүнд

агуулагдах функциональ бүлгийг тодорхойлдог. Цацрагийн шингээлтийн эрчим нь тухайн бодисд агуулагдах атом ба функциональ бүлгийн агуулгатай шууд хамааралтай.

II.2.14. Битумд НДП хольсон арга зүй



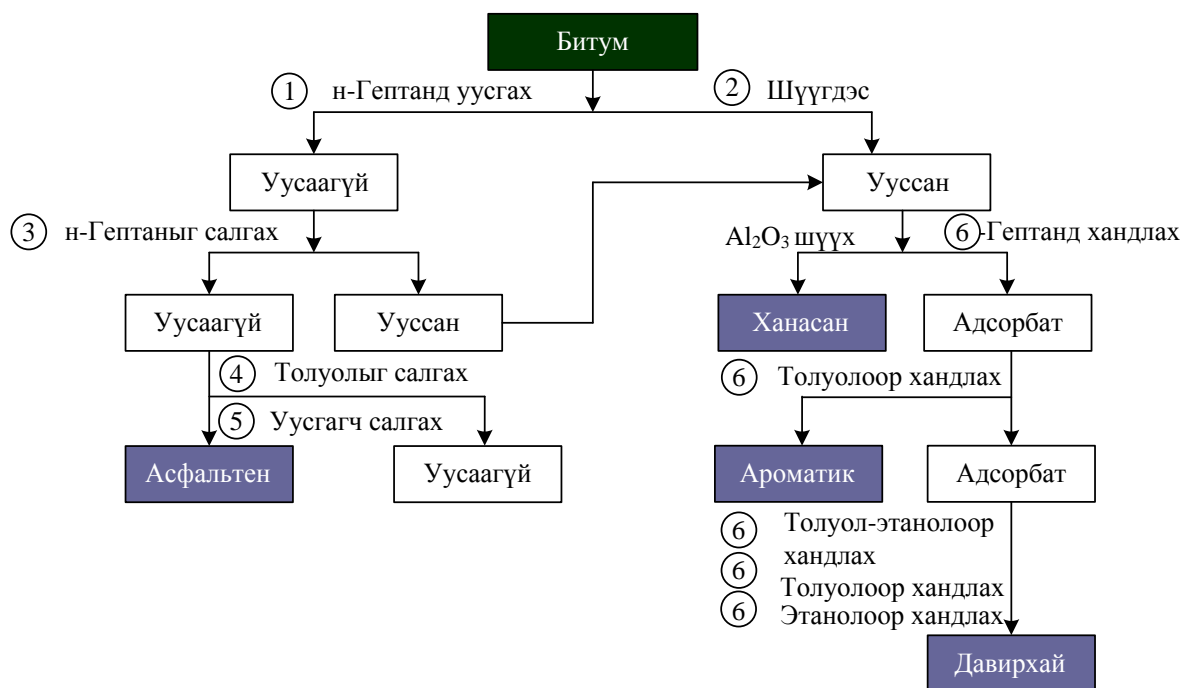
20-р зураг. Битум
хольс төхөөрөмж

БНД60/90 маркийн битумыг 250мл багтаамжтай төмөр саванд хийж 150°C-ийн температурт хүртэл халааж түүний дээрээс 1–5 мас. % агуулгатайгаар тооцоолж давирхайн нэрлэгийн үлдэгдлийг нэмж 30минутын турш хутгасан.

Тайлбар:

1–мотор, 2–хутгуур, 3–төмөр сав, 4– Давирхайн үлдэгдлийн нэмэлттэй битумын холимог, 5– халаагуур

II.2.15. Битумын бүлгийн найрлага



21-р зураг. SARA арга зүй [93].

БНД 90/130 маркийн битум, давирхайн үлдэгдлийн нэмэлттэй битумын зүү шигдэлтийн гүн, хайлах температур, сунах чадвар зэрэг үзүүлэлтүүдийг MNS 5109–2001, MNS 5211–2002, MNS 5211–2002 стандартуудаар тодорхойлсон. Битум, давирхайн үлдэгдлийн нэмэлттэй битумыг бүлгийн найрлагыг ерөнхий мөрдөгддөг стандарт арга

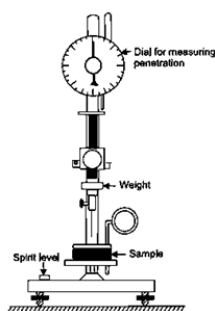
зүйн дагуу 40 дахин их эзлэхүүнтэй н-гептанаар асфальтеныг тунадасжуулан ялгав. Асфальтеныг салгасан мальтены хэсгийг Сокслетын аппаратад, идэвхжүүлсэн Al_2O_3 силикагель дундуур нэвтрүүлэн ханасан нэгдлүүдийг н-гептанаар, толуолоор ароматик нүүрсустөрөгчдийг, давирхайлаг бодисыг 1:1 харьцаатай толуол-этанолын хольцоор хандлан ялгав. Нүүрсустөрөгчдийн функциональ бүлгийн шингээлтийг BRUKER фирмийн FTIR-аар тодорхойлов.

9-р хүснэгт

Битумын фракцын НУТ спектрийн тайлал

Долгионы тоо, cm^{-1}	Хэлбэлзлийн төрөл
3030	Ароматик цөм дахь янз бүрийн халагчтай СН бүлгийн деформацийн хэлбэлзэл
2850, 2870, 2900	CH_2 , СН бүлгийн валентийн хэлбэлзэл
1600	Ароматик нэгдэл дэх туйлт халагчтай $C=C$ холбооны валентийн, хиноны $C=O$ бүлгийн валентийн хэлбэлзэл
1440, 1380	CH_2 , CH_3 бүлгийн деформацийн, ароматик цөм дахь $C=C$ бүлгийн валентийн хэлбэлзэл
1725-1700	Ханасан алифатик хүчил дэх $C=O$ бүлгийн шингээлт
1700-1680	Ароматик хүчлийн $C=O$ бүлгийн шингээлт
1440-1395	Карбон хүчил ба ароматик энгийн эфирийн $C-O$ бүлгийн валентийн, карбон хүчил дэх $O-H$ бүлгийн деформацийн хэлбэлзэл
1410-1310, 1200	Фенол дахь $C-O$ бүлгийн валентийн хэлбэлзэл
1030, 1080, 1150	Нэг, хоёр, гуравдагч спиртийн $O-H$ бүлгийн деформацийн ба $C-O$ бүлгийн валентийн, алифатик энгийн эфирийн $C-O$ бүлгийн валентийн хэлбэлзэл
3300	Фенол дахь OH бүлгийн, амины NH бүлгийн валентийн хэлбэлзлийн шингээлтүүд

II.2.16. Битумын зүү шигдэлтийн гүнийг тодорхойлох



22-р зураг. Пенетрометр

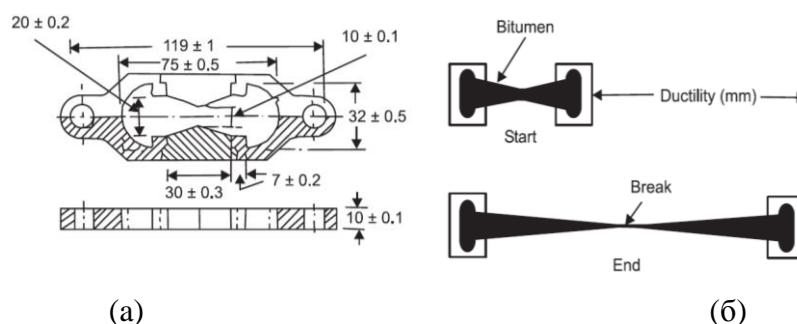
Аргын мөн чанар нь туршилт явуулах температур, хугацаанд тодорхой ачаалалтай пенетрометрийн зүүний битумын сорьцонд шигдэх гүнийг хэмжиж маркыг тогтооход оршино. Хэрвээ техникийн баримт бичигт туршилтын нөхцөл заагаагүй битумын зүү шигдэлтийн гүнийг $25^{\circ}C$ температурт, 100г ачаагаар, 5 секунд хугацаанд тодорхойлно.

Устай тэвшинд байлгах хугацаа дуусмагц битумын сорьцтой аягыг түвшин нь дээжнээс дээш 10мм-ээс багагүй өндөрт байх усаар дүүргэсэн 0.5л-ээс багагүй багтаамжтай хавтгай ёроолтой саванд хийнэ. Усны температур нь туршилт явуулах температуртай

адил байна. Савыг багажны тавцан дээр тавьж, зүүний үзүүр битумын гадаргуутай шүргэж байхаар буулгана. Зүүг битумын гадаргууд шүргэсэн байдлыг тольны тусламжтайгаар шалгана. Заагчийн шугамыг зүү тогтоогчийн дээд төгсгөлд хүргэн заалтыг тэглэх буюу тэмдэглэж аваад, секунд хэмжигч болон багажны товчлуурыг нэгэн зэрэг дарж, 5 секунд болмогц товчлуурыг тавина. Үүний дараа заагчийн шугамыг дахин зүү тогтоогчийн төгсгөлд хүргэн заалтыг тэмдэглэж авна. Хэрэв хагас автомат багаж хэрэглэж байгаа бол заалтыг тэглэж, механизмыг ажиллуулахад 5 секундын дараа өөрөө унтарна.

Туршилтыг уг битумын гадаргуу дээр өөр хоорондоо болон аяганы амсраас 10мм-ээс багагүй зайд давтан хийнэ. Шигдэлт болгоны дараа зүүг салган авч, бензин буюу уусгагчаар угааж, зүүний үзүүрийн чигт хатгал сайтар арчина. Хэрэв зүү шигдэлтийн гүн нь 200 нэгжээс их байвал туршилт бүрийн дараа өөр зүү хэрэглэх ба туршилт хийж дуустал эхний зүүг сорьцонд шигдээстэй байлгана.

II.2.17. Битумын суналт тодорхойлох

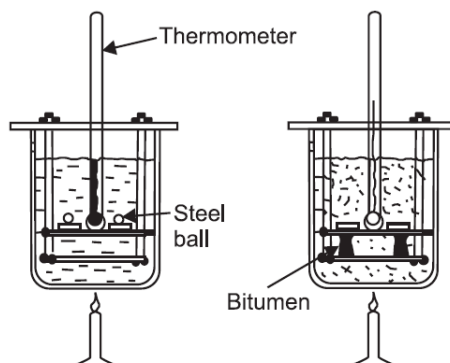


23-р зураг. Дуктилометрийн хэв

Аргын мөн чанар нь тусгай хэвэнд цутгасан битумын сорьцыг туршилтын температурт тогтмол хурдтай сунгахад тасрахгүйгээр сунах уртын хэмжээг тодорхойлоход оршино. Суналт хэмжигчийн доторх усны температур 25°C-д турших үед $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$, 0°C турших үед $0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ болмогц дуктилометрийн хөдөлгүүрийг асааж битумын суналтын туршилтыг эхэлнэ. 25°C ба 0°C туршихад суналтын хурд 5см/минут байна. Усны нягтаас хэт их буюу бага нягтай битумын сунгахад сунгасан битум нь савны ёроолд хүрэх буюу усны гадаргуу дээр хөвж гарч ирвэл хоолны давсны ханасан уусмал буюу глицерин /нягтыг ихэсгэхийн тулд/ эсвэл этилийн спирт /нягтыг багасгахын тулд/ нэмэх замаар усны нягтыг битумын нягттай адил болтол өөрчилнө. Битумыг тасрах хүртэл нь сунгах бөгөөд тасармагц заалтыг тэмдэглэж авна.

II.2.18. Битумын уярах хэмийг тодорхойлох (КиШ-ийн арга)

Уярах цэг гэдэг нь туршилтын тодорхой нөхцөлд битум зөөлрөх температурыг хэлнэ. Зөөлрөлтийн цэг нь 80°C -аас бага температурт байх битум. Туршилтад цагираг, термометр, бөмбөлөг чиглүүлэгч зэрэг хэрэгслүүдийг ашиглана.



24-р зураг. Цагираг ба бөмбөлөг /Кольцо и шар/

Шилэн саванд цагирагийн амсраас дээш 50мм-ийн түвшинд урьдчилан 15минут буцалгасан шинэ усыг 25°C хүртэл хөргөөд дүүргэнэ. Шилэн савыг халаах явцад шингэнийг хутгана. Ингэхдээ температурыг минутанд $2.0\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ -аар нэмж, битум зөөлөрч бөмбөлөг цагираг дундуур нэвтэрч өнгөртөл халаана.

Нийт туршилтын хугацаанд температурыг нэмэгдүүлэх хэмжээнд дундчилж болохгүй. Ямар ч туршилтын үед эхний 3 минутын дараа тогтоосон хязгаарын дотор температурын өсөлтийг бууруулахгүй байх шаардлагатай. Хэрэв 80°C -аас дээш зөөлрөлтийн цэгтэй битумын хувьд шилэн саванд цагирагийн амсраас дээш 50 мм-ийн түвшинд шинэ глицерин хийж дүүргэнэ. Туршилт эхлэх температур нь 35°C байна.

ГУРАВДУГААР БҮЛЭГ. ТУРШИЛТ СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

III.1. Давирхай, давирхайн нэрлэгийн бүтээгдэхүүний судалгаа

Давирхай нь хийжүүлэлтийн явцад дагалдаж үүсдэг төрөл бүрийн органик нэгдлийг агуулсан байдаг ба үүнээс олон найрлагт шингэн бүтээгдэхүүн гарган авч органик бодисуудыг ялган авах эсвэл шатах тослох материал гарган авч боломжтойг дэлхийн эрдэмтэд аль хэдийнээ тогтоосон байна. Бид туршилт судалгааны ажлаа төлөвлөгөөний дагуу түүхий эд болох давирхайн физик шинж чанарыг лабораторийн нөхцөлд шинжлэн тодорхойллоо. 10–р хүснэгт давирхайн физик–химийн зарим үзүүлэлтийг эмхэтгэлээ.

10–р хүснэгт

Давирхайн зарим физик химийн үзүүлэлт

№	Шинжилгээний стандарт	Үзүүлэлтүүд	Дүн		
			ЭУБҮ	МАК	НАКО
1	MNS AASHTO T 55:2003	Усны агуулга, мас.%	1.6	2.35	14.32
2	MNS 0328–2000	Дөл үүсэх, °C	142	163	170
3	MNS 0328–2000	Асах температур, °C	160	198	201
4	MNS ASDM D445–2014	Кинематик зууралдлага, 40°C, cSt	48.22	52.21	54.0
5	MNS AASHTO T 40:2003	Нягт, 20°C г/см ³	1.050	1.012	1.071
6	MNS 0337:2000	Хүхрийн агуулга, мас.%	0.10	0.16	0.18
7	ГОСТ–20739–75	Толуолд уусдаггүй бодисын агуулга, мас.%	1.00	1.22	2.4
8	ГОСТ 31736–2012	Хинолинд уусдаггүй бодисын агуулга, мас.%	0.43	0.62	0.82

Дээрх хүснэгтээс давирхай нь ус багатай, нягт ихтэй, зууралдлага өндөр байгаа нь газрын тостой харьцуулахад харьцангуй хүнд, өтгөн зуурамтгай бүтээгдэхүүн болох нь харагдаж байна. Судлаж буй давирхайн дөл үүсэх температур 142°C, 163°C, 170°C байгаа нь түүнд бага температурт дэгдэх нэгдлүүдийн агуулга бага байгаатай холбон тайлбарлаж болох юм. Толуол, хинолинд уусдаг нэгдлүүдийн агуулга бага байгаа нь давирхайн химийн бүрэлдэхүүнтэй холбон тайлбарладаг. Нүүрсний давирхайн химийн найрлагын дийлэнх хэсгийг өндөр молекулт ароматик, гетероцагирагт нүүрсустөрөгчдөөс тогтдог [94]. Давирхайг нефтийн нэрлэгийн фракцуудтай төсөөтэй б.э–180°C, 180–360°C, 360°C –дээших үлдэгдэл зэрэг фракцуудад салгаж нэрж туршилтын дүнг 8–р хүснэгтэд нэгтгэлээ.

