

Улсын бүртгэлийн

дугаар.....

Аравтын бүрэн

ангиллын код

Нууцын зэрэглэл: Б

Төсөл хэрэгжүүлэх гэрээний

дугаар 12/09

ШИНЖЛЭХ УХААНЫ АКАДЕМИ ХИМИ, ХИМИ-ТЕХНОЛОГИЙН ХҮРЭЭЛЭН

НҮҮРСНИЙ ИЖ БҮРЭН БОЛОВСРУУЛАЛТЫН СУДАЛГАА

Шинжлэх ухаан технологийн төслийн тайлан

2009-2010

Төслийн удирдагч:

Б. АВИД, доктор (Sc.D)., дэд проф.

Хими, хими-технологийн хүрээлэнгийн
лабораторийн эрхлэгч

Санхүүжүүлэгч байгууллага:

Шинжлэх ухаан технологийн сан

Захиалагч байгууллага:

Эрдэс баялаг, эрчим хүчний яам

Гүйцэтгэгч байгууллага:

**Хими, хими-технологийн хүрээлэн
Жуковын гудамж, Улаанбаатар-51**

УЛААНБААТАР ХОТ
2010

Улсын бүртгэлийн
дугаар.....
Аравтын бүрэн
ангиллын код

Нууцын зэрэглэл: Б
Төсөл хэрэгжүүлэх гэрээний
дугаар 12/09

ШИНЖЛЭХ УХААНЫ АКАДЕМИ ХИМИ, ХИМИ-ТЕХНОЛОГИЙН ХҮРЭЭЛЭН

НҮҮРСНИЙ ИЖ БҮРЭН БОЛОВСРУУЛАЛТЫН СУДАЛГАА

Шинжлэх ухаан технологийн төслийн тайлан
2009-2010

Төслийн удирдагч:	Б. АВИД, доктор (Sc.D)., дэд проф. Хими, хими-технологийн хүрээлэнгийн лабораторийн эрхлэгч
Санхүүжүүлэгч байгууллага:	Шинжлэх ухаан технологийн сан
Захиалагч байгууллага:	Эрдэс баялаг, эрчим хүчний яам
Гүйцэтгэгч байгууллага:	Хими, хими-технологийн хүрээлэн Жуковын гудамж, Улаанбаатар-51

УЛААНБААТАР ХОТ
2010

РЕФЕРАТ

Зорилго:

“Нүүрсний иж бүрэн боловсруулалтын судалгаа” шинжлэх ухаан технологийн төслөөр нүүрс хийжүүлэх өндөр даралтын реактор зохион бүтээх, Монгол орны нүүрсний ордуудын давхаргын метаны нөөцийг тооцоолох зорилго тавигдсан болно.

Судалгааны арга:

Хийжүүлэлтийн реакторуудыг харьцуулан судалж үзсэний үндсэн дээр орчин үеийн, бага оврын, хямд, ажиллахад хялбар реакторыг зохион бүтээх тооцоог металлын эд анги, хийн урсгалын хурд, температур, даралт, нүүрсний шинж чанар зэрэг дээр үндэслэн тооцоолж зохион бүтээв. Буцлагч үе үүсэх нөхцлийг Кунийгийн нэгтгэсэн аргаар тооцоолов. Нүүрсний давхаргын метан хийн нөөцийг Тедигийн муруй ашиглан зарим ордууд дээр тодорхойлов.

Үр дүн, шинэлэг зүйлүүд:

1. Өндөр даралтад нүүрсийг хийжүүлэх лабораторийн реактор зохион бүтээгдсэн үр дүн
2. Нүүрсний давхаргын метан хийн нөөцийн талаархи нэгтгэсэн дүн
3. Хэвлүүлсэн эрдэм шинжилгээний бүтээл, өгүүлэл, илтгэл

Түлхүүр үг.

Нүүрс, хийн генератор, хийжүүлэлт, буцлагч үе, нүүрсний давхаргын метан хий, Тедигийн муруй

ДҮГНЭЛТ

1. 30 барын даралт, 1000 °C-ийн температурт үеэр (fixed bed) болон буцлагч үед (fluidized bed) хийжүүлэлтийн судалгааг явуулах боломжтой лабораторийн бага оврын реактор зохион бүтээв.
2. Буцлагч үе үүсгэх нөхцлийн онолын тооцоог температур ба даралтаас хамааруулан судалж, хүйтэн загвар дээр туршин баталгаажуулав. Үүнээс үзэхэд хамгийн бага буцлах болон хязгаар хурд нь урвалын температур ба даралт өсөхөд буурч, буцлагч үе үүсгэж буй элсний ширхэглэл томрох тусам ихсэж буй зүй тогтол ажиглагдлаа.
3. Нүүрсний давхаргийн метан хийн нөөцийг үнэлэх зорилгоор цооног өрөмдөж хийн агууламжийн талаарх өгөгдлүүдийг тогтоох боломжгүй тохиолдолд Тедигийн муруйг ашиглан нөөцийн талаархи судалгаа хийх нь тохиромжтой аргын нэг юм байна.

4. Идэвхтэй ашиглагдаж 22 ордын нүүрсний давхаргын метан хийн нөөц нь ойролцоогоор 68 тэрбум м³ байгаа бөгөөд ахуйн болон эрчим хүчний түүхий эд болгон ашиглавал нэн тохиромжтой.

Талархал

Энэхүү төслийг хэрэгжүүлэхэд санхүүгийн дэмжлэг үзүүлсэн Монгол улсын шинжлэх ухаан технологийн сан, Германы Александр вон Гумбольдын сан, Солонгосын Үндэсний судалгааны сан, Английн Империл Коллеж, МУИС-ийн ARC Азийн судалгааны төвд тус тус талархал илэрхийлж байна.

Төслийн гүйцэтгэгчид

1. Б. Пүрэвсүрэн , Доктор (Sc.D), Проф.,
ХХТХ-ийн ЭШТА, сэдвийн удирдагч.....
2. Ж. Дугаржав, Доктор (Ph.D), ХХТХ-ийн ЭШТА,
сэдвийн удирдагч.....
3. Б. Баярсайхан, Доктор (Ph.D), ЭБЭХЯ-ны харьяа
Түлшний газрын ахлах мэргэжилтэн.....
4. Б. Бямбагар, Доктор (Ph.D), Проф., ШУТИС-ийн МТС-ийн
Проф багийн ахлагч.....
- 5.С. Отгонбаатар, ХХТХ-ийн ЭША, Химийн технологич.....
6. С. Жаргалмаа, ХХТХ-ийн ЭША, Химийн технологич.....
7. Ж. Анударь, ХХТХ-ийн ЭША, Химийн технологич.....
8. Ч. Дашпунцаг, Доктор (Ph.D), ШУТИС-ын ЭХС-ийн
проф-ийн багийн ахлагч, дулааны инженер.....
9. А. Түмэнбаяр , докторант, ШУТИС-ын ЭХС-ийн багш,
дулааны инженер.....
10. Ж. Сонор, Инженер.....
11. А. Түвшинжаргал , докторант, Газрын тосны газрын хийн
түлшний мэргэжилтэн
12. Б. Зандан, Физик технологийн хүрээлэнгийн ЭША.....
13. З. Төмөрбаатар, Профессор, Уул уурхайн ашиглалтын
инженер,
14. Д. Алтанчимэг, Доктор (Ph.D), ЭБЭХЯ-ны ТБЗГ-ын мэргэжилтэн,
хий хангамжийн инженер.....

Г А Р Ч И Г

ОРШИЛ	7
НЭГДҮГЭЭР БҮЛЭГ. ХЭВЛЭЛИЙН ТОЙМ	9
1.1. НҮҮРСНИЙ ХИЙЖҮҮЛЭЛТИЙН СУДАЛГААНЫ ТОЙМ	9
1.2. НҮҮРСНИЙ ДАВХАРГЫН МЕТАНЫ СУДАЛГААНЫ ТОЙМ	12
1.2.1. Монгол Улсын Нүүрсний Салбарын Өнөөгийн Байдал	12
1.2.2. Нүүрсний Давхаргын Метан Хий	14
1.2.2.1. Нүүрсний давхаргын метаны геологи ба олборлолтын үндэс	14
1.2.2.2. Нүүрсний Давхаргын Метан-Хийн Салбарын Хөгжил	20
ХОЁРДУГААР БҮЛЭГ. СУДАЛГААНЫ МАТЕРИАЛ, АРГА ЗҮЙ ...	30
ГУРАВДУГААР БҮЛЭГ. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН	32
3.1. НҮҮРСНИЙ ХИЙЖҮҮЛЭЛТИЙН РЕАКТОР ЗОХИОН БҮТЭЭХ СУДАЛГАА	32
3.1.1. Хийжүүлэгч реакторт буцлагч үе үүсгэх тооцоо	32
3.1.2. Нүүрс хийжүүлэх реакторын электрон блокийн хэсэг	36
3.1.3. Нүүрс хийжүүлэх реакторын үндсэн эд анги	42
3.2. НҮҮРСНИЙ ДАВХАРГЫН МЕТАН ХИЙН НӨӨЦ ГАРГАХ СУДАЛГАА	50
3.2.1. НДМ Хийн Нөөцийг Тогтоох Зарим Аргууд	50
3.2.2. Нүүрсний Геологийн Болон Чанарын Үзүүлэлтүүд	53
3.2.3. Нүүрсний Давхаргын Метан Хийн Нөөцийг Тооцох Аргачлал	55
ДҮГНЭЛТ	58
АШИГЛАСАН ХЭВЛЭЛИЙН ЖАГСААЛТ	59
ТӨСЛИЙН ХҮРЭЭНД ХЭВЛЭГДСЭН БҮТЭЭЛИЙН ЖАГСААЛТ	61

ОРШИЛ

Нүүрс нь олон зуун жилийн өмнөөс дэлхийн өнцөг булан бүрт хэрэглэгдсээр ирсэн түлш юм. Үйлдвэрлэлийн хувьсгалаас хойших үед нүүрс эрчим хүчний маш чухал эх үүсвэр болсон ба өнөө үеийн амьдралд ч гол үүргийг гүйцэтгэсээр байна. Дэлхийн эрчим хүчний үйлдвэрлэлийн 45 %-г нүүрсний цахилгаан станцаас гарган авч байна. Нүүрс нь дэлхийн өнцөг булан бүрт харьцангуй жигд тархсан, их хэмжээний нөөцтэй эрчим хүчний эх үүсвэр гэдгээрээ харьцангуй давуу талтай түүхий эд юм. Эрчим хүчний өнөөгийн хэрэглээгээр тооцож үзэхэд нүүрсний нөөцийг наад зах нь 200-250 жил хэрэглэх бол нефть 30-40 жил, байгалийн хийн нөөц 50-60 жилээс хэтрэхгүй гэж үзэж байна. Нефтийн үнэ хурдацтайгаар өсөн нэмэгдэж байгаа өнөө үед нүүрсний эрчим хүчний цэвэр технологийг нэвтрүүлэх, нүүрс-химийн аж үйлдвэрийг хөгжүүлэх нь манай оронд ихээхэн ач холбогдолтой. Монгол орон 162 тэрбум нүүрсний нөөцтэй бөгөөд түүнийг боловсруулж буй аргуудаас хэрэглээний өргөн хүрээтэй нь нүүрсний хийжүүлэлт юм. Засгийн газрын мөрийн хөтөлбөрт нүүрс хийжүүлэлтийн дунд оврын/пилотын төхөөрөмж хийхээр тусгагдсан. Нүүрсний хийжүүлэлтийн судалгаа нь Монголд нүүрс шингэрүүлэх үйлдвэрлэлийн эхлэлийг тавих, түүнд хүрэх гүүр болно гэж үзэж байна.

Дулаарал нь дэлхий нийтийн өмнө тулгамдсан хамгийн чухал асуудлуудын нэг болоод байгаа бөгөөд Монгол улс хөгжиж байгаа орны хувьд хүлэмжийн хийн ялгаруулалтыг бууруулах олон улсын хүчин чармайлтыг дэмжиж, даян дэлхийн уур амьсгалын өөрчлөлтийн талаарх улс орнуудын өмнө тулгарч буй зорилтыг шийдвэрлэхэд идэвхтэй оролцож байна. Хүлэмжийн хийг бууруулахад чиглэгдсэн олон улсын гэрээ, хэлэлцээрийг хэрэгжүүлэх зорилгоор Монголын тогтвортой хөгжлийн стратеги, 21-р зууны хөтөлбөр, Уур амьсгалын өөрчлөлтийн үндэсний хөтөлбөр, Сэргээгдэх эрчим хүчний хөтөлбөр зэрэг хүлэмжийн хийг бууруулах ад чиглэгдсэн бодлогын баримт бичгийг боловсруулан хэрэгжүүлж байна. Монгол Улсын Засгийн Газар нүүрсний давхаргын метан (НДМ) болон нүүрсний уурхайн метан хий (НУМ)-г олборлох, ашиглах асуудалд ихээхэн ач холбогдол өгч эхлээд байна. Монгол Улс 2008 оны 3-р сарын 27-нд АНУ-ын Байгаль Орчныг Хамгаалах Агентлаг (БОХА)-аас хэрэгжүүлж буй “Метан ба Зах зээлийн Түншлэл” (МЗЗТ) олон улсын хөтөлбөрт 24 дэх гишүүн орон болон нэгдэж орсон юм. Монгол Улсын Засгийн Газар МЗЗТ хөтөлбөрийг бүрэн дэмжиж байгаа бөгөөд хөтөлбөрийн хүрээнд Монголын Байгаль Орчны Консорциум (МБОК) АНУ-ын БОХА-ийн санхүүжилтээр Налайхын нүүрсний уурхайд метан олборлох, ашиглах боломжийн талаар урьдчилсан судалгаа хийж эхлээд байна.

Монгол орны хувьд газрын тос, байгалийн хийн найдвартай нөөц одоогоор тогтоогдоогүй, нүүрс нь эрчим хүчний болон ахуйн хэрэглээний үндсэн түүхий эд учраас улс орны эдийн засгийн амин чухал дэд бүтэц төдийгүй ойрын 20 – 30 жилд манай улсын эдийн засгийн хэтийн хөгжлийг тодорхойлогч үнэт баялаг болох нь нэгэнт тодорхой болжээ. 2008 оны сонгуулиар байгуулагдсан Засгийн Газрын мөрийн хөтөлбөрт нүүрсний давхаргын метан хийн хайгуулын ажлыг өргөжүүлж, хийн түлшний хэрэглээг нэмэгдүүлэх заалт тусгагдсан бөгөөд түүнчлэн одоо УИХ -д өргөн баригдаад байгаа “Нүүрс Хөтөлбөр” -т Монгол орны нүүрсний ордуудад метан хийн судалгааг эрчимжүүлэх тодорхой заалтууд орсон.

Нүүрсний ордуудын метан хийн нөөцийг зөв зохистой тодорхойлж, олборлох нөхцлийг хангасан тохиолдолд түүнийг зөвхөн хийн түлшний зориулалтаар төдийгүй , 100% импортоор авдаг шингэн түлшний түүхий эд болгон ашиглах өргөн боломж ч байгаа билээ. Өөрөөр хэлбэл, нүүрсний давхаргын метан хийг төмөрлөгийн

үйлдвэрийн зуухны түлш, ердийн зуух болон бойлеруудад ашиглах, цахилгаан эрчим хүчний зориулалтаар дотоод шаталтат хөдөлгүүр болон турбинд шат аах, бордооны үйлдвэрийн түүхий эд болгох, шингэн түлш (LNG эсвэл CNG) үйлдвэрлэх гэх мэт улс орны дэд бүтцийн салбарт чухал ач холбогдолтой.

Энэхүү судалгааны хүрээнд бид манай орны одоо идэвхтэй ашиглагдаж байгаа буюу өөрөөр хэлбэл, геологийн болон чанарын талаарх судалгаа тодорхой түвшинд хийгдсэн ордуудын НДМ хийн нөөцийн талаарх онолын судалгаа, түүнчлэн манай улсад НДМ хийн талаарх судалгаа шинэ тутам, хангалттай хэмжээний судалгааны бааз суурь бүрэлдэн бий болоогүй учраас судалгааны ажлынхаа хүрээнд НДМ хийн геологийн онцлог болон дэлхийн метан хийн үйлдвэрлэлийн 70%-ийг эзэлж, шинжилгээ, судалгаа хамгийн эрчимтэй явагдаж буй АНУ болон бусад улс орнуудын НДМ хийн салбарын хөгжлийг хамруулсан болно.