11-р хүснэгт

Давирхайн нэрлэгийн бүтээгдэхүүний гарц, эзэл.%

Фракцууд	ЭУБҮ	МАК	НАКО
Буцалж эхлэх температур °C	98	102	107
Нэрлэгийн фракцууд, эзэл.%			
- б.э-200°C (бензиний фракц)	7.01	11.8	9.25
- 200-360°C (Дизель фракц)	52.12	56.47	33.15
- >360°C (үлдэгдэл)	40.68	30.22	56.18

8-р хүснэгтээс харахад давирхай нь буцалж эхлэх температур өндөртэй болох нь харагдаж байна. Судлаач Вэнганг Сүи, Хуаан Зэнг нарын давирхайн катализатор гидроболовсруулалтын судалгаанаас давирхайн буцалж эхлэх температур нь 159°C [95], Кан Т, Сун Х нарын судалгаанд 118°C [96], Мөн Малолетнов А, нарын нүүрсний давирхайн нэрлэгийн фаркцын химийн бүрэлдэхүүнийг тодорхойлсон судалгаанд давирхайн буцалж эхлэх температур нь 137°C [97], Бай З, Хуанг П нарын давирхайнаас сансрын түлш гарган авах судалгааны ажилд давирхайн буцалж эхлэх температур нь 70°C [98] байна. Эдгээр судлаачдын дүнгээс харахад нүүрсний давирхайн буцалж эхлэх температур нь нь 70-159°C байх бөгөөд бидний судлаж буй давирхайн буцалж эхлэх температур нь 98°C байгаа нь дээрх судлаачдын дүнтэй ойролцоо байна гэж үзлээ. Нүүрсний дулааны боловсруулалтаар үүссэн давирхай нь харьцангуй өндөр температурын задралын дүнд үүссэн бүтээгдэхүүн учир бага температурт ууршдаг нэгдлийг агуулдаггүй болох нь харагдаж байна. Үүнийг буцалж эхлэх температур 98°C байгаатай холбон тайлбарлаж болох юм. Нүүрсний хагас коксжуулалтын үед үүссэн давирхайнаас бензин гаргаж авах оролдлогуудыг хийсэн ажлууд цөөнгүй байдаг. Тухайлбал: Судлаач Чанг Н, ба бусад нарын судалгааны ажлаас харахад бензиний фракцын гарц 8.9% [99], мөн судлаач Ганг Ү, Пан Л, нарын нүүрсний давирхайг катализаторт гидроболовсруулалтад оруулж онгоцны түлш гарган авах судалгааны ажилд бензины фракцын гарц нь 13.2% [100] байсан бол бидний судлаж буй давирхайн нэрлэгийн фракцууд нь 7.2-11.8% байсан нь ойролцоо гарсан байна. Нүүрсний хагас коксжуулалтын процесс нь өндөр температурт явагддаг тул үүссэн давирхайд хөнгөн нэгдлүүдийн агуулга бага байдаг. Иймд бензин гаргаж авахад төдийлөн тохиромжтой бус ажээ.

Туршилтын дүнгээс харахад бензиний фракцын гарц харьцангуй бага, дизель ба үлдэгдэл фракцын гарц өндөр байна. Ялган авсан фракц тус бүрийг товарын нефть бүтээгдэхүүнтэй харьцуулсан зарим туршилтын үр дүнг 9-р хүснэгтэд үзүүлэв.

12-р хүснэгт

Давирхайн бензиний фракцийн (б.э-180°C) үзүүлэлтүүд

№	Үзүүлэлт	АИ-80	Шинжилгээний дүн		
			ЭУБҮ	МАК	НАКО
		Октаны тоо (доошгүй)			
1	Шинжилгээний аргаар	80	–	–	–
	Моторын аргаар	70	–	–	–
2	15°C дахь хувийн жин, кг/м ³	725–780	0.869	0.802	0.878
		Найрлагын бүрэлдэхүүн. °C			
3	Буцалж эхлэх температур, доошгүй	35	98	102	107
	10% нэрэгдэх температур, ихгүй	75	164	215	115
	50% нэрэгдэх температур, ихгүй	120	200	228	187
	90% нэрэгдэх температур, ихгүй	190	230	241	221
	Буцалж дуусах температур, ихгүй	215	246	250	234
	Үлдэгдэл, (эзэл.хувиар), ихгүй	2.0	5.8	3.18	2.45
4	Усанд уусдаг хүчил шүлт	2.0	байхгүй	байхгүй	байхгүй
5	Зэс хавтгайн туршилт	тэсвэртэй	тэсвэртэй	тэсвэртэй	тэсвэртэй
6	Өнгө тунгалаг байдал	шаргал	шаргал	шаргал	шаргал
7	Усны хэмжээ, (эзэл, хувиар), %	байхгүй	байхгүй	байхгүй	байхгүй
8	Механик хольцын хэмжээ, %	байхгүй	4.52	байхгүй	байхгүй
9	Ханасан уурын даралт, кПа	35–70	42	38	–

Судалгааны дүнгээс харахад фракцийн найрлага, нягт нь АИ-80 (MNS) бензиний стандарт үзүүлэлтээс нилээд хэмжээгээр давсан ба өөрөөр хэлбэл стандартын шаардлага хангахгүй байна. Мөн давирхайн нэрлэгээр гарган авсан бензиний фракцийн октаны тоог АИ-80 бензиний үзүүлэлттэй харьцуулахад илрээгүй байна. Бензиний фракцид октаны тоо илээргүй, найрлагын бүрэлдэхүүний хувьд буцлах температурын зааг их байгаа нь түүний найрлагатай холбон тайлбарлаж болох юм. Өөрөөр хэлбэл түүний найрлагад изо бүтэцтэй алифатик нүүрсустөрөгчид агуулагддаггүй болохыг харуулж байна. Давирхайн нэрлэгийн эхний фракц болох б.э-180°C хэсгийг найрлага болон октаны тоог тодорхойлсны үндсэн дээр тохирох бензинд хольж ашиглах эсэхийг тодорхойлж өгдөг. Давирхайн нэрлэгийн дизель фракцийн физик-химийн үзүүлэлтийг 13-р хүснэгтэд үзүүлэв.

13-р хүснэгт

Давирхайн дизелийн фракцийн (180–360°C) физик-химийн үзүүлэлтүүд

№	Үзүүлэлт	ГОСТ-305-82 Л(3)*	Шинжилгээний дүн		
			ЭУБҮ	МАК	НАКО
1	Цетаны тоо, багагүй	45	–	–	–
2	20°C дахь кинематик зууралдлага, мм ² /с	3–6	1.96	2.15	1.96
3	50°C дахь кинематик зууралдлага, мм ² /с	–	4.52	5.12	4.52
4	Задгай тигельд дөл үүсэх температур, °C багагүй	–	126	138	123

5	Царцах температур, °C. ихгүй	-10	-3	-2	-5
6	20°C дахь хувийн жин, г/см ³	0.86	0.996	0.981	0.947
7	Зэс хавтгайн туршилт	тэсвэртэй	тэсвэртэй	тэсвэртэй	тэсвэртэй
8	Усны агуулга	байхгүй	байхгүй	байхгүй	байхгүй

Дизелийн фракцийн хувьд 20°C–т тодорхойлсон кинематик зууралдлага нь стандартын шаардалагад нийцэж байна. Цетаны тоо тодорхойлогдоогүй, хувийн жин их байгаа нь ОХУ–ын зуны дизель түлшний стандартын үзүүлэлттэй огт нийцэхгүй байна. Мөн царцах температур нь стандартын шаардлагыг хангаж чадахгүй байна. Дизель түлшний цетаны тоо нь тэдгээрийн нүүрсустөрөгчдийн найрлагаас хамаардаг бөгөөд н–парафины нүүрсустөрөгчид хамгийн их цетаны тоог үзүүлэх ба тэдгээрийн молекул жин ихсэхэд цетаны тоо нь өндөр болдог [101]. Давирхайн нэрлэгээр ялгасан дизель фракцид н–парафины нүүрсустөрөгчид агуулагдаагүй болох нь харагдаж байна. Нэрлэгийн хоёр дахь фракц болох 180–360°C хэсгийг найрлага болон цетаных нь тоог тодорхойлсоны дараа дизелийн түлшинд стандартын шаардлагын дагуу хольж өгч болно. Энэ фракц нь ерөнхийдөө C₁₁–C₂₂ бүхий нүүрсустөрөгчдийг агуулж байдаг. Өөр нэг чухал шинж чанар бол нягт байдаг. Нүүрсний давирхайнаас гарган авсан дизелийн түлшний фракцын нягт нь их цетаны тоо нь бага байдаг [102]. Энэ 2 фракцаас гадна 160°C –260°C –ийн фракцыг ялган авч онгоцны түлш керосиныг гарган авч болно. Энэ фракцид C₉–C₁₄ бүхий нүүрсустөрөгчид агуулагддаг. Хүхэр болон нафталины агуулгаас нь хамааруулж энэ фракцыг онгоцны түлшинд шууд нэмэх эсэхийг нь шийднэ [103]. Давирхайн нэрлэгийн үлдэгдэл нь зууралдамхай шинж чанараараа нефтийн битумтай төсөөтэй байгаа учир замын битумын техникийн шаардлагатай харьцуулан судлав. 14–р хүснэгт хатуу үлдэгдлийг битумын стандарттай харьцуулан шинжилсэнийг үзүүлэв.

14-р хүснэгт

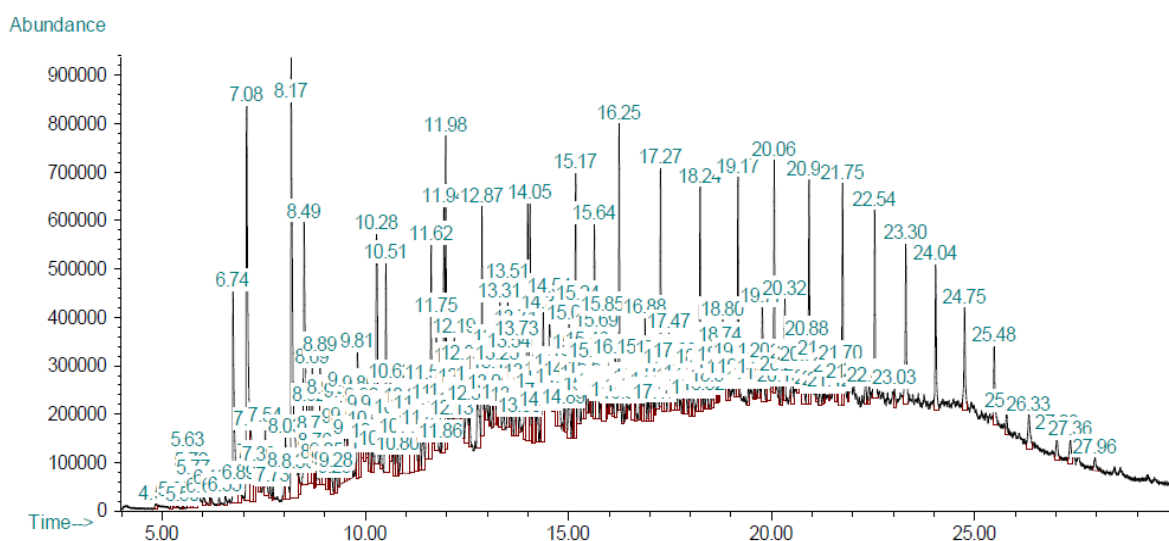
Давирхайн 360°C –ээс дээших үлдэгдлийн физик–механикийн зарим үзүүлэлт

№	Шинжилсэн үзүүлэлт	Техникийн шаардлага	Үр дүн		
			ЭУБУ	МАК	НАКО
1	Зүү шигдэлтийн гүн, 25°C –т 0.1 мм	91–130	–	–	–
2	Зөөлрөх температур, °C	>43	76.5	74	75
3	Сунах чадвар, см 25 °C	>63	–	–	–
4	Дөл авалцах температур, °C	>230	>230	>230	>230

11-р хүснэгтээс харахад судалгааны дүнгээс харахад давирхайн нэрлэгийн үлдэгд нь 25°C –ийн температурт шүү шигддэггүй, зөөлрөх температур өндөртэй, дөл авалцах температур нь >230°C –ээс дээш байна. Судалж буй нүүрсний боловсруулалтын явцад үүссэн давирхайн нэрлэгийн 360°C -ээс дээш үлдэгдэл нь ердийн нөхцөлд хатуу төлөвтэй бутрамтгай нунтаг, хар өнгөтэй материал байв.

III.2. Давирхайн химийн бүрэлдэхүүний судалгаа

Алагтогоо ордын нүүрсний хагас коксжуулалтын үед үүссэн давирхайн химийн найрлагыг ОХУ–ын Новосибирскийн Спекрометрийн НИОСН лабораторид хромато–масс–спектрометрийн аргаар тодорхойлов. Үр дүнг 12–р хүснэгтэд нэгтгэв.



25–р зураг. Нийт танин тодорхойлогдсон нэгдлүүдийн хроматограмм

15-р хүснэгт

Нүүрсний давирхайд нийт илэрсэн нэгдлүүд

№	Хугацаа	Муж	Муж, %	Нэгдлийн нэр
1	4.846	39558	0.060	MM=107 3,5-Dimethylpyridine*
2	5.231	28689	0.043	MM=120 Ethylmethylbenzene
3	5.322	28197	0.043	MM=120 Tri-methylbenzene
4	5.505	7321	0.011	MM=120 Isopropylbenzene
5	5.631	489964	0.741	MM=94 Phenol
6	5.722	200906	0.304	MM=120 Tri-methylbenzene
7	5.771	303410	0.459	MM=121 Tri-methylpyridine
8	6.016	53998	0.082	MM=121 Tri-methylpyridine
9	6.184	63239	0.096	MM=120 Tri-methylbenzene
10	6.394	36144	0.055	MM=118 2,3-Dihydro-1H-indene
11	6.549	49306	0.075	MM=116 1H-Indene
12	6.738	1239831	1.875	MM=108 2-Methylphenol
13	6.892	124903	0.189	MM=124 2-Methoxyphenol
14	6.896	1251	0.192	MM=134 Alkylbenzene
15	7.081	2612376	3.950	MM=108 4-Methylphenol
16	7.179	492614	0.745	MM=134 1-Methyl-2-isopropylbenzene
17	7.263	244312	0.369	MM=135 2,6-Di-ethylpyridine
18	7.389	79455	0.120	MM=156 Undecane
19	7.536	326224	0.493	MM=122 2,5-Диметилфенол
20	7.656	48272	0.073	MM=134 2-Methyl-2,3-di-hydro-1-benzofuran
21	7.726	43811	0.066	MM=134 Tetra-methylbenzene
22	8.013	98509	0.149	MM=132 5-Methylindane
23	8.034	362115	0.548	MM=122 2-Ethylphenol
24	8.174	2942906	4.450	MM=122 2,4-Di-methylphenol
25	8.356	114979	0.174	MM=148 Di-methyl-isopropylbenzene
26	8.489	1993456	3.014	MM=122 3,5-Di-methylphenol
27	8.622	447920	0.677	MM=122 2,3-Di-methylphenol
28	8.692	514960	0.779	MM=128 Naphthalene
29	8.735	184358	0.279	MM=146 2,3-Di-hydro-1,6-di-methyl-1H-indene
30	8.763	104729	0.158	MM=168 Methylundecene
31	8.826	101118	0.153	MM=146 2,3-Di-hydro-2,2-di-methyl-1H-indene
32	8.889	585648	0.885	MM=170 Dodecane
33	8.987	439367	0.664	MM=136 Tri-methylphenol
34	9.050	107204	0.162	MM=146 4,7-Di-methyl-1-benzofuran
35	9.092	73690	0.111	MM=184 Tridecane
36	9.162	130720	0.198	MM=146 Di-methyl-1-benzofuran
37	9.253	52267	0.079	MM=146 2,3-Di-methylbenzofuran
38	9.400	97110	0.147	MM=136 3-Propylphenol
42	9,568	279387	0.422	MM=136 Isopropylphenole
43	9.638	191138	0.289	MM=146 2,3-Di-hydro-4,7-di-methyl-1H-indene
44	9.806	694853	1.051	MM=136 Ethylmethylphenol
45	9.856	457435	0.692	MM=240 ~Di-tert-butyl-naphthalene
46	9,919	200636	0,303	MM=144 1,1-Di-methyl-1H-indene
47	9.968	237884	0.360	MM=144 2,3-Di-methyl-1H-indene
48	10.038	75535	0.114	MM=150 Methyl-isopropylphenol
49	10.094	143131	0.216	MM=150 Methyl-isopropylphenol
50	10.157	69379	0.105	MM=146 2,3-Di-hydro-1,3-di-methyl-1H-indene
51	10.185	89987	0.136	MM=182 ~6-Tridecene
52	10.276	1268219	1.918	MM=142 1-Methylnaphthalene