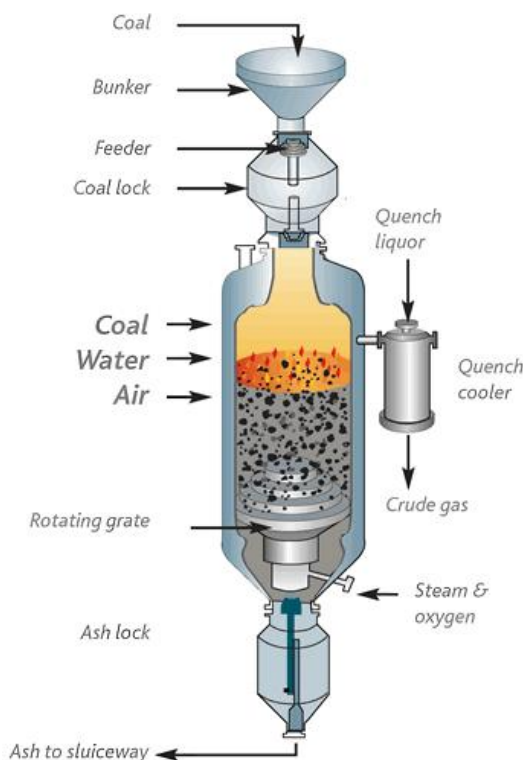
НЭГДҮГЭЭР БҮЛЭГ. ХЭВЛЭЛИЙН ТОЙМ

1.1. НҮҮРСНИЙ ХИЙЖҮҮЛЭЛТ ИЙН СУДАЛГААНЫ ТОЙМ

Нүүрс нь олон зуун жилийн өмнөөс дэлхийн өнцөг булан бүрт хэрэглэгдсээр ирсэн түлш юм. Үйлдвэрлэлийн хувьсгалаас хойших үед нүүрс эрчим хүчний маш чухал эх үүсвэр болсон ба өнөө үеийн амьдралд ч гол үүргийг гүйцэтгэсээр байна. Дэлхийн эрчим хүчний үйлдвэрлэлийн 45 % -г нүүрсний цахилгаан станцаас гарган авч байна. Нүүрс нь дэлхийн өнцөг булан бүрт харьцангуй жигд тархсан, их хэмжээний нөөцтэй эрчим хүчний эх үүсвэр гэдгээрээ давуу талтай түүхий эд юм. Эрчим хүчний өнөөгийн хэрэглээгээр тооцож үзэхэд, наад зах нь 200-250 жил хэрэглэх нүүрсний нөөц байгаа бол нефть 30-40 жил, байгалийн хийн нөөц 50-60 жилээс хэтрэхгүй гэж үзэж байна [1-2]. Үүнээс үзэхэд нүүрс нь ихээхэн ирээдүйтэй түлш гэдэг нь харагдаж байна. Гэхдээ нүүрсний боловсруулалтаас үүсэх тоос, утаа, үнэр зэрэг нь байгаль орчинд сөрөг нөлөө ихтэй тул хэрэглэгдэж ирсэн цагаасаа хойш нэр хүнд нь хар дүрсээр илэрхийлэгдэж ирсэн. Нүүрснээс үүсэх хөө, тоос зэрэг хатуу хаягдлыг нарны гэрэл харанхуйлдаг, эрүүл мэндэд сөрөг нөлөө үзүүлдэг, хий хэлбэрийн хаягдлууд болох хүхрийн болон азотын ислүүд нь хөрс, усыг бохирдуулдаг, хүчлийн борооны эх үүсвэр болдог, эрүүл мэндэд сөрөг нөлөөлдөг, нүүрсхүчлийн хий нь дэлхийн дулаарлын гол шалтгаан болж байна гэж үзэж байна. Нөгөө талаас нүүрсийг ашиглаж буй технологиудын түвшин доогуур байна. Тухайлбал, нүүрсийг тоосруулан шатааж байгаа цахилгаан станцын үр ашиг 40 % -д хүрэхгүй байгаа нь шатаагдаж буй нүүрсний 60 гаруй хувь нь зөвхөн байгаль орчин бохирдуулж байна гэж үзэж болохоор байна. Дэлхийн хүн ам ихээр өсч улмаар хэрэглээ нь асар ихээр нэмэгдэж байгаа, нөгөө талаас байгаль орчны асуудал хурцаар тавигдах болсон өнөө үед илүү цэвэр, үр ашиг өндөртэй нүүрсний боловсруулалтын технологи шаардагдах боллоо. Киотогийн болон Копенгагений гэрээ хэлэлцээрүүд улс орнуудыг технологийн бодлогодоо өөрчлөлт оруулах, дахин авч үзэхийг шаардах боллоо [3,4]. Нөгөө талаас нефть байгалийн хийн үнэ өсөн нэмэгдэж байгаа, түүнийг тойрсон хямралууд болох Орос, Украин, Европын орнуудын хооронд үүссэн нөхцөл байдал зэргээс үзэхэд 162 тэрбум нүүрсний нөөцтэй манай орны хувьд [5] нүүрсний эрчим хүчний цэвэр технологийг нэвтрүүлэх, нүүрс-химийн аж үйлдвэрийг хөгжүүлэх нь ихээхэн ирээдүйтэй салбарын нэг байж болох юм. Нүүрсийг боловсруулж буй аргуудаас хэрэглээний өргөн хүрээтэй нь нүүрсний хийжүүлэлт юм [6]. Нүүрсний найрлага дахь органик хэсэг нь өндөр температурт исэлдүүлэгч буюу нүүрсийг хийжүүлэгч бодистой харилцан үйлчлэлцэж шатдаг хийн холимогт хувирах процессыг нүүрсний хийжүүлэлт гэнэ. Исэлдүүлэгчээр гол төлөв хүчилтөрөгч, усны уур, агаар, нүүрс төрөгчийн диоксид эсвэл эдгээрийн хольцыг хэрэглэнэ. Хийжүүлэлтийг явуулсан нөхцлөөс хамаарч янз бүрийн найрлагатай хийн хольц үүсэх бөгөөд үлдэгдэл нь нүүрсний шатдаггүй хэсэг болох үнс юм. Нүүрсийг хийжүүлэх үндсэн төхөөрөмжийг хийн генератор гэнэ.

Хатуу түлшийг хийжүүлэх аргыг эрдэмтэд 19-р зууны эхээр олж анхны үйлдвэр 1835 онд Англид ашиглалтанд орсноос хойш дэлхийн аж үйлдвэржсэн олон оронд нүүрсийг хийжүүлэх жижиг үйлдвэрүүд ажиллаж байлаа. ЗХУ-д (хуучин нэрээр) 1950 он гэхэд 350 гаруй хийн генераторын станц байгуулагдаж тэдгээрт нийт 2500 орчим хийн генератор ажиллаж жил бүр 35 млрд. м³ эрчим хүчний ба технологийн хий үйлдвэрлэж байжээ. Гэвч нефть, нефтийн дагалдах ба байгалийн хийн олборлолт, хэрэглээ ихэссэнээр хатуу түлшнээс гарган авдаг эрчим хүчний ба технологийн нийлэг хийн өрсөлдөх чадвар эрс буурч ӨАБНУ -аас бусад орнууд хийн

генераторын станцуудаа бүгдийг нь зогсоожээ. Одоогоор нүүрсний хийжүүлэлтэнд үндэслэгдсэн Фишер–Тропшийн нийлэгшлийн аргаар шингэн түлш үйлдвэрлэх Сасол – 1 (1955 онд байгуулагдсан, 0.4 сая тоннын хүчин чадалтай), Сасол – 2 (1981 он, 2 сая тонн), Сасол – 3 (1984 он, 2 сая тонн) үйлдвэрүүд ӨАБНУ -д ажилласаар байна.



1-р зураг. Лургийн хийн генератор

Эдгээр үйлдвэрүүдийн төслийг боловсруулах, бүтээн байгуулах үйл ажиллагаанд дэлхийн тэргүүний хөгжилтэй орнууд болох АНУ, Герман, Англи, Франц, Японы нэр бүхий фирмүүд оролцсон байдаг. Сүүлийн жилүүдэд нефтийн ба хийн түүхий эдийн нөөц багассаны улмаас нүүрсийг боловсруулах уламжлалт технологийг боловсронгуй болгох, улмаар шинэ дэвшилтэт технологи боловсруулах, хөрөнгө босгож үйлдвэр барих ажилд дэлхийн улс орнууд ихээхэн анхаарал тавьж бодит ажлууд хийсээр байна. Тухайлбал АНУ жилд 140 млрд. м³ – аас 250 млрд. м³ хий үйлдвэрлэх хүчин чадалтай 70-аад үйлдвэр барьж байгуулахаар төлөвлөн зарим үйлдвэрүүдийг нээн ажиллуулж байна. АНУ-д Эрчим хүчний яам цэвэр нүүрс хөтөлбөрийн хүрээнд туршилтын олон үйлдвэр байгуулсан ба үйлдвэр болгон улам боловсронгуй, дэвшилттэй хийжүүлэлтийн технологийг ашигласан бөгөөд тэдгээр нь хүхрийн ба азотын оксидууд, мөнгөн ус, тоосонцорын ялгарах хэмжээг улам бүр бага болгох чадамжтайгаа харуулжээ. Уг хөтөлбөрийн хүрээнд байгуулсан үйлдвэрүүдийн тухай товч авч үзье. Үүнд:

а. Их талын нүүрс хийжүүлэх үйлдвэр буюу Дакота дахь үйлдвэр 1984 онд ашиглалтанд орж өнөөдөр жилдээ 54 тэрбум кубээс илүү байгалийн хий үйлдвэрлэн боловсруулж байна. Уг үйлдвэрийн жилийн нүүрсний хэрэглээ нь 6 сая тн-оос давдаг.

б. Вабаш голын нүүрс хийжүүлэх үйлдвэр барих төсөл 1995 оны 11 сард хэрэгжиж дууссан уг төслөөр баригдсан Вабаш голын нүүрс хийжүүлэх эрчим хүчний үйлдвэр нь АНУ-д баригдсан бүрэн хэмжээний ашгийн төлөөх хийжүүлэлтийн хосломол ажиллагаатай (IGCC) анхны үйлдвэр юм.

в. Тампа Эрчим хүчний IGCC төсөл 1991 оны 3-р сараас эхлэн 2002 оны 3-р сард дууссан тус төслөөр цоо шинэ технологиор баригдсан Полкын цахилгаан станц нь Үндэсний анхны “ногоон талбай” гэж нэрлэгдсэн бөгөөд ашгийн төлөөх IGCC цахилгаан станц юм. Тус станц нь дэлхийн экологийн хамгийн цэвэр цахилгаан станцуудын нэг юм. Үйлдвэрийн хий цэвэршүүлэх технологи нь нүүрсэнд агуулагдах хүхрийн 98%-аас ч илүүг зайлуулж, түүнийг бэлэн бүтээгдэхүүн болгон хувиргадаг. Азотын оксидын хорт бодисын ялгаралтыг 90%-иас дээш бууруулдаг.



2-р зураг. Тампа дээрхи хийн генератор

г. Кентакийн Пионер IGCC төсөл 1994 оны 5 сард эхлэн 2005 оны 5 сард дууссан. IGCC станц нь Их Британийн нүүрсний тогтмол үет шааргажилт бүхий хийжүүлэх системийг нүүрс устөрөгчийн зайтай хослуулан хэрэглэсэн технологитой.

д. Нүүрснээс цэвэр шатахуун болон Эрчим хүч үйлдвэрлэх Гилбертон төсөл 2003 оны 9- сард эхэлж 2009 оны 9 сард дуусна. Гилбертон үйлдвэр Америкийн нүүрснээс шингэн түлш, шатахуун үйлдвэрлэх анхны үйлдвэр болно. Нүүрсийг хийжүүлэн синтезийн хий гаргаж түүгээр цахилгаан эрчим хүч болон уур үйлдвэрлэнэ. Хийн зарим хэсгийг Фишер-Тропшийн синтезийг хэрэглэн синтезийн нүүрсустөрөгчийн шингэн түлш болгон хувиргана.

е. 285мВт-ын хүч чадалтай нүүрсэнд суурилсан, зөөгч бүхий хийжүүлэгчийн технологийг үзүүлэх төсөл 2005 оны 10р сараас эхэлсэн бөгөөд 2015 оны гуравдугаар сард ашиглалтанд орно. Уг төслөөр зөөгч бүхий хийжүүлэгчид суурилсан агаарын үлээлттэй IGCC цахилгаан станцыг үзүүлэн таниулах юм.

ё. Месаба Эрчим хүч IGCC төсөл 2005 оны 12-р сард эхэлсэн 2012 оны 6- сар хүртэл хэрэгжих төсөл юм. Энэ нь IGCC-ын дараахь үеийн цахилгаан эрчим хүч үйлдвэрлэх станцын зураг төсөл зохиох, барьж байгуулах, үйл ажиллагааг нь үзүүлэх зорилготой төсөл юм.

Нүүрсний хийжүүлэлтээр нийлэг хий (CO ба H₂-ын хольц) гарган авч эрчим хүч, хими болон нефтийн бүтээгдэхүүн болгон боловсруулах боломжтой. Монгол улс нүүрс шингэрүүлэх үйлдвэр барьж байгуулах ажлыг эхлүүлэхээр төлөвлөж байгаа ч эл чиглэлээр ажилладаг судлаачид цөөн байгаагаас гадна бусад бэлтгэл ажил ч хийгдэхгүй байна. Шивээ-Овоогийн нүүрсийг Англи болон Германд хийжүүлэлтийн аргаар бага зэрэг судалснаас [7,8] өөр хийжүүлэлтийн талын судалгаа Монголд хийгдээгүй байгаагаас гадна судалгааг дотооддоо хийх лаборатори болон тоног одоогоогоор төхөөрөмж алга байна. Туршилтын ажлыг эхлээд лабораторийн түвшинд, дараа нь томруулах замаар дунд оврын/пилот төхөөрөмж дээр туршиж

зүгшрүүлдэг тул нүүрс хийжүүлэлтийн бага оврын/лабораторийн реактор зохион бүтээх нь туйлын чухал ач холбогдолтой. Шинэ технологийг хөгжүүлэх, сонгохдоо үйлдвэрийн реакторт явагддаг процессыг хуулбарласан жижиг оврын реактор ашиглах нь хямд бөгөөд хурдан арга юм [9]. Хийжүүлэлтэнд хэрэглэдэг гол реакторуудад хийн хүчтэй урсгалд ажилладаг (Entrained flow gasifier), буцлагч үет (Fluidised bed gasifier) болон үеэр хийжүүлэгч хийн генератор (Moving bed gasifier) гэсэн үндсэн 3 төрлийн реактор хамаардаг [10]. Хийн хүчтэй урсгалд ажилладаг хийн генератор нь өндөр температур (1500-1600 °C) шаарддаг тул үнэтэй, хийхэд нилээд төвөгтэй учраас буцлагч үет ажилладаг хийн генератор зохион бүтээхээр зорисон юм. Тооцоог судалгааны бүтээл болон зарим нэг жижиг оврын үйлдвэрийн өгөгдөхүүнийг ашиглан хийж гүйцэтгэлээ [11-22].

1.2. НҮҮРСНИЙ ДАВХАРГЫН МЕТАНЫ СУДАЛГААНЫ ТОЙМ

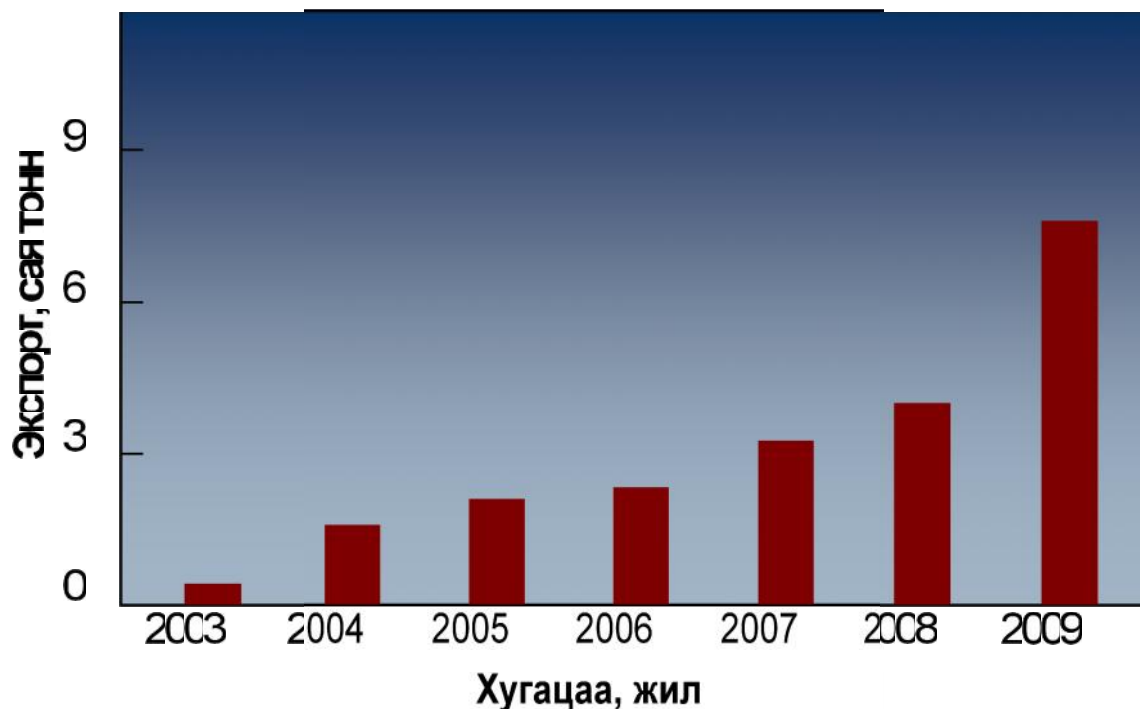
1.2.1. Монгол Улсын Нүүрсний Салбарын Өнөөгийн Байдал

Монгол орон нүүрсний асар их баялагтай бөгөөд газрын тос, байгалийн шатдаг хийн найдвартай нөөц илрээгүй тул эрчим хүчний үндсэн эх үүсвэр төдийгүй манай улсын эдийн засгийн хэтийн хөгжлийг тодорхойлогч үнэт баялаг болж байна. Нүүрсний 15 том хэмжээний сав газруудад ойролцоогоор 300 гаруй орд, илрэл геологи хайгуулын ажлын үр дүнд тогтоогдсон бөгөөд чанар, ангиллын хувьд лигнит буюу хүрэн нүүрснээс эхлээд сайн чанарын антрацит хүртэл бүх төрлийн нүүрсний арвин баялаг нөөцтэй болно. Нийт геологийн нөөц 162.3 тэрбум тонн бөгөөд түүнээс 10 тэрбум орчим батлагдсан нөөц байгаа өнөөдрийн олборлолтын хурдаар бол бараг 500 жилийн нөөцтэй гэсэн үг юм. Нөөцийн талаарх мэдээллийг 3-р зурагт үзүүлэв [23].