53	10.381	96267	0.146	MM=160 1,2,3,4-Tetra-hydro-1,4-di-methylnaphthalene
54	10.507	1041984	1.575	MM=142 2-Methylnaphthalene
55	10.619	352102	0.532	MM=160 Isopropyl- isopropenylbenzene
56	10.724	233632	0.353	MM=160 2-Methyl-4-phenyl-2-pentene
57	10.752	211592	0.320	MM=160 2,5,6-Tri-methylbenzimidazole
58	10.801	70801	0.107	MM=158 1-Naphthalenylmethanol
59	10.885	187936	0.284	MM=174 2,3-Di-hydro-
60	10.984	1093044	1.653	MM=150 2,3,4,6- и 2,3,5,6- Tetra- methylphenol
61	11.159	568573	0.860	MM=164 2-Methoxy-4-isopropyltoluene
64	11.236	285768	0.432	MM=158 1,3,5-Tri-methyl-2-(1,2-propa-di-benzene enyl)-benzene
65	11.320	109789	0.166	MM=184 Tridecane
66	11.348	150911	0.228	MM=158 Tri-methylindene
67	11.425	275332	0.416	MM=158 Tri-methyl-2-(1,2-propa-di-enyl)-
69	11.516	397479	0.601	MM=148 6-Methyl-4-indane-ol
70	11.621	1235265	1.868	MM=198 Tetradecane
71	11.677	140067	0.212	MM=174 1,2,3,4-Tetra-hydro-tri-
72	11.747	659828	0.998	MM=156 2,7-Di-methylnaphthalene
74	11.936	1039233	1.571	MM=156 1,5-Di-methylnaphthalene
75	11.978	1150545	1.740	MM=156 2,6-Di-methylnaphthalene
76	12.055	51490	0.078	MM=174 1,2,3,4-Tetra-hydro-tri-methylnaphthalene
77	12.105	108000	0.163	MM=174 3-Ethyl-3-phenyl-1-pentene
78	12.133	34433	0.052	MM=143 1-Methyl-iso-quinoline
79	12.189	292121	0.442	MM=156 1,3-Di-methylnaphthalene
80	12.231	246838	0.373	MM=156 1,4-Di-methylnaphthalene
81	12.329	215136	0.325	MM=148 2-Methyl-6-(2-propenyl)phenol
82	12.392	383959	0.581	MM=156 2,3-Di-methylnaphthalene
83	12.490	308550	0.467	MM=190 ~Aromatic hydrocarbon
84	12.560	194469	0.294	MM=172 1,2,3,4-Tetra-hydro-2,2-di-methyl-methylenenaphthalene
85	12.770	463289	0.700	MM=210 Pentadecene
86	12.868	847970	1.282	MM=212 Pentadecane
87	12.987	150182	0.227	MM=170 Tri-methyl-naphthalene
88	13.057	105377	0.159	MM=170 Tri-methyl-naphthalene
89				+ MM=210 Pentadecene
90	13.148	232683	0.352	MM=168 Di-benzofuran
91	13.190	311827	0.471	MM=188 1,1,3,3,5-Penta-methyl-2,3-dihydro-
92	13.254	229474	0.347	MM=170 Tri-methyl-naphthalene
93	13.310	428773	0.648	MM=170 Tri-methyl-naphthalene
94	13.401	133057	0.201	MM=176 1,4-Di-iso-propyl-2-methylbenzene
95	13.506	510895	0.772	MM=170 Ethyl-methyl-naphthalene
96	13.541	245928	0.372	MM=170 Ethyl-methyl-naphthalene
97	13.618	130177	0.197	MM=184 + MM=222 - ??
98	13.709	469165	0.709	MM=170 Tri-methylnaphthalene
99	13.730	307938	0.466	MM=204 Nonylbenzene
100	13.800	53686	0.081	MM=204 ~Octa-hydro-azulene derivative
101	13.940	294435	0.445	MM=166 9H-Fluorene
102	13.996	1142651	1.728	MM=170 Tri-methylnaphthalene
103	14.052	742142	1.122	MM=226 Hexadecane
104	14.101	185219	0.280	MM=224 Hexadecene+ MM=168 Di-phenylmethane
105	14.150	300732	0.455	MM=168 Isopropenylnaphthalene

106	14.241	155300	0.235	MM=168 Isopropenyl-naphthalene
107	14.326	124011	0.188	MM=184 Tetra-methylnaphthalene
108	14.382	646983	0.978	MM=182 4-Methyl-dibenzofuran
109	14.431	91862	0.139	MM=184 Tetramethylnaphthalene
110	14.459	98288	0.149	MM=184 Methyl-iso-propylnaphthalene
111	14.536	481815	0.729	MM=182 4-Methyl-dibenzofuran
112	14.613	146467	0.221	MM=254 Di-methylhexadecane
113	14.697	271055	0.410	MM=184 Methyl-iso-propenyl-naphthalene
114	14.725	259040	0.392	MM=182 9H-Fluorene-9-ol
115	14.886	86205	0.130	MM=184 Methyl-iso-propenyl-naphthalene
116	14.935	173794	0.263	MM=184 Tetramethylnaphthalene
117	15.012	475836	0.719	MM=198 Di-methyl-iso-propylnaphthalene
118	15.103	289269	0.437	MM=184 Tetramethylnaphthalene
120	15.145	334532	0.506	MM=198 Di-methyl-iso-propylnaphthalene
121	15.173	895046	1.353	MM=240 Heptadecane
122	15.236	549004	0.830	MM=268 Tetra-methylpentadecane
123	15.334	154696	0.234	MM=180 Methylfluorene
124	15.404	106776	0.161	MM=184 Tert-butyl-naphthalene+ MM=198 Alkyl-naphthalene
125	15.461	206905	0.313	MM=184 4-Cyclohepta-2,4,6-trienyl-phenol
126	15.517	133030	0.201	MM=196 Ethylbiphenyl+ MM=210 1-Ethyl-4- 128 (phenylethyl)benzene
127	15.559	238012	0.360	MM=198 Alkyl-naphthalene
128	15.636	808280	1.222	MM=196 2,2-Di-methyl-1 acetoneanthrone
129	15.692	473892	0.717	MM=196 Alkyl-naphthalene
130	15.797	118563	0.179	MM=196 Di-methyl-biphenyl
131	15.846	695221	1.051	MM=196 7,9-Di-methyl-4,5-di-hydro-3H- benz-
132	19.426	66498	0.101	MM=202 Pyrene
133	19.566	39095	0.059	MM=204 1-Phenylnaphthalene+ MM=296 Alkane
134	19.601	32611	0.049	MM=220 Tri-methylphenanthrene
135	19.692	97617	0.148	MM=220 9-Ethyl-10-methylanthracene
136	19.769	547532	0.828	MM=220 2,3,5-Tri-methylphenanthrene
137	19.881	73216	0.111	MM=282 ~1,2,3,4-Tetrahydro-anthracene derivative
138	19.938	171637	0.260	MM=220 Tri-methylphenanthrene
139	20.008	115286	0.174	MM=310 Methylheneicosane
140	20.064	794751	1.202	MM=310 Docosane
141	20.190	55956	0.085	MM=220 1-(9-Anthracenyl)ethanone
142	20.253	136445	0.206	MM=220 Tri-methylphenanthrene
143	20.323	464870	0.703	MM=234 2-Isopropyl-10-methylphenanthrene
144	20.505	208575	0.315	MM=220 Alkylphenanthrene
145	20.750	248086	0.375	MM=234 Tetramethylanthracene
146	20.876	271575	0.411	MM=272 1,9-Di-phenyl-1,3,5,7-nonatetraene
147	20.918	839591	1.269	MM=324 Tricosane
148	21.108	31778	0.048	MM=324 Methyl-docosane+ MM>=266 ~Alkylphenanthrene or alkylanthracene
149	21.185	169908	0.257	MM=248 Isopropyl-di-methylphenanthrene
150	21.262	37451	0.057	MM=234 Tetramethylanthracene
151	21.297	38154	0.058	MM=272 Di-phenyl-1,3,5,7-nonatetraene
152	21.423	22343	0.034	MM=234 Tetramethylphenanthrene
153	21.745	873109	1.320	MM=338 Tetracosane

154	21.885	71128	0.108	MM>234 ~Alkylanthracene
155	22.299	126665	0.192	MM>228 Alkyl-tri-phenylene
156	22.404	99466	0.150	MM>228 ~Alkyl-tri-phenylene
157	22.537	790547	1.195	MM=352 Pentacosane
158	23.027	79819	0.121	MM>368 ~Alkane
159	23.301	717964	1.086	MM=366 Hexacosane
160	24.036	639989	0.968	MM=380 Heptacosane
161	24.751	529420	0.800	MM=394 Octacosane
162	25.479	402441	0.608	MM=408 Nonacosane
163	25.788	109390	0.165	MM=370 Alky-tetrahydrophenanthrene
164	26.327	295674	0.447	MM=422 Triacontane
165	27.028	165436	0.250	MM=398 28-Nor-17(H)-hopane
166	27.357	174380	0.264	MM=436 tetracosane
167	27.960	98174	0.148	MM=430 14-Nor-ursane-3, 12diol

16-р хүснэгт

Хийн хромато-масс-спектрометрийн шинжилгээний дүн

№	Бүлэг органик нэгдлүүд	Агуулга, мас.%
1	Алифатик нүүрсустөрөгчид	36.08
2	Ароматик нүүрсустөрөгчид	
	• Бензолын уламжлалууд	10.23
	• Нафталины уламжлалууд	20.51
	• Антрацен ба фенантрен	8.01
3	Фенолт нэгдлүүд	13.96
4	Азот агуулсан нэгдлүүд	1.66
5	Бусад	9.55

Давирхайн химийн найрлагын дүнгээс харахад алифатик нүүрсустөрөгчдийн агуулга 36.08% байгаа нь фенолт нэгдлүүд, азотат нэгдлүүдийн агуулгаас харьцангуй их агуулгатай байна. Нүүрсний хийжүүлэлтийн үед үүссэн давирхай нь найрлагандаа ганц ба олон цагирагт нүүрсустөрөгчдийг багагүй хэмжээтэй агуулдаг болох нь шинжилгээгээр тогтоогдсон бөгөөд тэдгээрийн агуулга нь бензол, түүний уламжлалууд 10.23%, нафталин, түүний уламжлалууд 20.51%, антрацен ба фенантрен 8.01% тус тус агуулагддаг болох нь тодорхойлогдсон ба эдгээрийн нийлбэр агуулга нь 38.75% байна. Нүүрсний давирхай нь фенолт нэгдлүүдийн их хэмжээтэй агуулдаг судлаж буй давирхайд фенолт нэгдлүүдийн агуулга нь 13.96% харин азот агуулсан нэгдлүүд нь харьцангуй бага 1.66% бусад танигдаагүй органик нэгдлүүдийн агуулга нь 9.55% байв. Дээрх бүлэг органик нэгдлүүдийн агуулга тус бүрийг авч үзье. Үүнд:

Алифатик нүүрсустөрөгчид, мас. %: Ундекан 0.096, метилундецен 0.137, додекан 0.774, тридекан 0.105, тридецен 0.127, тетрадекан 1.901, пентадецен 0.756, пентадекан 1.397, гексадекан 1.304, гексадецен 0.323, диметилгексадекан 0.289, гептадекан 1.670, тетраметилпентадекан 1.144, октадекан 1.733, нонадецен 0.489, нонадекан 1.634, эйкозан 1.851, эйкозен 0.116, генэйкозен 0.341, генэйкозан 1.661, метилгенэйкозан 0.278,

докозан 1.915, трикозан 2.114, метилдокозан 0.080, метилдокозан 0.362, тетракозен 0.664, тетракозан 2.294, пентакозан 2.163, гексакозан 2.043, гептакозан 1.890, октакозан 1.621, нонакозан 1.276, триаконтан 0.970, тетраконтан 0.591.

Ароматик нүүрсүстөрөгчид мас% : Бензол, түүний уламжлалууд– Этилметилбензол 0.043, триметилбензол 0.043, изопропилбензол 0.011, 2,3–дигидро–1н–инден 0.055 1н–инден 0.075, метил–2–изопропилбензол 0.745, тетраметилбензол 0.066, 5–метилиндан 0.149, диметилизопропилбензол 0.174, Нафталины уламжлалууд– Дигравдагчбутилнафталин 0.692, 1 –метилнафталин 1.918, 1,2,3,4 –тетрагидро –1,4 –диметилнафталин 0.146, 2 –метилнафталин 1.575, 1,2,3,4 –тетрагидротриметилнафталин 0.212, 2,7 –диметилнафталин 0.998, 1,5 –диметилнафталин 1.571, 2,6 –диметилнафталин 1.740, 1,2,3,4 –тетрагидротриметилнафталин 0.078, 3 –этил – 3 –фенил – 1 –пентен 0.163, 1,3 –диметилнафталин 0.442, 1,4 –диметилнафталин 0.373, 2,3 –диметилнафталин 0.581, 2,3 –диметилнафталин 0.581, 1,2,3,4 –тетрагидро –2,2 –диметил – метиленафталин 0.294, этилметилнафталин 0.772, триметилнафталин 1.728, изопропенилнафталин 0.455, тетраметилнафталин 0.188, тетраметилнафталин 0.139, метилизопропилнафталин 0.149, метилизопропенилнафталин 0.410, изопропилдиметилнафталин 0.057. Антрацен ба фенантрены уламжлалууд: Метилфенантрен 0.194, метилантрацен 0.605, метоксиантрацен 0.073, диметилфенантрен 0.259, 2,3 –диметил –9,10 –дигидро – 9,10 – (1,2 –фенил)антрацен 0.224, 9–этил–10–метилантрацен 0.148, 2,3,5–триметилфенантрен 0.828, 1,2,3,4– тетрагидроантрацена 0.111, 2–изопропил–10–метилфенантрен 0.703, 1,4–диметил–5–фенилнафталин 0.114, изопропилдиметилфенантрен 0.257.

Фенолт нэгдлүүд, мас.%: Фенол 0.741, 2–Метилфенол 1.875, 2–Метоксифенол 0.189, 4–Метилфенол 3.950, 2,5–Диметилфенол 0.493, 2–Этилфенол 0.548, 2,4–Диметилфенол 4.450, 3,5–Диметилфенол 3.014, 2,3–Диметилфенол 0.677, 3 –Пропилфенол 0.147, 2 –Этил – 4 –метилфенол 0.410, Триметилфенол 0.763, Изопропилфенол 0.422, Этилметилфенол 1.051, Метилизопропилфенол 0.114, Изопропилметилфенол 0.216, 2,3,4,6 – ба 2,3,5,6 – тетраметилфенол 1.653, 2 –Метил – 6 –(2 –пропенил)фенол 0.325.

Азот агуулсан нэгдлүүд, мас.%: 3,5–диметилпиридин 0.033, триметилпиридин 0.285, 2,6–диэтилпиридин 0.256, 2,5,6–триметил– бензимидазол 0.263, 1–метилизохинолин 0.038, 2–метоксифеназин 0.481.

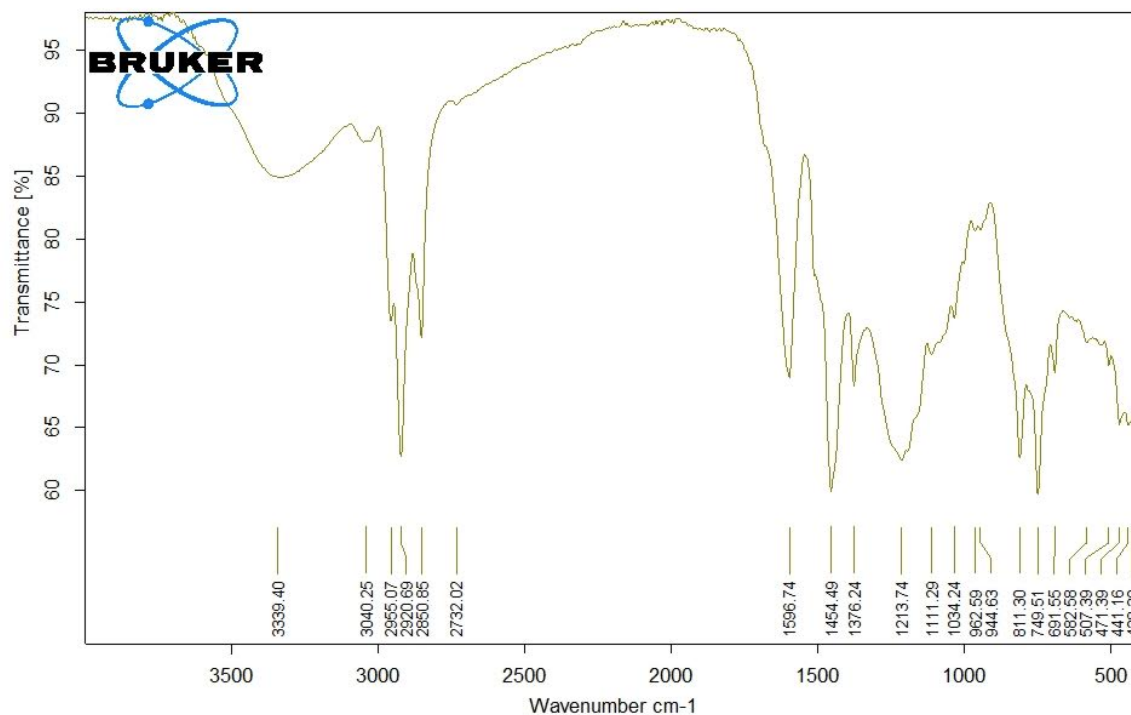
16-р хүснэгтээс харахад давирхай нь найрлагандаа хоёр ба түүнээс дээш тооны олон цагирагт нүүрсустөрөгчдийг багагүй хэмжээтэй агуулдаг болох нь шинжилгээгээр тогтоогдсон бөгөөд тэдгээрийн нийлбэр агуулга нь 38.75% байна. Нүүрсний давирхайн химийн найрлагын дийлэнх хэсгийг өндөр молекулт ароматик, гетероцагирагт нүүрсустөрөгчдөөс тогтдог болохыг олон судлаачид судалгаагаар баталсан бөгөөд [104] [105] одоогийн байдлаар найрлагыг бүрэн тогтоогоогүй байна. Нүүрсний давирхай нь найрлагадаа фенолт нэгдлүүдийг 20-30% орчим агуулдаг [106] судлаж буй давирхайд фенолт нэгдлүүдийн агуулга нь 13.96%. Давирхайд агуулагдаж буй фенолт нэгдлүүд нь гол төлөв фенол, (о-, м-, п-)крезол, диметил фенол, этилфенол, метилэтилфенол, триметилфенол [107][108] харин азот агуулсан нэгдлүүд нь харьцангуй бага 1.66% байсан. Азот агуулсан нэгдлүүд нь гол төлөв индол, карбазол, пиридин, хинолин [109] агуулагддаг. Харин давирхайн хроматографийн шинжилгээгээр илэрсэн ароматик, фенолт нэгдлүүд болон бусад нүүрсустөрөгчдийн агуулгыг 17-р хүснэгтэд үзүүлээ.

17-р хүснэгт

Давирхайн ароматик, фенолт нэгдлүүд болон бусад нүүрсустөрөгчдийн агуулга

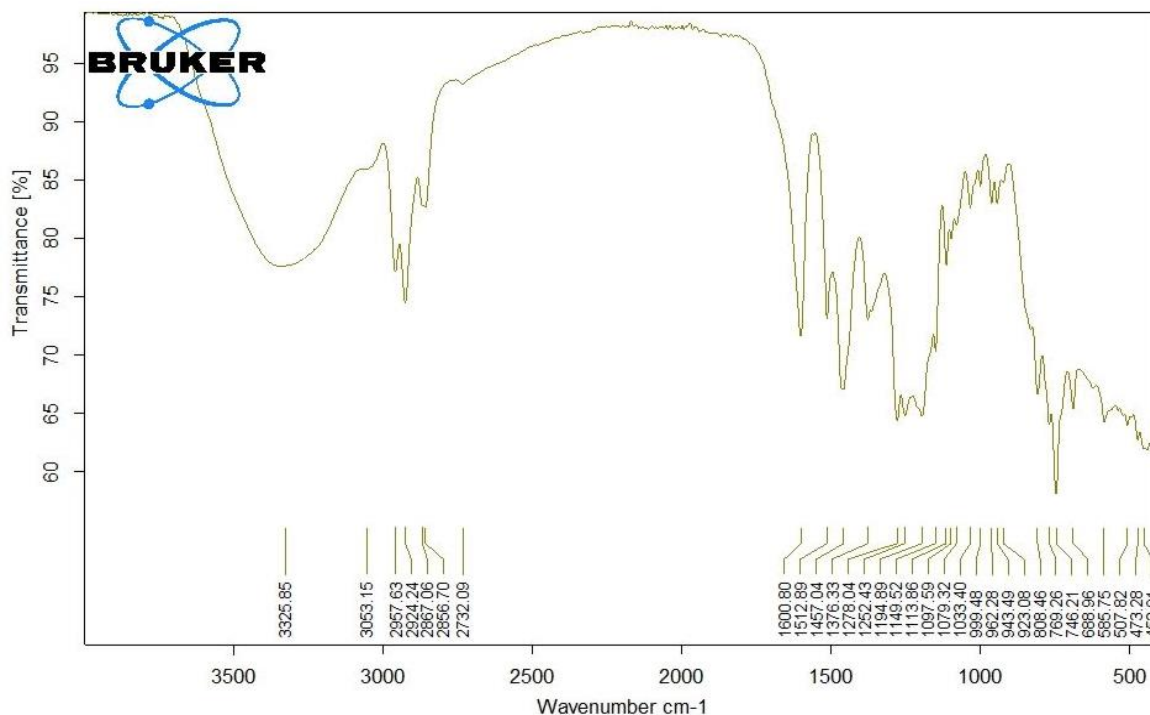
Хугацаа	Муж	Муж,%	Молекул	Массын %	Нэгдлийн нэр
4.846	39558	0.060	107	0.033	3,5-Di-methylpyridine*
5.231	28689	0.043	120	0.027	Ethyl-methyl-benzene
5.322	28197	0.043	120	0.026	Tri-methyl-benzene
5.505	7321	0.011	120	0.007	Isopropyl-benzene
5.631	489964	0.741	94	0.358	Phenol
5.722	200906	0.304	120	0.187	Tri-methylbenzene
5.771	303410	0.459	121	0.285	Tri-methylpyridine
6.016	53998	0.082	121	0.051	Tri-methylpyridine
6.184	63239	0.096	120	0.059	Tri-methylbenzene
6.738	1239831	1.875	108	1.041	2-Methylphenol
6.892	124903	0.189	124		2-Methoxyphenol
7.081	2612376	3.950	108	2.193	4-Methylphenol
7.179	492614	0.745	134	0.513	1-Methyl-2-
7.263	244312	0.369	135	0.256	2,6-Di-ethylpyridine
7.389	79455	0.120	156	0.096	Undecane
7.536	326224	0.493	122	0.309	2,5-Di-methylphenol
7.656	48272	0.073	134	0.050	2-Methyl-2,3-di-
7.726	43811	0.066	134	0.046	Tetramethylbenzene
8.013	98509	0.149	132	0.101	5-Methylindane
8.034	362115	0.548	122	0.343	2-Ethylphenol
8.174	2942906	4.450	122	2.791	2,4-Di-Диметилфенол
8.356	114979	0.174	148	0.132	Di-methyl-
8.489	1993456	3.014	122	1.890	3,5-Di-methylphenol
8.622	447920	0.677	122	0.425	2,3-Di-methylphenol

8.692	514960	0.779	128	0.512	Naphthalene
8.735	184358	0.279	146	0.209	2,3-Dihydro-1,6-
8.763	104729	0.158	168	0.137	Methylundecene
8.826	101118	0.153	146	0.115	2,3-Dihydro-2,2-di-
8.889	585648	0.885	170	0.774	Dodecane
8.987	439367	0.664	136	0.464	Tri-methylphenol
9.092	73690	0.111	184	0.105	Tridecane



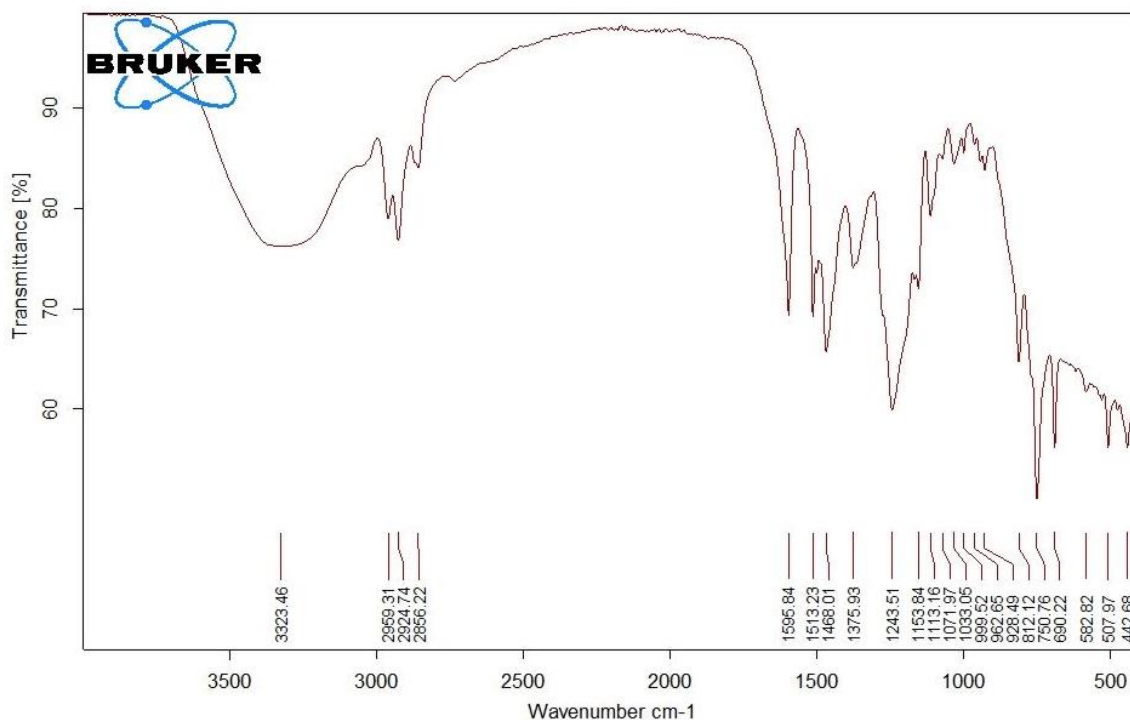
26-р зураг. МАК-ийн давирхайн НУТ спектр

МАК-ний давирхайн фракцын НУТ-ны спектрийн шинжилгээний дүнгээс үзэхэд (27-р зураг) 3339.4cm^{-1} фенол дахь **ОН** бүлгийн, амины **NH** бүлгийн валентийн хэлбэлзлийн шингээлтүүд, 2955cm^{-1} , 2920cm^{-1} , 2850.85cm^{-1} , 1454.1cm^{-1} мужуудад алифатик бүлгүүдийн ($-\text{CH}$, $-\text{CH}_2$, $-\text{CH}_3$) валентийн ба деформацийн хэлбэлзлийн шингээлт илэрсэн байна. 1596.74cm^{-1} ароматик нэгдэл дэх туйлт халагчтай $\text{C}=\text{C}$ холбооны валентийн, хиноны $\text{C}=\text{O}$ бүлгийн валентийн хэлбэлзэл, 1376.24cm^{-1} , 1213.74cm^{-1} фенол дахь $\text{C}-\text{O}$ бүлгийн валентийн хэлбэлзэл, 1034.24cm^{-1} -д мужид энгийн эфирийн $\text{C}-\text{O}$ бүлгийн валентийн хэлбэлзлийн шингээлт сул шингээлт илэржээ.



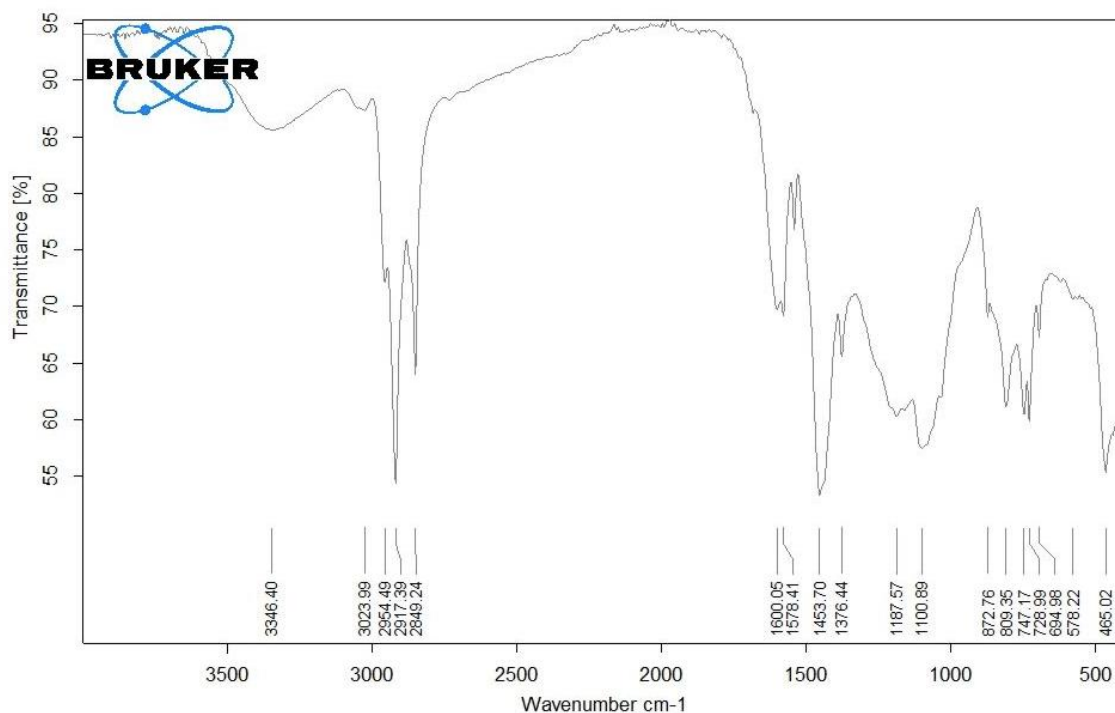
27-р зураг. МАК-ийн давирхайн 180–360°C –ийн фракцийн НУТ спектр

МАК-ний давирхайн 200–360°C –ийн фракцийн НУТ спектрийн шинжилгээний дүнгээс үзэхэд (27-р зураг) 3326.85cm^{-1} фенол дахь **ОН** бүлгийн, амины **НН** бүлгийн валентийн хэлбэлзлийн шингээлтүүд, 2957.63 cm^{-1} , 2924 cm^{-1} мужуудад алифатик бүлгүүдийн (**-CH**, **-CH₂**, **-CH₃**) валентийн ба деформацийн хэлбэлзлийн шингээлт илэрсэн байна. 1600cm^{-1} ароматик нэгдэл дэх туйлт халагчтай **C=C** холбооны валентийн, хионы **C=O** бүлгийн валентийн хэлбэлзэл, 1376.33cm^{-1} , 1457.04cm^{-1} **CH₂**, **CH₃** бүлгийн деформацийн, ароматик цөм дахь **C=C** бүлгийн валентийн хэлбэлзэл, 1033.40 , 1079.32 , 1150 Нэг, хоёр, гуравдагч спиртийн **O-H** бүлгийн деформацийн ба **C-O** бүлгийн валентийн, алифатик энгийн эфирийн **C-O** бүлгийн валентийн хэлбэлзэл, $900-700\text{ cm}^{-1}$ -д полиароматик, ароматик цагирагуудын шингээлт илэрсэн байна.



28-р зураг. МАК-ийн давирхайн б.э-180°C-ийн фракцийн НУТ спектр

МАК-ний давирхайн б.э-180°C-ийн фракцийн НУТ спектрийн шинжилгээний дүнгээс үзэхэд (28-р зураг) 3323.46cm^{-1} фенол дахь **ОН** бүлгийн, амины **НН** бүлгийн валентийн хэлбэлзлийн шингээлтүүд, 2959.31cm^{-1} , 2924.74cm^{-1} , 2856.22cm^{-1} , 1468.01cm^{-1} мужуудад алифатик бүлгүүдийн ($-\text{CH}$, $-\text{CH}_2$, $-\text{CH}_3$) валентийн ба деформацийн хэлбэлзлийн шингээлт илэрсэн байна. 1595.84cm^{-1} ароматик нэгдэл дэх туйлт халагчтай **C=C** холбооны валентийн, хиноны **C=O** бүлгийн валентийн хэлбэлзэл, 1375.93cm^{-1} , 1468.01cm^{-1} **CH₂**, **CH₃** бүлгийн деформацийн, ароматик цөм дахь **C=C** бүлгийн валентийн хэлбэлзэл, 1033.06 , 999.52 , 1171.97 Нэг, хоёр, гуравдагч спиртийн **O-H** бүлгийн деформацийн ба **C-O** бүлгийн валентийн, алифатик энгийн эфирийн **C-O** бүлгийн валентийн хэлбэлзэл, $900-700\text{cm}^{-1}$ -д полиароматик, ароматик цагирагуудын шингээлт илэрсэн байна.



29-р зураг. МАК-ийн давирхайн 360°C -аас дээших фракцийн НУТ спектр

УХ-гийн битумын тосны фракцын НУТ-ны спектрийн шинжилгээний дүнгээс үзэхэд (29-р зураг) 3346.40cm^{-1} фенол дахь **ОН** бүлгийн, амины **NH** бүлгийн валентийн хэлбэлзлийн шингээлтүүд, 2840.24cm^{-1} , 2850 , 2870 , 2900cm^{-1} , мужуудад ($-\text{CH}$, $-\text{CH}_2$, $-\text{CH}_3$) алифатик бүлгүүдийн валентийн ба деформацийнхэлбэлзлийн шингээлт илэрсэн байна. Мөн 1377.1cm^{-1} -д фенол дахь **C-O** бүлгийн валентийн хэлбэлзэл, 1207.3cm^{-1} мужид фенол дахь **C-O** бүлгийн валентийн хэлбэлзэл, 1153.3cm^{-1} -д алифатик энгийн эфирийн **C-O** бүлгийн валентийн хэлбэлзлийн шингээлт тус тус илэрчээ. Түүнчлэн 1076.3cm^{-1} , 1029.9cm^{-1} , нэг, хоёр, гуравдагч спиртийн **O-H** бүлгийн деформацийн ба **C-O** бүлгийн валентийн, алифатик энгийн эфирийн **C-O** бүлгийн валентийн хэлбэлзэл, $900-700\text{cm}^{-1}$ -д полиароматик, ароматик цагирагуудын шингээлт илэрсэн байна.