3-р зураг. Монгол орны нүүрсний нөөц, тархалт

Монгол оронд нүүрс үүсч бий болох геологийн процесс нь Карбоны, Пермийн, Юрагийн болон Цэрдийн зэрэг геологийн насжилтын бүх үеийг хамрах бөгөөд нүүрсжилтийн зэрэг, чанар, геологи газарзүйн тогтоц зэрэг үзүүлэлтүүдээрээ эрс ялгардаг. Бүх нүүрсний ордууд нь янз бүрийн хэмжээ, далайц бүхий уул нуруудын хоорондох хөндийнүүдэд эх газрын нөхцөлд үүсч бий болжээ. Нүүрсжилтийн зэргээр нь авч үзвэл, Карбоны болон Пермийн үед харъяалагдах ордууд нь битумт болон суббитумт нүүрс агуулдаг бол Юрагийн үеийн ордуудын хувьд лигнит болон суббитумт нүүрс зонхилдог. Харин Цэрдийн настай ордуудад үндсэндээ лигнит буюу залуу хүрэн нүүрс давамгайлна. Сүүлийн жилүүдэд нүүрсний экспорт нь уул уурхай, ашигт малтмалын салбарт төдийгүй нийт улс орны эдийн засгийн хувьд нөлөө бүхий гадаад худалдааны онцгой чиглэл болон өссөн бөгөөд Тавантолгой, Нарийнсухайт, Хөшөөт зэрэг ордуудыг түшиглэсэн томоохон хэмжээний төслүүд эхэлсэн буюу эхлэх шатандаа нэгэнт орж бүс нутгийн хөгжилд онцгой байр суурь эзлэх боллоо. Шинэ зуунтай золгосоор Өмнийн говийн бүс нутгаас сайн чанарын нүүрс, түүний дотор коксжих нүүрсийг экспортлох ажил үлэмж эрчимжсэн бөгөөд сүүлийн 5 – 6 жилд нүүрсний экспорт бараг 20 дахин өссөн байна (4-р зураг) [24].



4- р зураг. Нүүрсний экспортын ерөнхий хандлага

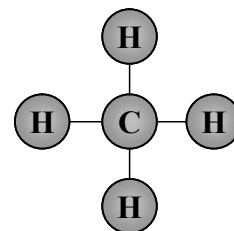
Монголын нүүрсний ордуудыг жилийн нүүрсний олборлолтын хүчин чадал, бүс нутгийн байрлал болон хэрэглэгчийн төрөл зэрэг хэд хэдэн хүчин зүйлээр ангилж болно. Жилд олборлож буй нүүрсний тоо хэмжээгээр нүүрсний уурхайнуудыг орон нутгийн уурхайнууд болон улсын чанартай уурхайнууд гэсэн хоёр бүлэгт хувааж болох ба тэдгээр нь хүчин чадал, уурхайн технологи үйл ажиллагаа, засвар үйлчилгээний бааз болон машин техникийн хүчин чадлаар эрс ялгаатай. Орон нутгийн уурхайнууд нь бага хэмжээний олборлолт, улирлын чанартай үйл ажиллагаа /зөвхөн өвлийн улиралд/, засвар үйлчилгээний цех, төвүүд бараг байхгүй болон уулын ажлын машин техникийн бага хүчин чадал зэргээр тодорхойлогдоно. Харин улсын чанартай уурхайнуудын онцлог бол олборлолтын хүчин чадал их, бүтэн жилийн турш олборлолт явуулдаг, өөрийн гэсэн засвар үйлчилгээний бие даасан цех тасагтай, түүнчлэн том хэмжээний хүчин чадал бүхий машин техник ашигладаг зэрэг

болно. Нүүрсний орд газруудыг түүнчлэн бүс нутгаар нь баруун, төвийн болон хойд, зүүн, өмнөд гэсэн 4 хувааж болно. Баруун бүсийн ордууд нь газарзүйн хувьд уулархаг, геологийн бүтцийн хувьд хялбар бус, нүүрсний хэрэгцээ бага, хатуу чулуулаг давхарга зэрэг бол төвийн болон хойд бүс нь газарзүйн байрлалын хувьд энгийн, геологийн тогтвортой нөхцөлтэй, нүүрсний хэрэгцээ их, тиймээс уурхайнуудын хүчин чадал том, нүүрсний чанар харьцангуй сайн биш зэрэг онцлогуудтай болно. Зүүн бүсийн хувьд топографийн хувьд энгийн, геологийн нөхцөл хялбар, газрын гүний усны нөөц их зэрэг давуу талуудтай бол нүүрсний чанар муу юм. Харин өмнөд бүсийн ордууд нь говийн хагас цөлжсөн уур амьсгалтай, усны нөөц хомс, нүүрсний чанар сайн, орон нутгийн хэрэгцээ бага тул экспорт давамгайлдаг. Хэрэглэгчдийн хүчин чадлаар нь нүүрсний уурхайнуудыг үндсэн гурван бүлэгт хувааж болох юм. Үүнд, төвийн эрчим хүчний дулааны цахилгаан станцууд, том хотууд болон үйлдвэрийн газрууд зэрэг томоохон объектуудыг хангадаг ордууд, жижиг суурин газрууд, аймгийн төвүүдийг хангадаг ордууд, мөн түүнчлэн экспортын чиглэлээр дагнан үйл ажиллагаа явуулж буй ордууд болно. Нүүрсний салбарыг хөгжүүлэх чиглэлээр ойрын жилүүдэд судалгаа, шинжилгээ, туршилт үйлдвэрлэлийн ажил эрчимжих төлөвтэй байгаа бөгөөд үүний дотор хувийн хэвшлийн болон гадаадын хөрөнгө оруулалтыг дэмжих эрх зүйн таатай орчныг бүрдүүлсний үндсэн дээр дэлхийн дэвшилтэт технологээр нүүрсийг гүнзгий боловсруулах замаар нэмүү өртөг шингэсэн хийн болон шингэн түлш үйлдвэрлэх, нүүрсний давхаргын метан хийн судалгаа, шинжилгээг өргөн далайцтай явуулах зэрэг ажлууд төрийн бодлогод тусгалаа олох нь дамжиггүй юм.

1.2.2. Нүүрсний Давхаргын Метан Хий

1.2.2.1. Нүүрсний давхаргын метаны геологи ба олборлолтын үндэс

Нүүрсний давхаргын метан (НДМ) хий нь нүүрсний давхарга дотор хуримтлагдан бий болсон байгалийн хий бөгөөд биологийн задрал болон температурын нөлөөгөөр үүсэн бий болдог. НДМ хий үүсэн бүрэлдэх процесс нь нүүрсний чанараас хамааран харилцан адилгүй, дээд ангиллын нүүрс болох битумт нүүрс болон антрацитийн хувьд нүүрсжих процесстэй хамт өндөр температурт дулааны задралаар үүсдэг бол суббитумт нүүрс зэрэг доод ангиллын нүүрс нь биологийн процессийн үр дүнд бүрэлдэн бий болдог. Түүнчлэн дээд ангиллын нүүрсний хувьд ч гэсэн биологийн хоёр дахь задралын үр дүнд метан хийн үүсэн хуримтлагдах процесс үргэлжилнэ [25-27]. НДМ хий нь маш бага хэмжээгээр нүүрсхүчлийн хий болон азот агуулдаг бөгөөд үндсэн хэсэг нь / 88 – 98 %/ цэвэр CH_4 юм [3]. Этан, бутан, пропан, пентан зэрэг хүнд нүүрстүстөрөгчүүд дулааны задралын үр дүнд мөн бага хэмжээгээр үүснэ. Битумт нүүрсэн дэх НДМ хийн дундаж агуулга нь ойролцоогоор 9 – 19 м³/т байдаг бол суббитумт нүүрсний хувьд 1 – 4 м³/т-ийн хооронд хэлбэлздэг [28-29].



CH_4 , CO_2 болон N_2 -ын молекулууд нь таталцлын сул хүч болох Вандер Ваальсын хүчний нөлөөгөөр нүүрсний давхаргын доторхи нүх сүв, цууралтын дотоод хананд адсорбцлогдсон төлөв байдлаар газрын гүний гидростатик даралтын дор харьцангуй тогтвортой төлөвт оршино. Нүүрсний давхарга доторх сүвнүүдийн хэмжээ харилцан адилгүй байдаг бөгөөд микросүв (< 2 нм), месосүв (2 -50 нм) болон макросүв (> 50 нм)-нүүдийн хувь хэмжээ, тархалтын онцлогоос нүүрсний давхаргын CH_4 , CO_2 болон N_2 -ын хийнүүдийн агуулга ихээхэн хамааралтай [30]. НДМ хий нь геологийн байрлалын хувьд ердийн байгалийн хийнээс нэлээд ялгаатай (1-р хүснэгт) [31].

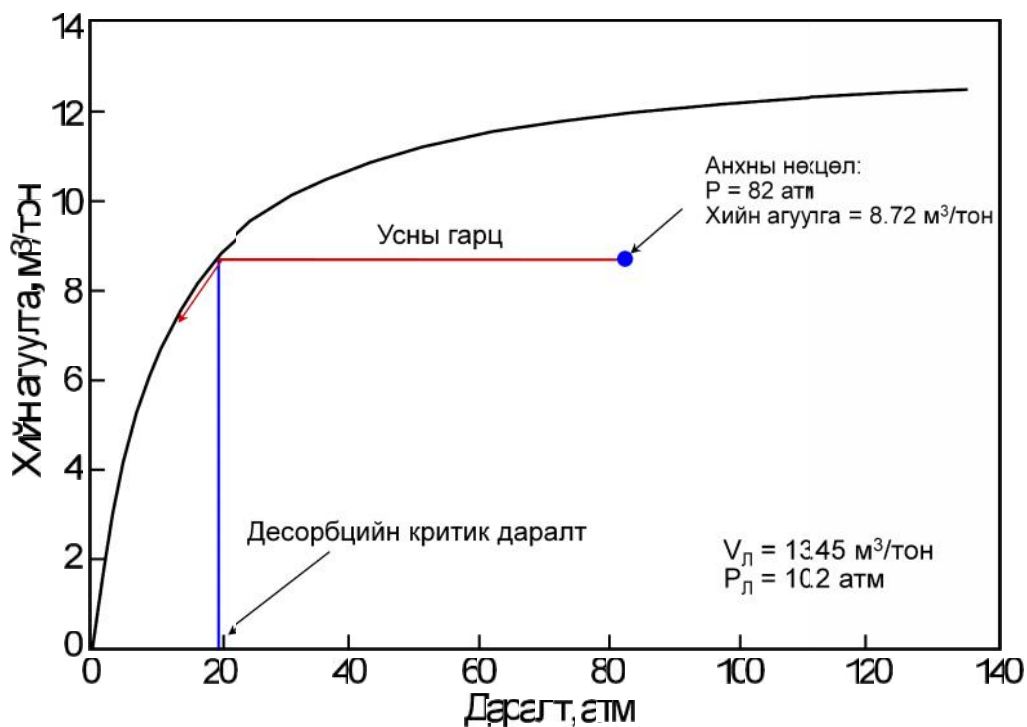
1-р хүснэгт. НДМ хий болон ердийн байгалийн хийн харьцуулалт