III.3. Давирхайн нэрлэгээр гарган авсан бензин, дизель фракцын чанар сайжруулах судалгаа

Нефтийн бүтээгдэхүүний эрэлт их өнөө цаг үед нефтийн нөөцийн асуудал сүүлийн жилүүдэд онцгой яригдах боллоо. Үүнтэй уялдаатайгаар нефтийг орлох бусад альтернатив эх үүсвэрийн судалгаанд эрдэмтэд нилээд анхаарч ажиллаж байна. Тухайн түүхий эд нь нүүрстөрөгч (С), устөрөгч (Н)–өөс л тогтож байвал төлөв байдлаас нь үл хамаарч түлш, шатахуун гарган авах нь боломжтой нь онолын хувьд нэгэнтээ батлагдсан зүйл юм. Гагцхүү түүнийг хэрэглээнд нэвтрүүлэхэд оновчтой технологийн сонголт, стандарт шаардлагад бүтээгдэхүүний чанарыг нийцүүлэхэд боловсруулалтын тохиромжтой арга барил хамгаас чухал. Хатуу шингэн төлөвтэй тухайлбал нүүрс, занар, байгалийн битум, ахуйн хэрэглээний хоол хүнсний хаягдал, ашиглалтын хугацаа дууссан техникийн тос, хуванцар хаягдлууд гэх мэт түүхий эдүүдийг дулааны аргаар боловсруулж нефть төсөөт шингэн болгох замаар түлш, шатахуун гарган авч дотоодын хэрэгцээгээ хангаад зогсохгүй гадагш нь экспортолж байгаа практик дэлхийн олон улс оронд бий. Дулааны аргаар гарган авсан түлш шатахуун нь химийн тогтвор муутай байдаг. Өөрөөр хэлбэл гадны нөлөөд мэдрэг, химийн урвалын идэвхтэй. Ийм түлш, шатахууны найрлагыг тогтворжуулах, стандартад нийцүүлэх механик болон химийн олон аргууд бий. Жишээ нь: адсорбент (шингээгч) материалаар шүүх, хүчил, шүлтийн цэвэрлэгээ, гидрокрекинг, катализаторт крекинг г.м.

III.3.1. АСК–маркын силикагелиэр шүүсэн судалгааны дүн

Бид энэхүү судалгааны ажлаараа адсорбент (шингээгч) материалаар шүүх, хүчил, шүлтийн цэвэрлэгээ, гидрокрекинг зэрэг аргуудаар давирхайн нэрлэгээс гарган авсан бензин, дизель фракцын чанарыг сайжруулах оролдлогыг хийсэн бөгөөд эхний удаад адсорбент (АСК–маркын силикагель) материалаар шүүсэн судалгааны дүнг 18–р хүснэгтэд танилцуулъя.

18-р хүснэгт

Давирхайн бензиний фракцийн (б.э–180°С) үзүүлэлтүүд (АСК–маркын силикагелиэр шүүсэн)

№	Үзүүлэлт	АИ–80	Шинжилгээний дүн		
			ЭУБҮ	МАК	НАКО
		Октаны тоо (доошгүй)			
1	Шинжилгээний аргаар	80	68.3	65.8	58.2
	Моторын аргаар	70	56.1	51.2	49.3
2	15°С дахь хувийн жин, кг/м ³	725–780	0.854	0.801	0.868
		Найрлагын бүрэлдэхүүн. °С			
3	Буцалж эхлэх температур, доошгүй	35	88	194	94
	10% нэрэгдэх температур, ихгүй	75	163	214	110
	50% нэрэгдэх температур, ихгүй	120	198	221	174
	90% нэрэгдэх температур, ихгүй	190	224	230	209
	Буцалж дуусах температур, ихгүй	215	230	240	218
	Үлдэгдэл, (эзэл.хувиар), ихгүй	2.0	1.8	1.18	2.05
4	Усанд уусдаг хүчил шүлт	2.0	байхгүй	байхгүй	байхгүй
5	Зэс хавтгайн туршилт	тэсвэртэй	тэсвэртэй	тэсвэртэй	тэсвэртэй
6	Өнгө тунгалаг байдал	шаргал	шаргал	шаргал	шаргал
7	Усны хэмжээ, (эзэл, хувиар), %	байхгүй	байхгүй	байхгүй	байхгүй
8	Механик хольцын хэмжээ, %	байхгүй	байхгүй	байхгүй	байхгүй
9	Ханасан уурын даралт, кПа	35–70	45	41	39

Судалгааны дүнгээс харахад фракцын найрлага, нягт нь АИ–80 (ОХУ) бензиний стандарт үзүүлэлтээс давсан байсан ба АСК маркийн силикагель дундуур нэвтрүүлэхэд түүний дийлэнх үзүүлэлтүүдэд эерэг үр дүн гарсан байна. Давирхайн нэрлэгээр гарган авсан бензиний фракцын октаны тоог АИ–80 бензиний үзүүлэлттэй харьцуулахад харьцангуй бага шинжилгээний аргаар–66.4, моторын аргаар 53.9 байсан бол шүүсний дараа 2–3 нэгжээр дээшилжээ. Бензиний фракцын октаны тоо бага, найрлагын бүрэлдэхүүний хувьд буцлах температурын зөрүү их байгаа нь түүний найрлага дахь хүнд нүүрсустөрөгчийн агуулга их байгаа ба АСК маркийн силикагель дундуур нэвтрүүлэхэд тэдгээр нүүрсустөрөгчийн зарим хэсэг нь шүүгдэн үлдсэн болох нь судалгааны дүнгээс харагдаж байна.

Давирхайн нэрлэгийн эхний фракц болох б.э–200°С хэсгийг найрлага болон октаны тоог тодорхойлсны үндсэн дээр тохирох бензинд хольж ашиглана. Түүнээс гадна энэ фракцийн C₄–өөс бага нүүрсустөрөгчид, C₅–C₆ бүхий нүүрсустөрөгчид, C₇ ба түүнээс дээших нүүрсустөрөгчид гэж 3 хэсэгт хувааж химийн үйлдвэрүүдэд түүхий эд болгон ашиглах эсвэл бензинд нэмж ашиглаж болно. Зарим тохиолдолд энэ фракцыг устөрөгчөөр үйлчлүүлж чанарыг нь сайжруулж хэрэглэдэг. Энэ фракцад гетероатом агуулсан болон цагариг нүүрсустөрөгчид их агуулагдаж байдаг.

Давирхайн нэрлэгийн дизель фракцийг мөн АСК маркын силикагелиэр шүүж түүний физик-химийн үзүүлэлт хэрхэн өөрчлөгдсөн болохыг туршилтаар тогтоож дүнг 19-р хүснэгтэд нэгтгэлээ.

19-р хүснэгт

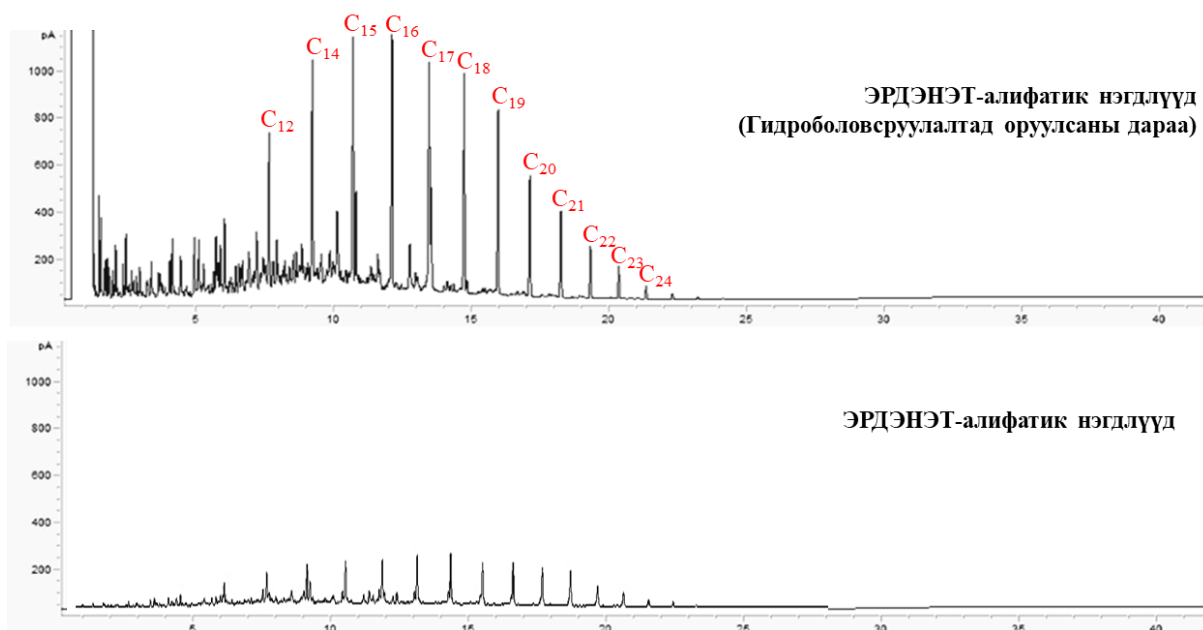
Давирхайн дизелийн фракцийг (180–360°C) АСК маркын силикагелиэр шүүсэний дараах физик-химийн үзүүлэлтүүд

№	Үзүүлэлт	ГОСТ–305–82 Л(З)*	Шинжилгээний дүн		
			ЭУБҮ	МАК	НАКО
1	Цетаны тоо, багагүй	45	41.9	39.1	40.5
2	20°C дахь кинематик зууралдлага, мм ² /с	3–6	2.96	3.15	2.96
3	50°C дахь кинематик зууралдлага, мм ² /с	–	4.41	5.21	4.83
4	Задгай тигельд дөл үүсэх температур, °C багагүй	–	127	137	121
5	Царцах температур, °C. ихгүй	–10	–4	–6	–7
6	20°C дахь хувийн жин, г/см ³	0.86	0.916	0.901	0.927
7	Зэс хавтгайн туршилт	тэсвэртэй	тэсвэртэй	тэсвэртэй	тэсвэртэй
8	Усны агуулга	байхгүй	байхгүй	байхгүй	байхгүй

Дизелийн фракцын хувьд 20°C –т тодорхойлсон кинематик зууралдлага, цетаны тоо ОХУ–ын зуны дизель түлшний стандартын хэмжээнээс бага, хувийн жин их байсан бөгөөд түүнийг АСК маркын силикагелиэр шүүхэд цетаны тоо бага хэмжээгээр нэмэгдсэн дүн гарчээ. Судалж буй дизель фракцыг шүүснээр цетаны тоо, царцах температур зэрэг техникийн чухал үзүүлэлтүүд нь стандартын шаардлагыг төдийлөн хангаж чадахгүй байгаа хэдий ч анхны үзүүлэлтээсээ бага хэмжээгээр сайжирсан болох нь судалгааны дүнгээс харагдаж байна. Дизель түлшний цетаны тоо нь тэдгээрийн нүүрсустөрөгчдийн найрлагаас хамаардаг бөгөөд н–парафины нүүрсустөрөгчид хамгийн их цетаны тоог үзүүлэх ба тэдгээрийн молекул жин ихсэхэд цетаны тоо нь өндөр болдог. Нэрлэгийн хоёр дахь фракц болох 180–360°C хэсгийг найрлага болон цетаных нь тоог тодорхойлсоны дараа дизелийн түлшинд стандартын шаардлагын дагуу хольж өгч болно. Энэ фракц нь ерөнхийдөө C₁₁–C₂₂ бүхий нүүрсустөрөгчдийг агуулж байдаг. Өөр нэг чухал шинж чанар бол нягт байдаг. Нүүрсний давирхайнаас гарган авсан дизелийн түлшний фракцын нягт нь их цетаны тоо нь бага байдаг. Энэ 2 фракцаас гадна 160°C–260°C–ийн фракцыг ялган авч онгоцны түлш керосиныг гарган авч болно. Энэ фракцид C₉–C₁₄ бүхий нүүрсустөрөгчид агуулагддаг. Хүхэр болон нафталины агуулгаас нь хамааруулж энэ фракцыг онгоцны түлшинд шууд нэмэх эсэхийг нь шийднэ.

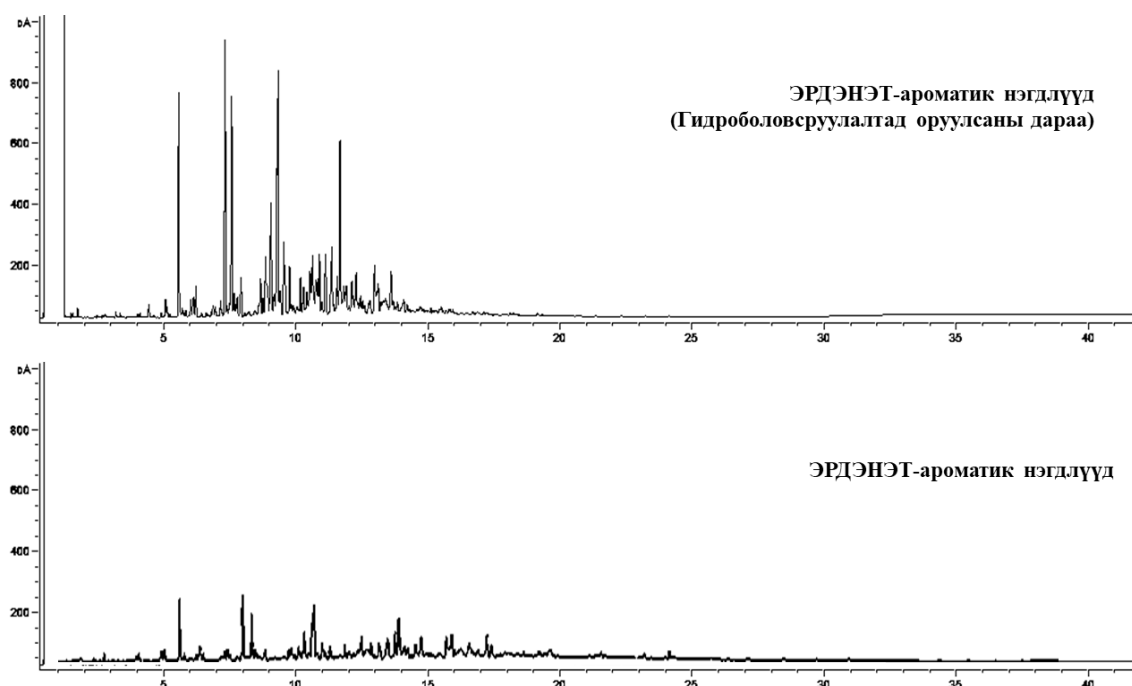
Ш.3.2. Давирхайн нэрлэгээр гарган авсан дизель фракцыг гидроболовсруулалтад оруулсан судалгааны дүн.

Давирхайн 180-360°C-ийн фракцыг гидроболовсруулалтад оруулж туршилтын өмнө болон дараа нь бүтээгдэхүүний химийн бүрэлдэхүүнд хэрхэн өөрчлөлт орсонг дараах хроматограммуудаар харьцуулан үзүүлэв.



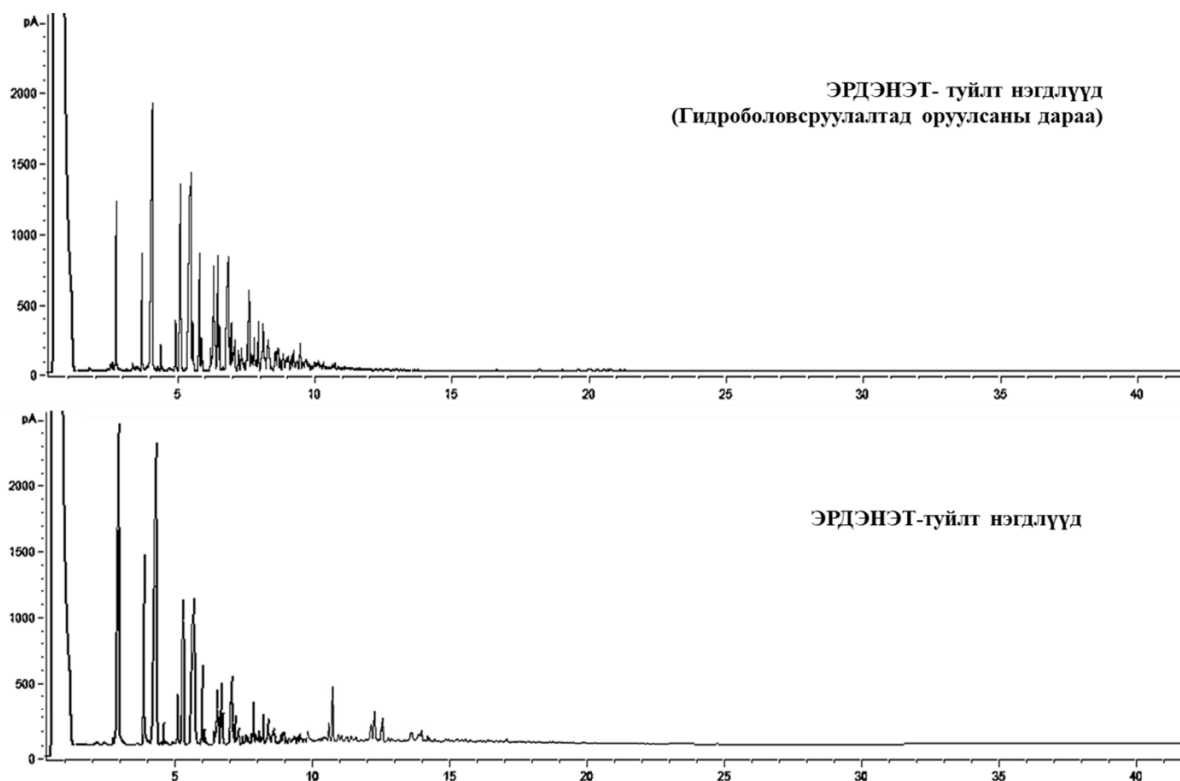
30-р зураг. ЭУБҮ-ийн давирхайн дунд фракц болон түүний ГБ-ын бүтээгдэхүүнүүдийн гексаны ханданд агуулагдах алифатик нэгдлүүд

Хроматографийн шинжилгээний дүнгээс харахад давирхайн нэрлэгийн дунд фракцад алифатик буюу задгай хэлхээтэй нүүрсустөрөгчийн концентраци харьцангуй бага байсан болон гидроболовсруулалтад оруулсаны дараа тэдгээрийн концентарци эрс нэмэгджээ. Тухайлбал: C₁₂-C₂₁ нүүрсустөрөгчдийн шингээлт 2-4дахин нэмэгджээ. Үүгээр гидроболовсруулалтын процесс үр дүнтэй явагдсаны харуулж байна.



31-р зураг. ЭУБҮ-ийн давирхайн дунд фракц болон түүний ГБ-ын бүтээгдэхүүнүүдийн
дихлорметаны ханданд агуулагдах ароматик нэгдлүүд

Шинжилгээний дүнгээс харахад нүүрсний хийжүүлэлтийн үед үүссэн давирхайнаас ялгасан дунд фракц нь найрлагадаа ароматик нэгдлүүдийг бага агуулдаг ба дийлэнх нь фенол, нафтол болон тэдгээрийн уламжлалт нэгдлүүд агуулагддагтай нь холбон тайлбарлаж болох юм. Фенол, нафтол болон тэдгээрийн уламжлалт нэгдлүүдийн концетнарцийг бууруулах зорилгоор гидроболовсруулалтад оруулсны дүнд ароматик нэгдлүүд илүү их үүссэн нь харагдаж байна.



32-р зураг. ЭУБҮ-ийн давирхайн дунд фракц болон түүний ГБ-ын бүтээгдэхүүнүүдийн
Дихлорметан:Метанолын 1:1 хандад агуулагдах туйлт нэгдлүүд

Давирхайн нэрлэгийн бүтээгдэхүүнд агуулагдаж буй хүчиллэг болон суурилаг нэгдлүүдийг зайлуулах нь түүний ашиглалтын шинж чанаруудыг сайжруулах давуу талтай бөгөөд бидний гидроболовсруулалтын туршилтын дүнд туйлт нэгдлүүдийн концентрацийг тодорхой хэмжээгээр бууруулсан болох нь харагдаж байна.

III.4. НДП-ийг битумд нэмсэн судалгааны дүн

Битумд НДП-ийг нэмж өгөх хэмжээнээс хамаараад асфальт хольцын шинж чанар өөр өөр байдаг [22], [110] 20-р хүснэгт судлаж буй БНД 90/130 маркын битум болон Алагтогоо ордын НДП-ийн физик-механикийн зарим үзүүлэлтийг тодорхойлсон дүнг нэгтгэв.

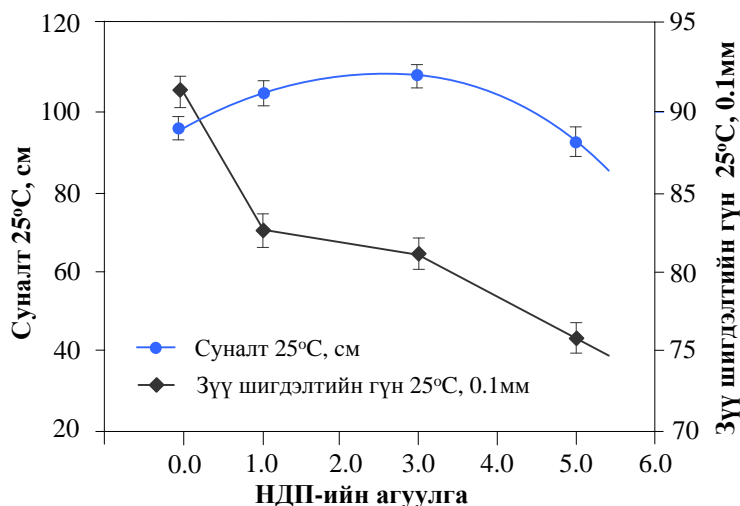
20-р хүснэгт

БНД 90/130 битум бол НДП-ийн зарим физик-механикийн шинж чанар

Материал Стандарт	Зүү шигдэлтийн гүн, 0.1мм MNS 5109:2001	Зөөлрөх температур, °C MNS 5211:2002	Суналт, 25°C, см MNS 5110:2001
Техникийн шаардлага	91-130	>43	>65
Битум 90/130	91.6	44.7	97.9
НДП*	-	76.5	<0.01

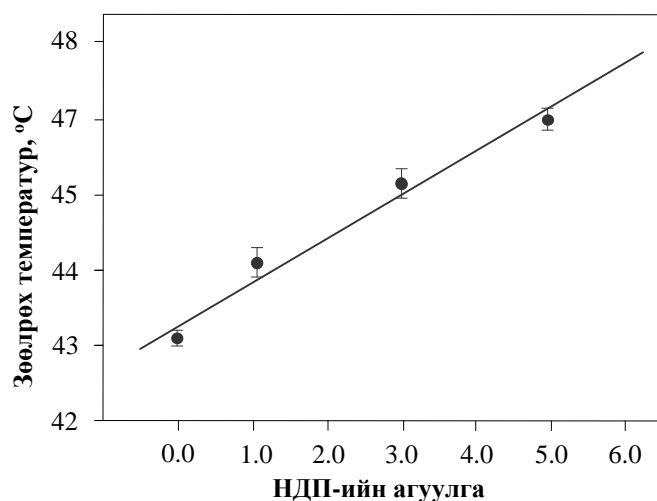
НДП*-Алагтогоо ордын нүүрсний давирхайн питч

Судалж буй нүүрсний боловсруулалтын явцад үүссэн давирхайн нэрлэгийн 360°C-ээс дээш үлдэгдэл нь ердийн нөхцөлд хатуу төлөвтэй бутрамтгай нунтаг, хар өнгөтэй материал байв. Туршилтад ашиглаж буй битум нь сунах чадвар сайтай, зөөлрөх температур, зүү шигдэлтийн гүн зэрэг физик-механикийн гол үзүүлэлтүүд нь БНД90/130 маркын битумын стандартын шаардлага хангаж байгаа нь Хүснэгт 3-аас харагдаж байна. Давирхайн нэрлэгийн үлдэгдлийг БНД90/130 маркын битумд 1-5%-иар нэмж түүний шинж чанарт хэрхэн нөлөө үзүүлэхийг туршилтаар тогтоож үр дүнг 36-р зурагт үзүүллээ. 36-р зурагт үзүүлсэн судалгааны дүнгээс харахад битумын системд 3%-иар давирхайн нэрлэгийн үлдэгдлийг нэмж өгөхөд битумын суналт нь 97.9см байснаас 110см болж 12.4%-ээр нэмэгдсэн дүн гарсан. Битумын сунах чадвар нь хамгийн чухал үзүүлэлтүүдийн нэг бөгөөд тухайн бутим нь сунах чадвар хэдий сайн байна зам төдий хэмжээгээр хагарал үүсэхгүй байх талтай. Битумд давирхайн нэрлэгийн үлдэгдэл нэмснээр эерэг үр дүнг үзүүлж байгаа нь харагдаж байна. Өөрөөр хэлбэл битумын найрлагыг бүрэлдүүлэгч асфальтены нүүрсустөрөгчдийн агуулга давирхайн нэрлэгийн үлдэгдлийг 3%-иар нэмж өгөхөд хамгийн тохиромжтой хэмжээндээ хүрч битумын молекул хоорондын барьцалдах чадварыг нэмэгдүүлсэн гэж үзэж болох юм. НДП-ийн агуулга битумын суналт, зүү шигдэлтийн гүнд хэрхэн нөлөөдөг болохыг 36-р зурагт үзүүллээ.



33-р зураг. Сунах чадвар ба зүү шигдэлтийн гүн давирхайн агуулгын хамаарал.

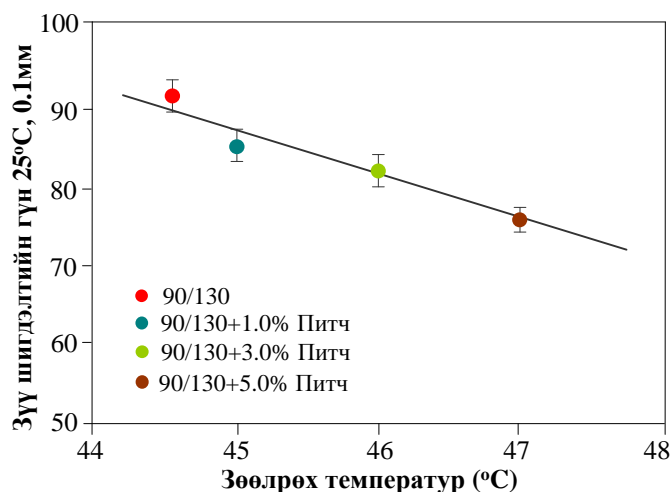
33-р зургаас харахад давирхайн агуулга нэмэгдэх тутам битумын зүү шигдэлтийн гүн буурч буй зүй тогтол ажиглагдаж байна. Давирхайн нэрлэгийн үлдэгдэл нь ердийн нөхцөлд хатуу төлөвтэй, хайлах температур ихтэй учир битумын системд нэвчихдээ түүний хатуулагийн шинж чанарыг онцгой нэмэгдүүлдэг болох нь харагдаж байна. Битумын хатуулагын шинж чанарыг зөөлрөх температурын үзүүлэлтээс харж болох бөгөөд НДП-ийн агуулга битумын шинж чанарт хэрхэн нөлөөлдөг болохыг туршиж үр дүнг 34-р зурагт үзүүллээ.



34-р зураг. Зөөлрөх температур давирхайн нэрлэгийн үлдэгдлийн хамаарал

34-р зургаас харахад НДП-ийн нэмэлтийн хэмжээ нь зөөлрөх температурт шууд хамааралтай болох нь харагдаж байна. Зөөлрөх температур ихсэх тутам тухайн битумаар зам барихад дугуй мөрний ховил үүсэхгүй байх давуу талыг бий болгодог.

Битумын сунах чадвар, зөөлрөх температур зэрэг үзүүлэлтүүд нь түүний найрлага дахь давирхай, асфальтен, тосны агуулгаас шууд хамааралтай байдаг. Зүү шигдэлтийн гүн нь тухайн битумын маркыг тогтоож өгдөг чухал үзүүлэлтүүдийн нэг бөгөөд зөөлрөх температурын утгаас урвуу хамааралтай байгаа нь 35-р зургаас харагдаж байна.



35-р зураг. Битумын зүү шигдэлтийн гүн зөөлрөх температурын хамаарал.

35-р зургаас харахад НДП-ийн агуулга өсөх тусам зүү шигдэлтийн гүн буурч, зөөлрөх температурын утга өсч, эдгээр параметрууд нь өөр хоорондоо урвуу хамааралтай болох нь харагдаж байна.

Давирхайн нэрлэгийн үлдэгдлийг нэмсэн битумын шинж чанарыг зөвхөн физик механикийг үзүүлэлтээр тодорхойлох нь төдийлөн хангалттай бус учир түүний химийн бүлгийн найрлагыг ХАДА аргаар [93] тодорхойлж үр дүнг 17-р хүснэгтэд нэгтгэлээ. Судалгааны дүнг оруулахдаа модификацид оруулсан битумыг НДП-ийн нэмэлтийн агуулгаас хамаарч хольц-1,2,3 гэж нэрлэв. Судлаж буй БНД90/130 битум нь найрлагадаа асфальтены агуулга бага болох нь туршилтаар тогтоогдсоныг 17-р хүснэгт -өөс харж болно. Нүүрсний давирхай питч битумын чанарыг онцгой нэмэгдүүлэх чадвартай байдаг бөгөөд энэ нь түүний найрлагад давирхайлаг, асфальтены нэгдлүүд их хэмжээтэй агуулагддагтай холбоотой юм. Иймд нүүрсний давирхайн нэрлэгийн үлдэгдлийг битумд тодорхой хэмжээгээр нэмж өгөхөд түүний барьцалдах чанарыг нэмэгдүүлж, өгөршилтийг бууруулдаг сайн талтай [46].

21-р хүснэгт

ХАДА шинжилгээний дүн

Холимогийн нэр	БНД 90/130	Ханасан (%)	Ароматик (%)	Давирхай (%)	Асфальтен (%)
Битум	100%	19.1	47.7	24.3	8.9
Хольц-1	1% pitch	18.9	46.9	24.6	9.6
Хольц-2	3% pitch	18.6	45.5	25.2	10.7
Хольц-3	5% pitch	18.1	44.2	26.1	11.6

21-р хүснэгт 4-өөс харахад хольц-2 –ийн найрлага дахь давирхай, асфальтены агуулга анхын битумтай харьцуулахад 1-2 хувиар нэмэгдсэн байна. Харин ханасан болон ароматик нүүрсустөрөгчийн агуулга буурсан зүй тогтолтой байна. Битумын системд ханасан нүүрсустөрөгчдийн агуулга буурсанаар битумын реологийн шинж чанар буюу уур амьсгал, орчны нөлөөллөөс үүдэлтэй эвдрэл гэмтэл гарахгүй байх сайн талтай [111]. Замын хагарал, цууралт нь олон хүчин зүйлүүдээс хамаардаг. Эдгээр хүчин зүйлүүдийн хамгийн чухал нь битумын химийн бүлгийн найрлага байдаг. Өөрөөр хэлбэл тухайн битум дахь асфальтены агуулга чухал нөлөөтэй байдаг.

ДҮГНЭЛТ

1. Манай улсад хагас коксын үйлдвэр, нүүрс хийжүүлэх хэд хэдэн үйлдвэр баригдсанаас өнөөгийн байдлаар дараах үйлдвэрүүдэд 4.0 мян.тн давирхай хуримтлагдаад байна. Үүнд:
 - “Эрдэнэт үйлдвэр” ТӨҮГ–т 300 орчим тн
 - “МАК” ХК–ын Олон овоотын хагас коксын үйлдвэрт 3.0 мян.тн
 - “НАКО” ХК–ийн хагас коксын 500 орчим тн орчим давирхай хуримтлагдаад байна. Давирхай нь химийн найрлагын хувьд алифатик нүүрсустөрөгчид-36.08%, моно, ди, три г.м. бусад аренууд-38.75%, фенолт нэгдлүүд-13.96%, азотат нэгдлүүд-1.66% агуулагдаж байна. Физикийн шинж чанарын зарим үзүүлэлтээс ус багатай, нягт ихтэй, зууралдлага өндөр байгаа нь газрын тостой харьцуулахад харьцангуй хүнд, өтгөн зуурамтгай бүтээгдэхүүн болох нь бидний судалгаагаар тогтоогдлоо.
2. Давирхайг нефтийн нэрлэгийн фракцуудтай төсөөтэйгөөр нэрэхэд бензиний фракц (б.э- 180°C) 11.8%, дизель фракц (180-360°C) 56%, үлдэгдэл (360°C-дээш) 31.73% байна. Нэрлэгээр ялган авсан бүтээгдэхүүнүүд нь бензин, дизель түлшний стандартад нийцэхгүй байгаа бөгөөд түүнийг хоёр дахь шатны боловсруулалтад оруулах зайлшгүй шаардлагатай нь судалгаанаас харагдаж байна. Хагас коксжуулалтын процесс нь өөрөө өндөр температурт явагддаг процесс учир давирхайд бага молекулт нүүрсустөрөгчид бага агуулагддаг болох нь харагдаж байгаа бөгөөд бензиний фракцын гарц нь үүнийг нотолж байна. Иймд давирхайнаас бензин гаргаж авах ажил нь нэн хүндрэлтэй юм.
3. АСК маркийн силикагель дундуур бензин, дизель фракцуудыг нэвтрүүлэх замаар фракцуудын шинж чанарыг сайжруулах боломжтой харагдсан ба шүүсний дараа дунд фракцыг гидроболовсруулалтад оруулахад түүхий эдийн алифатик, ароматик нэгдлүүдийн агуулга 2-4 дахин нэмэгдэж туйлт нэгдлүүдийн агуулга тодорхой хэмжээгээр буурсан байна. Сүвэрхэг материалаар шүүхэд бензин, дизель фракцуудад агуулагдаж буй макро молекулууд нь шүүгдэж октан ба цетаны тоо илэрчээ. Энэ нь түүхий эдийг шүүж дараагийн шатны боловсруулалтад оруулах бүтээгдэхүүний чанарыг илүү нэмэгдүүлэх боломжтой харагдаж байна.
4. Энэхүү судалгааны ажлаараа НДП-ийн нэмэлтийн тохиромжтой хэмжээг тодорхойлох замаар битумын ашиглалтын шинж чанарыг нэмэгдүүлэх боломжийн судалгааг хийж гүйцэтгэлээ. Судалгааны дүнгээс битумд НДП-ийг 3%-иар нэмэх нь хамгийн тохиромжтой байсан бөгөөд битумын гол үзүүлэлт болох суналт 12.4 %-ээр өсч, зөөлрөх температур 1.6°C-ээр тус тус өсч эх битумын ашиглалтын шинж чанар нэмэгдэж буйг тогтоолоо. НДП-нь найрлага, шинж чанараараа битумын найрлагад агуулагдаж асфальтены молекултай төсөөтэй шинж чанартай учир бусад төрлийн нэмэлтүүдтэй харьцуулахад илүү үр дүнтэй, өөрийн өртөг хямд сайн чанарын бүтээгдэхүүн болохыг судалгаагаар тогтоолоо.