Үзүүлэлтүүд	Ердийн хийн орд	НДМ хийн орд
Хийн бүрэлдэх явц	Хий нь чулуулгийн дотор бүрэлдэн бий болоод хийн бассейн руу ордог	Хий нь нүүрсний дотор үүсэн бий болоод нүүрсэн дотроо хадгалагдан оршино
Сав газрын геологийн бүтэц	Тохиолдлын чанартай эмх замбараагүй үүссэн цууралт, хагарлууд	Тодорхой зүй тогтлын дагуу үүссэн цууралт, хагарлууд
Хийн агуулагдах механизм	Даралт	Адсорбц
Хий урсгалын механизм	Даралтын градиент /Дарсийн хууль/	Концентрацийн градиент /Фикийн хууль/ Даралтын градиент /Дарсийн хууль/
Олборлолтын онцлог	Хийн хурд эхлээд өндөр, дараа нь багасна. Газрын гүний ус маш бага эсвэл бараг байхгүй. Хий/усны харьцаа цаг хугацаатай хамт багасна.	Хийн хурд эхлээд өндөр, дараа нь багасна. Эхлээд үндсэндээ газрын гүний ус зонхилно. Хий/усны харьцаа цаг хугацаатай хамт ихэснэ.
Механик шинж чанар	Янгийн модуль: $\sim 10^6$ Сүвний шахагдах чанар: 10^{-6}	Янгийн модуль: $\sim 10^5$ Сүвний шахагдах чанар: 10^{-4}

Уламжлалт байгалийн хийнээс ялгаатай нь гэвэл НДМ хийн хувьд нүүрс нь хийн эх үүсвэр төдийгүй хийг хадгалах агууламжийн үүрэг гүйцэтгэдэг. Нүүрс нь олон төрлийн элементээс бүрдсэн сүвэрхэг бүтэцтэй чулуулаг бөгөөд сүвний хэмжээнээс хамааран макро болон микро сүв гэж ангилна. Макросүвнүүд нь ерөнхийдөө геологийн насжилтын турш явагдах цууралт, хагаралтаас үүсэх ба нүүрсний бүх ордуудын хувьд нийтлэг үзэгдэл юм. Микросүвнүүд буюу матрикс нь хийн нөөцийн үндсэн хэсгийг агуулдаг бөгөөд энэхүү онцгой шинж чанар нь НДМ хийг уламжлалт бус байгалийн хийн нөөц гэсэн ангилалд зүй ёсоор оруулдаг. Нүүрсний макросүвнүүдийн дотор хий нь чөлөөт байдлаар агуулагддаг бол микросүвнүүдийн дотоод гадаргууд монодавхарга үүсгэн адсорбцлогдсон байдлаар оршино. Нүүрсний микросүвнүүд нь метан хийн хувьд маш том багтаамжтай агуулах болдог ба ердийн хийн баллонд 70 атмосферийн даралтын дор хийг хадгалсанаас тоо хэмжээний хувьд хавьгүй их хийг агуулдаг. Макросүвнүүд буюу хагарал, цууралтын хөндийн

хийн агууламжийн багтаамж бага бөгөөд агуулагдаж буй чөлөөт хий нь тоо хэмжээний хувьд нийт НДМ хийн өчүүхэн хэсэг юм.

Нэгэнт нүүрсний давхаргад агуулагдаж буй нийт хийн ихэнх хэсэг нүүрсний матрикт адсорбцлогдсон төлөв байдалд оршдог тул НДМ хийн даралт болон эзэлхүүний хоорондох хамаарал нь хийн төлөв байдлын хуулиар бус, харин шингээлтийн изотермээр тодорхойлогдоно. Шингээлтийн изотерм нь нүүрсэн дэх хийн агууламжийн хүчин чадал болон даралтын хоорондох хамаарлыг тодорхойлох бөгөөд нүүрсний төрөл, температур, чийглэгээс хамаарна. Шингээлтийн изотермийг ашиглан нүүрсний микросүвний доторхи даралт буурах үед гадагшлах хийн эзэлхүүнийг урьдчилан тооцоолох боломжтой бөгөөд шингээлтийн изотермийн сонгодог жишээг 5-р зурагт үзүүлээ [31].



5-р зураг. Лангмуирин изотерм

Энэхүү хамаарал дээр үндэслэн дүгнэхэд хийн агууламжийн хүчин чадал болон даралтын хоорондох хамаарал нь доорхи Лангмуирин хуулиар зохицуулагдах нь тодорхой харагдаж байна:

$$G_s = \frac{V_L P}{P_L + P} \quad (1)$$

G_s : хийн агууламжийн хүчин чадал, м³/тон, P : даралт, атм

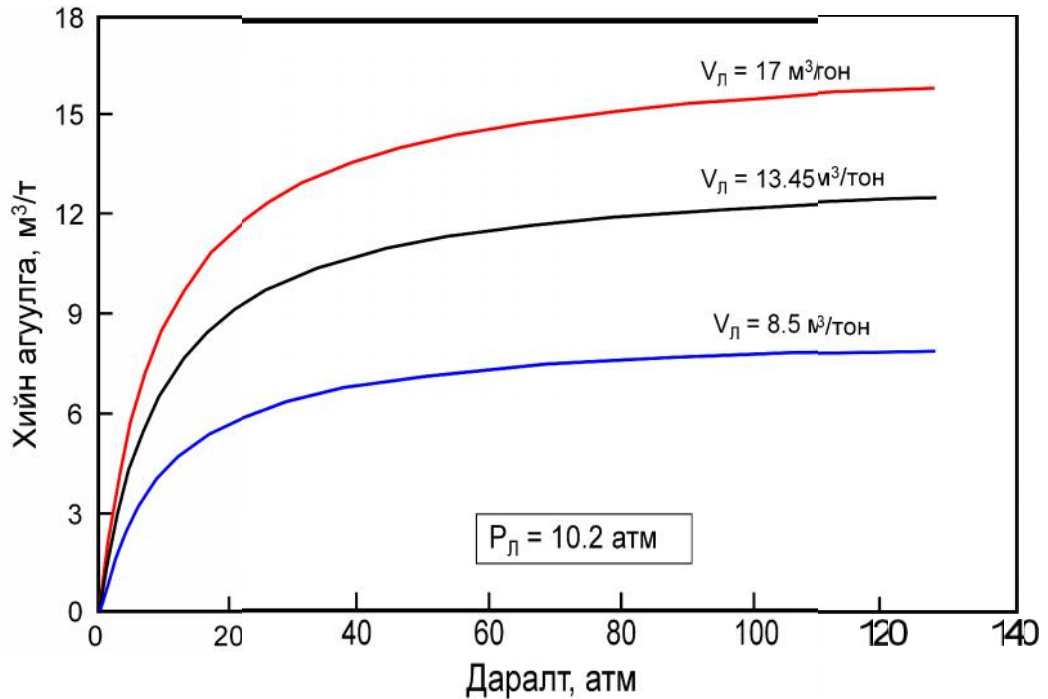
V_L : Лангмуирин эзэлхүүний тогтмол, м³/тон, P_L : Лангмуирин даралтын тогтмол, атм

Дээрх тэгшитгэл нь ямар нэгэн хольцгүй цэвэр нүүрсний хувьд хүчинтэй бөгөөд харин бодит нүүрсний ордуудын НДМ хийг тооцоолоход чийглэг болон үнслэгийн агуулгыг тооцох зайлшгүй шаардлагатай:

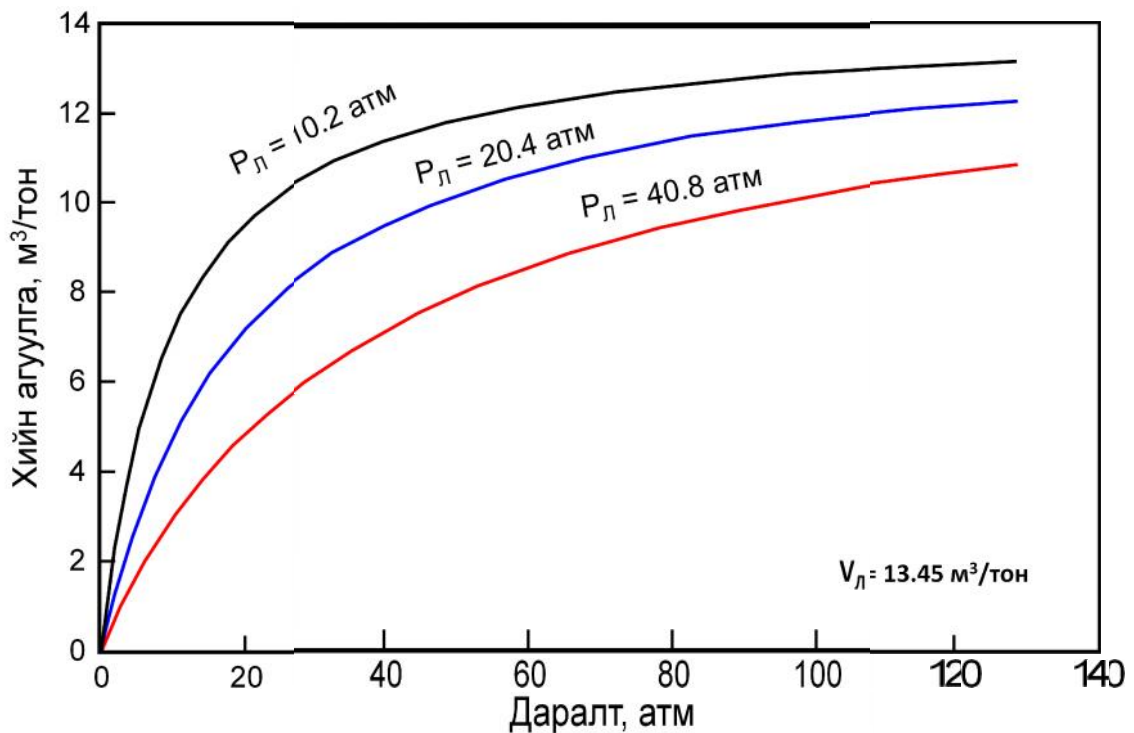
$$G_s = (1 - f_a - f_m) \frac{V_L P}{P_L + P} \quad (2)$$

f_a : үнслэгийн агуулга, f_m : чийглэгийн агуулга

5-р зурагт үзүүлснээр даралтын нэгж өсөлтөд ноогдох шингээгдсэн хийн тоо хэмжээ шингээлтийн даралтын өсөлттэй хамт багасаж байгаа нь тодорхой харагдаж байгаа бөгөөд цаашид даралт ихсэхийн эцэст нь дээд хязгаар V_L -таа хүрч байна. Лангмуирийн даралтын тогтмол P_L нь хийн агууламжийн дээд хүчин чадал V_L 50 хувьтай байх үеийн даралт бөгөөд 6 ба 7-р зурагт V_L болон P_L нь изотермийн өөрчлөлтөд хэрхэн нөлөөлж буйг харуулав [31].



6-р зураг. Изотермд үзүүлэх Лангмуирийн эзэлхүүний тогтмолын нөлөө

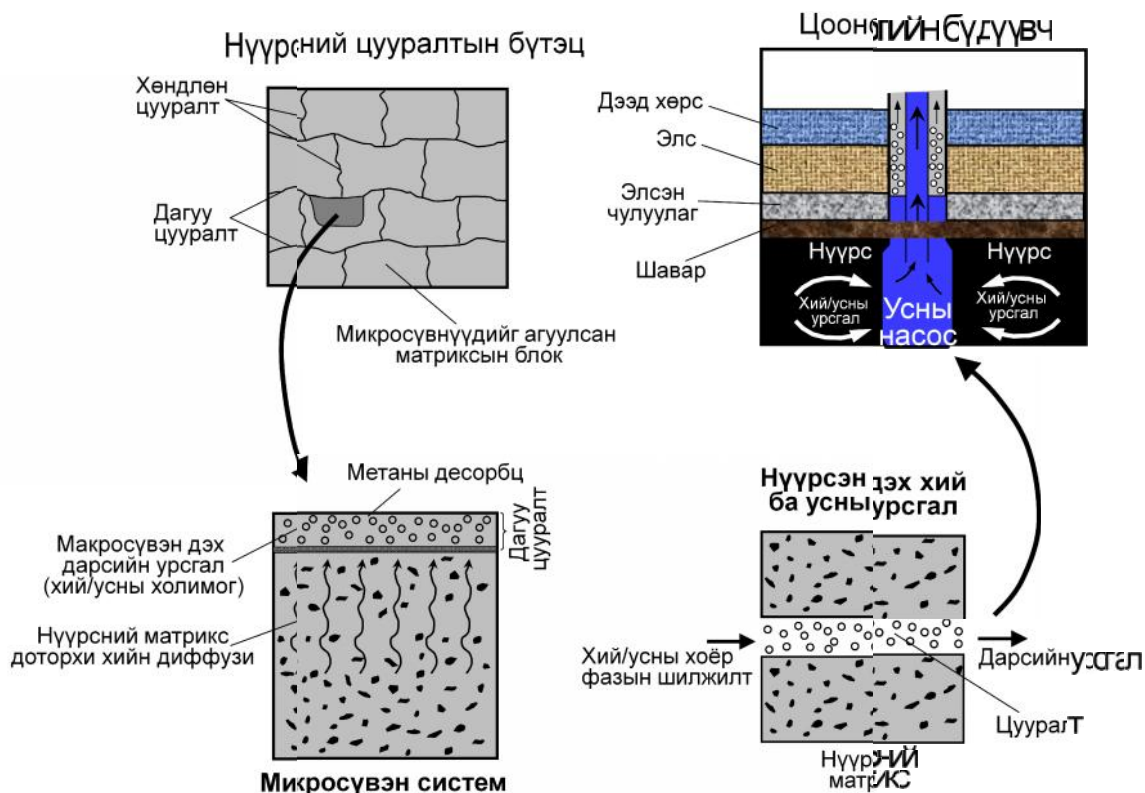


7-р зураг. Изотермд үзүүлэх Лангмуирийн даралтын тогтмолын нөлөө

Тодорхой сонгож авсан нүүрсний хувьд P_L болон V_L -ийн тоон утгуудыг лабораторийн изотермийн туршилтаар тодорхойлно. Энд цохон тэмдэглэхэд, ихэнх ордуудын хувьд нүүрсний хийн агууламж нь термодинамикийн анхны нөхцөлд ханалтын түвшин буюу дээд хэмжээндээ хүрээгүй байдаг. Нүүрсэн дэх хийн агуулгыг тодорхойлохдоо сонгосон ордоос дээж аваад тусгай зориулалтын саванд хийж сайтар битүүлэх бөгөөд тухайн дээжээс чөлөөлөгдсөн хийн агуулгыг хэмжих замаар НДМ хийн агуулгыг тогтоодог. Хэрэв нүүрсэн дэх хийн агуулга нь 5-р зурагт үзүүлсэнчлэн термодинамикийн анхны нөхцөлд тэнцвэрийн муруйн доод талд байвал чөлөөт хий буюу макросүвнүүдын дотор ямар ч хий байхгүй усаар дүүрсэн байна гэсэн үг юм.