Төслийн хүрээнд хэвлэн нийтлүүлсэн бүтээл:

А. Хэлэлцүүлсэн илтгэл

1. Э.Бат-Эрдэнэ “Эрдэнэт үйлдвэрийн ган бөөрөнцгийн цехэд хуримтлагдсан давирхайг ашиглах боломж”, "ERDENET 2022" IT, business & innovation days., 2022.03.12
2. Э.Бат-Эрдэнэ “Нүүрсний давирхайг зам ажиглах боломж” ., ШУТИС, ХШУС ба ШУА-ийн физик математик информатикийн салбарын бага чуулганы хамтарсан цахим өдөрлөг., 2022.09.09
3. Э.Бат-Эрдэнэ, Б.Мандахнаран, Р.Азжаргал., “Нүүрсний давирхайн нэрлэгийн фракцын чанар сайжруулах судалгаа”, Шатах ашигт малтмалын хими, боловсруулалт ба экологийн асуудлууд №10/2022, УБ 2022. X 35...41

Б. Хэвлүүлсэн өгүүлэл

1. Э.Бат-Эрдэнэ, Б.Мандахнаран, Р.Азжаргал., “Нүүрсний давирхайн нэрлэгийн фракцын чанар сайжруулах судалгаа”, Шатах ашигт малтмалын хими, боловсруулалт ба экологийн асуудлууд №10/2022, УБ 2022. X 35...41
2. Bat–Erdene. E, Zoltuya. Kh, Ilchgerel. D, Battsetseg.Ts., “Feasibility Investigation of Bitumen Properties by Blending of Coal Tar Pitch” Advances in Chemical Engineering and Science > Vol.13 No.2, April 2023, doi: 10.4236/aces.2023.132008

Г.Хамгаалсан оюутнууд

1. Б.Хулагчин “Алагтогоо ордын нүүрсний хийжүүлэлтийн дагавар бүтээгдэхүүний шинж чанарын судалгаа” ., УБ 2019 он (Магистр)
2. Н.Маралгоо “Нүүрсний давирхайн нэрлэгийн бүтээгдэхүүний судалгаа” ., УБ 2021 (Бакалавр)
3. Б.Мандахнаран “Нүүрсний давирхайг ашиглах боломжийн судалгаа” ., УБ 2022 (Магистр)

Ашигласан ном зүйн жагсаалт:

- [1] Y. Yang, Z. Liu, H. B. Saydaliev, and S. Iqbal, 'Economic impact of crude oil supply disruption on social welfare losses and strategic petroleum reserves', *Resources Policy*, vol. 77, p. 102689, Aug. 2022, doi: 10.1016/J.RESOURPOL.2022.102689.
- [2] L. Brennan and P. Owende, 'Biofuels from microalgae-A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, no. 2. pp. 557–577, Feb. 2010. doi: 10.1016/j.rser.2009.10.009.
- [3] M. Niu *et al.*, 'Kinetic Model for Low-Temperature Coal Tar Hydrorefining', *Energy and Fuels*, vol. 31, no. 5, pp. 5441–5447, May 2017, doi: 10.1021/acs.energyfuels.6b03109.
- [4] J. Li *et al.*, 'Approach and potential of replacing oil and natural gas with coal in China', *Frontiers in Energy*, vol. 14, no. 2, pp. 419–431, Jun. 2020, doi: 10.1007/s11708-020-0802-0.
- [5] K. P. Keboletse, F. Ntuli, and O. P. Oladijo, 'Influence of coal properties on coal conversion processes-coal carbonization, carbon fiber production, gasification and liquefaction technologies: a review', *International Journal of Coal Science and Technology*, vol. 8, no. 5. Springer International Publishing, pp. 817–843, Oct. 01, 2021. doi: 10.1007/s40789-020-00401-5.
- [6] Z.-H. Ma *et al.*, 'Recent advances in characterization technology for value-added utilization of coal tars', *Fuel*, vol. 334, p. 126637, Feb. 2023, doi: 10.1016/J.FUEL.2022.126637.
- [7] B. Kunwar, S. D. Deilami, L. E. Macaskie, J. Wood, P. Biller, and B. K. Sharma, 'Nanoparticles of Pd supported on bacterial biomass for hydroprocessing crude bio-oil', *Fuel*, vol. 209, pp. 449–456, Dec. 2017, doi: 10.1016/J.FUEL.2017.08.007.
- [8] L. Brennan and P. Owende, 'Biofuels from microalgae-A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, no. 2. pp. 557–577, Feb. 2010. doi: 10.1016/j.rser.2009.10.009.
- [9] L. Cui, L. An, and H. Jiang, 'A novel process for preparation of an ultra-clean superfine coal-oil slurry', *Fuel*, vol. 87, no. 10–11, pp. 2296–2303, Aug. 2008, doi: 10.1016/j.fuel.2007.10.017.
- [10] D. Gao, C. Ye, X. Ren, and Y. Zhang, 'Life cycle analysis of direct and indirect coal liquefaction for vehicle power in China', *Fuel Processing Technology*, vol. 169, pp. 42–49, Jan. 2018, doi: 10.1016/j.fuproc.2017.09.007.
- [11] J. Meng *et al.*, 'Production of liquid fuels from low-temperature coal tar via hydrogenation over CoMo/USY catalysts', *Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis*, vol. 127, no. 2, pp. 961–978, Aug. 2019, doi: 10.1007/s11144-019-01576-y.
- [12] M. Niu *et al.*, 'The hydrodeoxygenation, hydrogenation, hydrodealkylation and ring-opening reaction in the hydrotreating of low temperature coal tar over Ni–Mo/γ-Al₂O₃ catalyst', *Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis*, vol. 121, no. 2, pp. 487–503, Aug. 2017, doi: 10.1007/s11144-017-1172-4.
- [13] D. Li, Z. Li, W. Li, Q. Liu, Z. Feng, and Z. Fan, 'Hydrotreating of low temperature coal tar to produce clean liquid fuels', *J Anal Appl Pyrolysis*, vol. 100, pp. 245–252, 2013, doi: 10.1016/j.jaap.2013.01.007.
- [14] W. Cui *et al.*, 'Hydroprocessing of Low-Temperature Coal Tar for the Production of Clean Fuel over Fluorinated NiW/Al₂O₃-SiO₂ Catalyst', *Energy and Fuels*, vol. 31, no. 4, pp. 3768–3783, Apr. 2017, doi: 10.1021/acs.energyfuels.6b03390.

- [15] D. Meng *et al.*, ‘Study on Sulfur Conversion Characteristics in Catalytic Cracking of Coal Tar in the Presence of Dolomite-Supported Catalysts’, *Energy and Fuels*, vol. 33, no. 6, pp. 5102–5109, Jun. 2019, doi: 10.1021/acs.energyfuels.9b00832.
- [16] J. Du *et al.*, ‘Multi-metal catalysts for slurry-phase hydrocracking of coal-tar vacuum residue: Impact of inherent inorganic minerals’, *Fuel*, vol. 215, pp. 370–377, Mar. 2018, doi: 10.1016/j.fuel.2017.09.120.
- [17] L. Lozano, G. B. Marin, and J. W. Thybaut, ‘Analytical Rate Expressions Accounting for the Elementary Steps in Benzene Hydrogenation on Pt’, *Ind Eng Chem Res*, vol. 56, no. 45, pp. 12953–12962, Nov. 2017, doi: 10.1021/acs.iecr.7b00742.
- [18] C. Song and A. D. Schmitz, ‘Zeolite-Supported Pd and Pt Catalysts for Low-Temperature Hydrogenation of Naphthalene in the Absence and Presence of Benzothiophene’, *Energy & Fuels*, vol. 11, no. 3, pp. 656–661, May 1997, doi: 10.1021/ef960179s.
- [19] P. Zheng *et al.*, ‘Influence of sulfur vacancy on thiophene hydrodesulfurization mechanism at different MoS₂ edges: A DFT study’, *Chem Eng Sci*, vol. 164, pp. 292–306, Jun. 2017, doi: 10.1016/j.ces.2017.02.037.
- [20] L. Xu *et al.*, ‘Air-stable Ir-(P-Phos) complex for highly enantioselective hydrogenation of quinolines and their immobilization in poly(ethylene glycol) dimethyl ether (DMPEG)’, *Chemical Communications*, no. 11, pp. 1390–1392, Mar. 2005, doi: 10.1039/b416397d.
- [21] T. Kan, H. Wang, H. He, C. Li, and S. Zhang, ‘Experimental study on two-stage catalytic hydroprocessing of middle-temperature coal tar to clean liquid fuels’, *Fuel*, vol. 90, no. 11, pp. 3404–3409, Nov. 2011, doi: 10.1016/j.fuel.2011.06.012.
- [22] Y. Xue, Z. Ge, F. Li, S. Su, and B. Li, ‘Modified asphalt properties by blending petroleum asphalt and coal tar pitch’, *Fuel*, vol. 207, pp. 64–70, Nov. 2017, doi: 10.1016/J.FUEL.2017.06.064.
- [23] H. Zhang, M. Gong, D. Gao, T. Yang, and Y. Huang, ‘Comparative analysis of mechanical behavior of composite modified asphalt mixture based on PG technology’, *Constr Build Mater*, vol. 259, Oct. 2020, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.119771.
- [24] Q. Chen, C. Wang, P. Wen, M. Wang, and J. Zhao, ‘Comprehensive performance evaluation of low-carbon modified asphalt based on efficacy coefficient method’, *J Clean Prod*, vol. 203, pp. 633–644, Dec. 2018, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2018.08.316.
- [25] X. Zhao, S. Wang, Q. Wang, and H. Yao, ‘Rheological and structural evolution of SBS modified asphalts under natural weathering’, *Fuel*, vol. 184, pp. 242–247, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.07.018>.
- [26] E. Chailleux, M. Audouin, S. Goyer, C. Queffelec, and O. Marzouk, ‘Advances in the development of alternative binders from biomass for the production of biosourced road binders’, *Advances in Asphalt Materials: Road and Pavement Construction*, pp. 347–362, Jan. 2015, doi: 10.1016/B978-0-08-100269-8.00011-8.
- [27] H. Yu, Z. Leng, Z. Zhou, K. Shih, F. Xiao, and Z. Gao, ‘Optimization of preparation procedure of liquid warm mix additive modified asphalt rubber’, *J Clean Prod*, vol. 141, pp. 336–345, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.043>.
- [28] L. Han, M. Zheng, and C. Wang, ‘Current status and development of terminal blend tyre rubber modified asphalt’, *Constr Build Mater*, vol. 128, pp. 399–409, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.10.080>.
- [29] K. Yan, H. Xu, and L. You, ‘Rheological properties of asphalts modified by waste tire rubber and reclaimed low density polyethylene’, *Constr Build Mater*, vol. 83, pp. 143–149, May 2015, doi: 10.1016/J.CONBUILDMAT.2015.02.092.

- [30] J. Zhu, B. Birgisson, and N. Kringos, ‘Polymer modification of bitumen: Advances and challenges’, *European Polymer Journal*, vol. 54, no. 1. Elsevier Ltd, pp. 18–38, 2014. doi: 10.1016/j.eurpolymj.2014.02.005.
- [31] M. Bratychak *et al.*, ‘Obtaining of coumarone-indene resins based on light fraction of coal tar 3. Coumarone-indene resins with methacrylic fragments’, *Chemistry and Chemical Technology*, vol. 12, no. 3, pp. 379–385, 2018, doi: 10.23939/chcht12.03.379.
- [32] Y. Demchuk, I. Sidun, V. Gunka, S. Pyshyev, and S. Solodkyy, ‘Effect of phenol-cresol-formaldehyde resin on adhesive and physico-mechanical properties of road bitumen’, *Chemistry and Chemical Technology*, vol. 12, no. 4, pp. 456–461, 2018, doi: 10.23939/chcht12.04.456.
- [33] Y. Demchuk *et al.*, ‘Slurry surfacing mixes on the basis of bitumen modified with phenol-cresol-formaldehyde resin’, *Chemistry and Chemical Technology*, vol. 14, no. 2, pp. 251–256, 2020, doi: 10.23939/chcht14.02.251.
- [34] M. Bratychak *et al.*, ‘Production of bitumen modified with low-molecular organic compounds from petroleum residues. 1. effect of solvent nature on the properties of petroleum residues modified with formaldehyde’, *Chemistry and Chemical Technology*, vol. 15, no. 2, pp. 274–283, 2021, doi: 10.23939/chcht15.02.274.
- [35] V. Gunka *et al.*, ‘Production of bitumen modified with low-molecular organic compounds from petroleum residues. 2. bitumen modified with maleic anhydride’, *Chemistry and Chemical Technology*, vol. 15, no. 3, pp. 443–449, 2021, doi: 10.23939/chcht15.03.443.
- [36] J. Wręczycki *et al.*, ‘Bitumen Binders Modified with Sulfur/Organic Copolymers’, *Materials*, vol. 15, no. 5, Mar. 2022, doi: 10.3390/ma15051774.
- [37] G. Strap, O. Astakhova, O. Lazorko, O. Shyshchak, and M. Bratychak, ‘CHEMISTRY MODIFIED PHENOL-FORMALDEHYDE RESINS AND THEIR APPLICATION IN BITUMEN-POLYMERIC MIXTURES’, 2013.
- [38] M. Çubuk, M. Gürü, M. K. Çubuk, and D. Arslan, ‘Rheological Properties and Performance Evaluation of Phenol Formaldehyde Modified Bitumen’, *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 26, no. 6, Jun. 2014, doi: 10.1061/(asce)mt.1943-5533.0000889.
- [39] N. Kamoto, J. Govha, G. Danha, T. Mamvura, and E. Muzenda, ‘Production of modified bitumen from used engine oil, coal tar and waste tyre for construction applications’, *S Afr J Chem Eng*, vol. 33, pp. 67–73, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2020.05.005>.
- [40] Y. Demchuk, I. Sidun, V. Gunka, S. Pyshyev, and S. Solodkyy, ‘Effect of phenol-cresol-formaldehyde resin on adhesive and physico-mechanical properties of road bitumen’, *Chemistry and Chemical Technology*, vol. 12, no. 4, pp. 456–461, 2018, doi: 10.23939/chcht12.04.456.
- [41] Y. Xue, S. Li, Z. Ge, F. Li, and Z. Liu, ‘Application of mathematical model for the process of coal tar pitch modified petroleum asphalt’, *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, vol. 41, no. 14, pp. 1752–1761, Jul. 2019, doi: 10.1080/15567036.2018.1549152.
- [42] L. Du *et al.*, *Preparation of Paving Asphalt by Co-pyrolysis of Coal Tar Pitch and FCC Slurry*.
- [43] Z. Liu, ‘Fabrication of A New Asphalt Binder for Road Applications’, in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Mar. 2021, vol. 701, no. 1. doi: 10.1088/1755-1315/701/1/012031.

- [44] G. Zhang, Y. Sun, and Y. Xu, ‘Review of briquette binders and briquetting mechanism’, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 82, pp. 477–487, Feb. 2018, doi: 10.1016/J.RSER.2017.09.072.
- [45] A. M. Hung and E. H. Fini, ‘Absorption spectroscopy to determine the extent and mechanisms of aging in bitumen and asphaltenes’, *Fuel*, vol. 242, pp. 408–415, Apr. 2019, doi: 10.1016/J.FUEL.2019.01.085.
- [46] Y. Xue, Z. Ge, F. Li, S. Su, and B. Li, ‘Modified asphalt properties by blending petroleum asphalt and coal tar pitch’, *Fuel*, vol. 207, pp. 64–70, Nov. 2017, doi: 10.1016/J.FUEL.2017.06.064.
- [47] J. Zhu, B. Birgisson, and N. Kringos, ‘Polymer modification of bitumen: Advances and challenges’, *Eur Polym J*, vol. 54, no. 1, pp. 18–38, May 2014, doi: 10.1016/J.EURPOLYMJ.2014.02.005.
- [48] M. Wu, J. Yang, and Y. Zhang, ‘Comparison study of modified asphalt by different coal liquefaction residues and different preparation methods’, *Fuel*, vol. 100, pp. 66–72, Oct. 2012, doi: 10.1016/J.FUEL.2011.12.042.
- [49] Павлович О.Н., *Состав, свойства и перспективы переработки каменноугольной смолы*. Екатеринбург: Уральский государственный технический университет – , 2006.
- [50] Гоголева Т.Я., *Химия и технология переработки каменноугольной смолы*. Москва: Metallurgy, 1992.
- [51] P. N. Kuznetsov, L. I. Kuznetsova, F. A. Buryukin, E. N. Marakushina, and V. K. Frizorger, ‘Methods for the preparation of coal-tar pitch’, *Solid Fuel Chemistry*, vol. 49, no. 4, pp. 213–225, Jul. 2015, doi: 10.3103/S0361521915040059.
- [52] Инфомайн исследовательская группа, ‘Обзор рынка каменноугольной смолы в России’, Москва, Jul. 2021.
- [53] Q. ZHOU *et al.*, ‘Pyrolysis behavior of coal in a moving bed with baffled internals under different residence times’, *Journal of Fuel Chemistry and Technology*, vol. 49, no. 5, pp. 703–711, May 2021, doi: 10.1016/S1872-5813(21)60043-9.
- [54] И.С. Ветошкина., ‘Получение высокотехнологичных продуктов из каменноугольной смолы’, in *Химия и химическая технология: и достижения и перспективы*, 2018, p. 406.
- [55] Коляндр Л. Я., *Улавливание и переработка химических продуктов коксования*. Харьков, 1962.
- [56] R. Ochoa-Díaz, ‘Analysis of the use of coal tar as a binder in bituminous mixtures, using Marshall and Ramcodes methodologies’, *J Phys Conf Ser*, vol. 466, p. 012034, Nov. 2013, doi: 10.1088/1742-6596/466/1/012034.
- [57] Z. BAI, P. HUANG, L. WANG, H. CAO, X. ZHANG, and G. LI, ‘A study on upgrading light coal tar to aerospace fuel’, *Journal of Fuel Chemistry and Technology*, vol. 49, no. 5, pp. 694–702, May 2021, doi: 10.1016/S1872-5813(21)60062-2.
- [58] D. Czajczyńska, R. Krzyżyńska, H. Jouhara, and N. Spencer, ‘Use of pyrolytic gas from waste tire as a fuel: A review’, *Energy*, vol. 134, pp. 1121–1131, Sep. 2017, doi: 10.1016/j.energy.2017.05.042.
- [59] P. E. Nwankwor, I. O. Onuigbo, C. E. Chukwuneke, M. F. Yahaya, B. O. Agboola, and W. J. Jahng, ‘Synthesis of gasoline range fuels by the catalytic cracking of waste plastics using titanium dioxide and zeolite’, *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, vol. 12, no. 1, pp. 77–86, Mar. 2021, doi: 10.1007/s40095-020-00359-9.
- [60] E. Fumoto, S. Sato, and T. Takanohashi, ‘Production of Light Oil by Oxidative Cracking of Oil Sand Bitumen Using Iron Oxide Catalysts in a Steam Atmosphere’, *Energy & Fuels*, vol. 25, no. 2, pp. 524–527, Feb. 2011, doi: 10.1021/ef101069m.

- [61] M. Niu *et al.*, ‘Hydrofining Process of Coal Tar Based on Four Kinds of Catalyst Grading’, *Energy and Fuels*, vol. 34, no. 5, pp. 6510–6517, May 2020, doi: 10.1021/acs.energyfuels.0c00641.
- [62] Т. М. Х. Б. Х. Б. П. Б. Ширчин Б, *Нефтийн хими ба технологийн үндэс*. Улаанбаатар хот, 2013.
- [63] Б. Э. Ж. Н. Ц. Т. Ё. С. Б.Гантөмөр, ‘Монголын нүүрсний давирхайн нэрлэгийн дунд фракцийн гидроболовсруулалт’, *Шатах ашигт малтмалын хими, боловсруулалт ба экологийн асуудлууд*, vol. 07, 2019.
- [64] E. Furimsky, R. Ranganathan, and B. I. Parsons, ‘Catalytic hydrodenitrogenation of basic and non-basic nitrogen compounds in Athabasca bitumen distillates’, *Fuel*, vol. 57, no. 7, pp. 427–430, Jul. 1978, doi: 10.1016/0016-2361(78)90059-5.
- [65] X. Wang *et al.*, ‘Synthesis of NiMo catalysts supported on mesoporous Al₂O₃ with different crystal forms and superior catalytic performance for the hydrodesulfurization of dibenzothiophene and 4,6-dimethyldibenzothiophene’, *J Catal*, vol. 344, pp. 680–691, Dec. 2016, doi: 10.1016/j.jcat.2016.10.016.
- [66] Д. И. Э. Э. Д. Хандмаа, Б.Бямбагар, *Нефть ба хийн боловсруулалтын технологи*. Улаанбаатар хот, 2008.
- [67] R. F. Meyer and E. Attanasi, ‘Natural Bitumen and Extra-Heavy Oil’, in *2004 Survey of Energy Resources*, Elsevier, 2004, pp. 93–117. doi: 10.1016/B978-008044410-9/50008-5.
- [68] Р. Б. Гун., *Нефтяные битумы*. Москва: ‘Химия’, 1973.
- [69] Пател С., ‘Канадские битуминозные пески благоприятные возможности, технологии проблемы’, *Hydrocarbon processing*, vol. 6, pp. 87–93, 2007.
- [70] О. С., Д. Д., Л. Ч., Аривжих Т., *Зам-барилгын материал судлал*. Улаанбаатар хот, 2005.
- [71] J. Czarnecki, B. Radoev, L. L. Schramm, and R. Slavchev, ‘On the nature of Athabasca Oil Sands’, *Adv Colloid Interface Sci*, vol. 114–115, pp. 53–60, Jun. 2005, doi: 10.1016/j.cis.2004.09.009.
- [72] Alberta, ‘Alberta’s Oil Sands, Opportunity. Balance.’, 2012.
- [73] T. McNally, *Introduction to polymer modified bitumen (PmB). In Polymer Modified Bitumen Properties and Characterisation*, vol. 1. UK, 2011.
- [74] X. Lu, U. Isacsson, and J. Ekblad, ‘PHASE SEPARATION OF SBS POLYMER MODIFIED BITUMENS’, 1999.
- [75] J. C. Petersen, ‘Chapter 14 Chemical Composition of Asphalt as Related to Asphalt Durability’, 2000, pp. 363–399. doi: 10.1016/S0376-7361(09)70285-7.
- [76] A. M. Nejres, Y. F. Mustafa, and H. S. Aldewachi, ‘Evaluation of natural asphalt properties treated with egg shell waste and low density polyethylene’, *International Journal of Pavement Engineering*, vol. 23, no. 1, pp. 39–45, Jan. 2022, doi: 10.1080/10298436.2020.1728534.
- [77] M. Holý and E. Remišová, ‘Analysis of influence of bitumen composition on the properties represented by empirical and viscosity test’, in *Transportation Research Procedia*, 2019, vol. 40, pp. 34–41. doi: 10.1016/j.trpro.2019.07.007.
- [78] M. Makowska, A. Hartikainen, and T. Pellinen, ‘The oxidation of bitumen witnessed in-situ by infrared spectroscopy’, *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*, vol. 50, no. 3, Jun. 2017, doi: 10.1617/s11527-017-1058-y.
- [79] J. C. Speight, *The Chemistry and Technology of Petroleum*, vol. 3. New York: Marcel Dekker, 1999.
- [80] J. Mirwald, S. Werkovits, I. Camargo, D. Maschauer, B. Hofko, and H. Grothe, ‘Investigating bitumen long-term-ageing in the laboratory by spectroscopic analysis of

- the SARA fractions’, *Constr Build Mater*, vol. 258, p. 119577, Oct. 2020, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.119577.
- [81] E. Gasthauer, M. Mazé, J. P. Marchand, and J. Amouroux, ‘Characterization of asphalt fume composition by GC/MS and effect of temperature’, *Fuel*, vol. 87, no. 7, pp. 1428–1434, Jun. 2008, doi: 10.1016/j.fuel.2007.06.025.
- [82] X. Lu, H. Soenen, P. Sjövall, and G. Pipintakos, ‘Analysis of asphaltenes and maltenes before and after long-term aging of bitumen’, *Fuel*, vol. 304, p. 121426, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.fuel.2021.121426.
- [83] Поконова Ю.В., *Использование нефтяных остатков*. Москва, 1992.
- [84] M. Porto, P. Caputo, V. Loise, S. Eskandarsefat, B. Teltayev, and C. O. Rossi, ‘Bitumen and bitumen modification: A review on latest advances’, *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 9, no. 4. MDPI AG, Feb. 20, 2019. doi: 10.3390/app9040742.
- [85] Г. И. Л. , Гун Р.Б., *Новое в производстве улучшенных битумов*. Москва, 1971.
- [86] Ч. Е. Е. , Гуреев А.А., *Производство нефтяных битумов*. Москва, 2007.
- [87] Ё. А. Е. , К. А. И. , Дошлов О.И., *Модифицированные нефтяные битумы для дорожного строительства*. Иркутск. , 2001.
- [88] D. Lesueur, ‘The colloidal structure of bitumen: Consequences on the rheology and on the mechanisms of bitumen modification’, *Adv Colloid Interface Sci*, vol. 145, no. 1–2, pp. 42–82, Jan. 2009, doi: 10.1016/j.cis.2008.08.011.
- [89] V. Gunka *et al.*, ‘Production of Bitumen Modified with Low-Molecular Organic Compounds from Petroleum Residues. 2. Bitumen Modified with Maleic Anhydride’, *Chemistry & Chemical Technology*, vol. 15, no. 3, pp. 443–449, Aug. 2021, doi: 10.23939/chcht15.03.443.
- [90] Y. Edwards, Y. Tasdemir, and U. Isacson, ‘Rheological effects of commercial waxes and polyphosphoric acid in bitumen 160/220 – high and medium temperature performance’, *Constr Build Mater*, vol. 21, no. 10, pp. 1899–1908, Oct. 2007, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2006.07.012.
- [91] M. A. Romero Farfán, H. E. Murillo Vega, and F. A. Trujillo Pinto, ‘Feasibility for the use of coal tar as a new material for road surfaces (pavement) construction’, *J Phys Conf Ser*, vol. 687, p. 012055, Feb. 2016, doi: 10.1088/1742-6596/687/1/012055.
- [92] А. Б. , Б. Б. , С. Х. , Бат-Эрдэнэ Э., ‘Нүүрсийг боловсруулах арга ба технологи’, 3676, 2012
- [93] C. Yang *et al.*, ‘Investigation of physicochemical and rheological properties of SARA components separated from bitumen’, *Constr Build Mater*, vol. 235, p. 117437, Feb. 2020, doi: 10.1016/J.CONBUILDMAT.2019.117437.
- [94] J. Jiang, Q. Wang, Y. Wang, W. Tong, B. Xiao, and B. Xiao, ‘GC/MS ANALYSIS OF COAL TAR COMPOSITION PRODUCED FROM COAL PYROLYSIS’, *Bull Chem Soc Ethiop*, vol. 21, no. 2, Jul. 2007, doi: 10.4314/bcse.v21i2.21202.
- [95] W. Cui *et al.*, ‘Product compositions from catalytic hydroprocessing of low temperature coal tar distillate over three commercial catalysts’, *Reac Kinet Mech Cat*, vol. 119, pp. 491–509, 2016, doi: 10.1007/s11144-016-1068.
- [96] T. Kan, X. Sun, H. Wang, C. Li, and U. Muhammad, ‘Production of gasoline and diesel from coal tar via its catalytic hydrogenation in serial fixed beds’, in *Energy and Fuels*, Jun. 2012, vol. 26, no. 6, pp. 3604–3611. doi: 10.1021/ef3004398.
- [97] A. S. Maloletnev, A. M. Gyl’Maliev, and O. A. Mazneva, ‘Chemical composition of the distillate fractions of coal tar from OAO Altai-Koks’, *Solid Fuel Chemistry*, vol. 48, no. 1, pp. 11–21, Jan. 2014, doi: 10.3103/S0361521914010066.

- [98] Z. Bai, P. Huang, L. Y. Wang, H. W. Cao, X. W. Zhang, and G. Z. Li, ‘A study on upgrading light coal tar to aerospace fuel’, *Ranliao Huaxue Xuebao/Journal of Fuel Chemistry and Technology*, vol. 49, no. 5, pp. 694–702, May 2021, doi: 10.1016/S1872-5813(21)60062-2.
- [99] N. Chang, Z. Gu, Z. Wang, Z. Liu, X. Hou, and J. Wang, ‘Study of y zeolite catalysts for coal tar hydro-cracking in supercritical gasoline’, *Journal of Porous Materials*, vol. 18, no. 5, pp. 589–596, Oct. 2011, doi: 10.1007/s10934-010-9413-1.
- [100] Y. Gang, L. Pan, M. Niu, X. Zhang, D. Li, and W. Li, ‘Catalytic hydrogenation of Low temperature coal tar into jet fuel by using two-reactors system’, *J Anal Appl Pyrolysis*, vol. 134, pp. 202–208, Sep. 2018, doi: 10.1016/J.JAAP.2018.06.009.
- [101] N. Chang, Z. Gu, Z. Wang, Z. Liu, X. Hou, and J. Wang, ‘Study of Y zeolite catalysts for coal tar hydro-cracking in supercritical gasoline’, *Journal of Porous Materials*, vol. 18, no. 5, pp. 589–596, Oct. 2011, doi: 10.1007/s10934-010-9413-1.
- [102] T. Jiao, C. Li, X. Zhuang, S. Cao, H. Chen, and S. Zhang, ‘The new liquid–liquid extraction method for separation of phenolic compounds from coal tar’, *Chemical Engineering Journal*, vol. 266, pp. 148–155, Apr. 2015, doi: 10.1016/j.cej.2014.12.071.
- [103] L. Zhang, D. Xu, J. Gao, S. Zhou, L. Zhao, and Z. Zhang, ‘Extraction and mechanism for the separation of neutral N -compounds from coal tar by ionic liquids’, *Fuel*, vol. 194, pp. 27–35, Apr. 2017, doi: 10.1016/j.fuel.2016.12.095.
- [104] M. Sun *et al.*, ‘Separation and Composition Analysis of GC/MS Analyzable and Unanalyzable Parts from Coal Tar’, *Energy and Fuels*, vol. 32, no. 7, pp. 7404–7411, Jul. 2018, doi: 10.1021/acs.energyfuels.8b01054.
- [105] Q. Shi *et al.*, ‘Identification of dihydroxy aromatic compounds in a low-temperature pyrolysis coal tar by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) and Fourier transform ion cyclotron resonance mass spectrometry (FT-ICR MS)’, *Energy and Fuels*, vol. 24, no. 10, pp. 5533–5538, Oct. 2010, doi: 10.1021/ef1007352.
- [106] T. Jiao, M. Gong, X. Zhuang, C. Li, and S. Zhang, ‘A new separation method for phenolic compounds from low-temperature coal tar with urea by complex formation’, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, vol. 29, pp. 344–348, Sep. 2015, doi: 10.1016/J.JIEC.2015.04.013.
- [107] T. Jiao, C. Li, X. Zhuang, S. Cao, H. Chen, and S. Zhang, ‘The new liquid–liquid extraction method for separation of phenolic compounds from coal tar’, *Chemical Engineering Journal*, vol. 266, pp. 148–155, Apr. 2015, doi: 10.1016/J.CEJ.2014.12.071.
- [108] S. Ma, C. Ma, K. Qian, Y. Zhou, and Q. Shi, ‘Characterization of phenolic compounds in coal tar by gas chromatography/negative-ion atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry’, *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, pp. 1806–1810, Aug. 2016, doi: 10.1002/rcm.7608.
- [109] L. Zhang, D. Xu, J. Gao, S. Zhou, L. Zhao, and Z. Zhang, ‘Extraction and mechanism for the separation of neutral N-compounds from coal tar by ionic liquids’, *Fuel*, vol. 194, pp. 27–35, Apr. 2017, doi: 10.1016/J.FUEL.2016.12.095.
- [110] Y. Xue, S. Li, Z. Ge, F. Li, and Z. Liu, ‘Application of mathematical model for the process of coal tar pitch modified petroleum asphalt’, *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, vol. 41, no. 14, pp. 1752–1761, Jul. 2019, doi: 10.1080/15567036.2018.1549152.
- [111] A. Ghasemirad, N. Bala, and L. Hashemian, ‘High-Temperature Performance Evaluation of Asphaltene-Modified Asphalt Binders’, *Molecules*, vol. 25, no. 15, p. 3326, Jul. 2020, doi: 10.3390/molecules25153326.