НДМ хийг олборлохын тулд газрын гүний усыг соруулж зайлуулах шаардлагатай бөгөөд энэ нь хэд хоног зарим тохиолдолд хэдэн сараар үргэлжилдэг. Үүний үр дүнд, тухайн цооногийн орчимд, эсвэл хэд хэдэн цооногийг хамарсан газарт гидростатик даралт үлэмж багасдаг бөгөөд энэхүү даралтын зөрүү нь гүний ус болон метан хий газрын гадаргуу руу олгойдон гарах хөдөлгөгч хүч болно. Хий болон ус нь цооног дотуур урсан дээшлэх явцдаа фракцын хувьд ялгардаг тул тус тусад нь зориулалтын газар руу нь дамжуулна. Газрын гүний усыг чанараас нь хамааран шууд эсвэл боловсруулсаны дараа (1) нуур, цөөрөм, урсгал гол эсвэл чийглэг хөрстэй уужим талбай руу урсгах; (2) газрын гүн рүү дахин шахах, (3) химийн найрлага болон ховор элементийн агуулгаас нь хамааран газар тариалангийн усалгаа, ахуйн зориулалтаар түгээх зэргээр ашиглана. НДМ хийн олборлолтын үед гардаг газрын гүний ус нь (1) Na- HCO_3 -Cl; (2) уусаагүй хатуулаг бодис (200 to >170,000 мг/л); (3) Fe, Mn болон NH_4 ; (4) сульфат бага боловч барийн өндөр агуулга; (5) ховор элемент < 1 мг/л агуулдаг [25]. Түүнчлэн НДМ хийг олборлох үед нэг цооногоос хоногт гардаг газрын гүний усны дундаж хэмжээ суббитумт нүүрсний хувьд 60 м^3 , битумт нүүрсний хувьд 14 м^3 орчим хэлбэлзэх бөгөөд ус ба хийн гарцны харьцаа ойролцоогоор суббитумт нүүрсний хувьд $1:95 \text{ м}^3$, битумт нүүрсний хувьд $1:585 \text{ м}^3$ байна [28]. Ер нь нүүрс бол ердийн байгалийн хийн ордын чулуулаг бүтэцтэй харьцуулбал хий агуулах багтаамж 6 – 7 дахин их бөгөөд энэ нь түүний дотоод гадаргуун эзэлхүүний хүчин чадал асар их байдагтай холбоотой. Нийт НДМ хийн ойролцоогоор 98 % нь нүүрсний матриксийн сүвэрхэг дотор, үлдсэн 2 % нь нүүрсний давхаргын цууралт, хагарлын завсар хөндийд агуулагдана [33]. Мөн бага хэмжээний метан нүүрсний давхаргын гүний усанд ууссан байдлаар оршдог. Тиймээс НДМ хийн олборлолтын эхний шат болох нүүрсний давхаргын гидростатик даралтыг бууруулах зорилгоор газрын гүний усыг соруулах үед цууралт, хагарлын завсар дахь болон гүний усанд ууссан метаны хийнүүд нь устай хамт гадагшилдаг. Микросүвнүүдийн доторх хий нь агуулагдаж байгаа сүвнүүдээсээ нүүрсний матриксаар дамжин цууралтын хөндий хоолойнууд руу диффузийн механизмаар шилжин урсдаг бөгөөд тэнд ус ба хийн хоёр фазат шилжих процесс Дарсын хуулийн дагуу явагдана (8-р зураг). НДМ хийн олборлолтын эхний шатанд ихэнх тохиолдолд цууралт, макросүвнүүдэд дүүрсэн ус их хэмжээгээр гардаг. Ер нь нүүрсний давхаргын гидростатик даралтыг бууруулж, хийг гаргах зорилгоор усыг зогсолтгүй гаргаж байх ёстой. Усыг соруулж зайлуулах зардал өртөг нь НДМ хийн олборлолтын нийт эдийн засгийн үзүүлэлтэнд шийдвэрлэх нөлөөтэй. Усыг зогсолтгүй соруулж зайлуулснаар цууралт, хагарлын доторхи даралт доошилж тодорхой түвшин $|P_{кр}|$ -д хүрсэн тохиолдолд нүүрсний матрикс буюу микросүвнүүдээс хийн газрын гадаргуу руу чиглэсэн урсгал эхэлнэ. 5-р зурагт үзүүлсэн шингээлтийн изотермээс харах юм бол $P_{кр}$ нь нүүрсэн дэх хийн анхдагч агуулга бөгөөд хийн десорбцийн процесс

үргэлжлэн явагдсанаар макросүвнүүд нь метан хийгээр дүүрч ханалтын төлөвт шилжинэ.



8-р зураг. НДМ хийг олборлох механизмын схем

Макросүвнүүд дэх хийн агуулга ханалтын төлөвөөс давж гармагц устай хамт нүүрсний цууралт хагаралаар дамжин газрын гадаргуу дээрх олборлолтын цооног руу урсана. Харин нүүрсний матриксийн дотоод гадаргуугаас хийн десорбцлогдох процесс нь концентрацийн градиентийн нөлөөгөөр микросүвнүүдийн доторхи молекулийн диффузийн механизмаар Фикийн хуулийн дагуу явагдана [28]:

$$q_{gm} = 2.697 \sigma D \rho_c V_c (\bar{G}_c - G_s) \quad (3)$$

q_{gm} : хийн десорбц /диффуз/-ийн хурд, м³/сек, σ : матриксийн хэлбэрийн фактор

D : матриксийн диффузийн тогтмол, сек⁻¹, V_c : матриксийн эзэлхүүн, м³

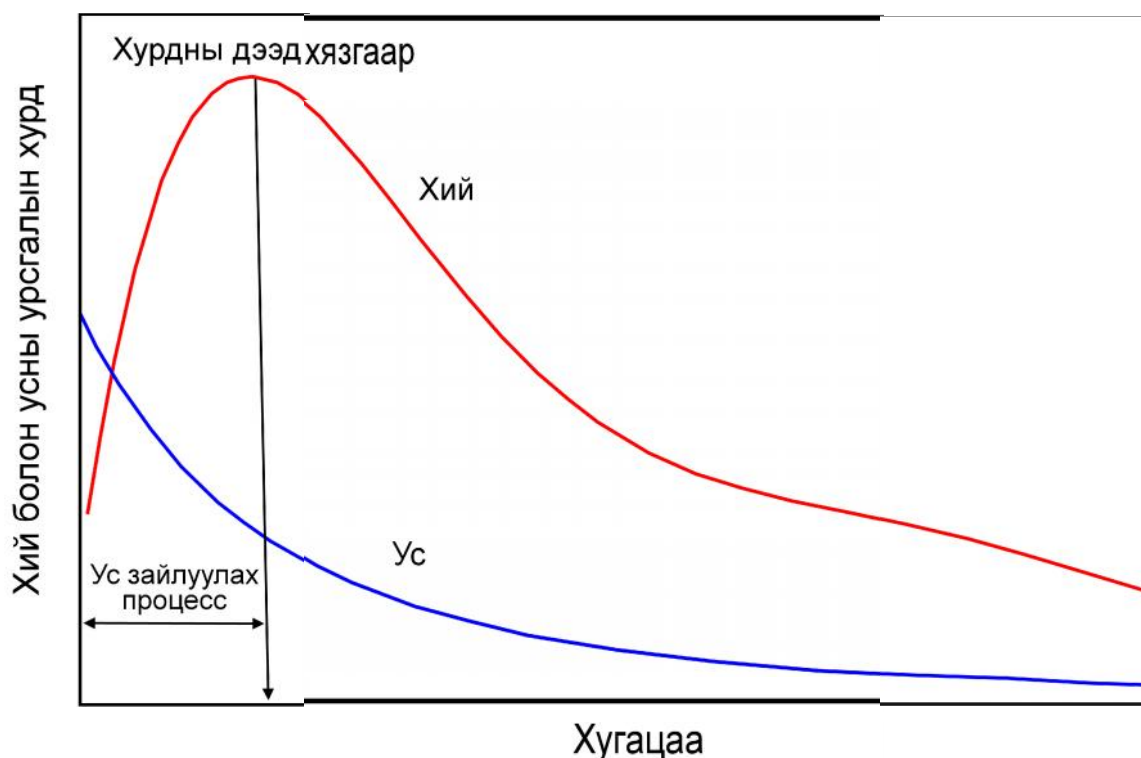
ρ_c : матриксийн нягт, грам/см³, \bar{G}_c : матрикс доторхи хийн дундаж агуулга, м³/тон

Матриксийн хэлбэрийн фактор болон диффузийн тогтмол нь харилцан уялдаатай бөгөөд шингээлтийн хугацааг илэрхийлсэн дараах хамаарлаар дараах байдлаар илэрхийлэгдэнэ:

$$\tau = \frac{1}{\sigma D} \quad (4)$$

Шингээлтийн хугацаа (τ) нь нүүрсэн дэх хийн анхдагч эзэлхүүний 63.2 хувь десорбцлогдоход шаардагдах хугацаа бөгөөд десорбцийн туршилтаар тодорхойлогдоно. Харин нүүрсний макросүвнүүдийн доторхи хий болон усны

холимогийн урсгалын механизм нь Дарсигийн хуулиар явагдана. Макросүвнүүдийн сүвэрхэг бүтэцийн онцлог, нэвчих чадвар, харьцангуй нэвчих чадвар зэрэг нь хий болон усны урсгалын онцлогийг тодорхойлдог. Десорбцийн процесс эрчимтэй явагдахын хирээр макросүвнүүдийн доторхи хийн ханалтын хэмжээ өсөж, метаны урсгал давамгайлж эхэлнэ. Цаашдаа хийн урсгалын хурд дээд цэгтээ хүрэхийн өмнө усны урсгалын хурд эрчимтэй унах бөгөөд усны ханалтын төлөв байдал ханалтын доод цэгтээ хүрнэ. НДМ хийн олборлолтын үеийн олборлолт ба цаг хугацааны хамаарлыг 9-р зурагт үзүүлэв. Хийн урсгалын хурд дээд цэгтээ хүрсний дараа НДМ хийн олборлолтын төлөв байдал ердийн байгалийн хийн олборлолттой адил төстэй болох нь тод харагдаж байна [28].



9-р зураг. НДМ хийн олборлолт ба цаг хугацааны хамаарал

НДМ хийн олборлолт нь ээдрээтэй бөгөөд ялангуяа хайгуулын эхний шатны судалгаа, анализ ихээхэн хүндрэлтэй байдаг. Яагаад гэвэл, энэ нь НДМ хий агуулагдаж буй микросүвнүүдийн доторхи нэг фазат хийн диффузийн хөдөлгөөн болон макросүвнүүдийн доторхи хоёр фазат хий-усны урсгалын харилцан үйлчлэлийн хүчинд явагдаж буй десорбцийн ээдрээтэй процесс юм. Тиймээс ч уламжлалт байгалийн хийн олборлолтонд ашигладаг инженер техникийн аргуудыг НДМ хийн олборлох зорилгоор ашиглах боломжгүй. Тухайн ордын НДМ хийг олборлохоос нь өмнө урьдчилан тодорхойлох хамгийн шилдэг арга бол НДМ хийг агуулж буй сав газрын хийн урсгал болон геологийн бүтэцийн уялдаа холбоог тогтоодог тоон загварчлал бөгөөд энэ арга нь НДМ хийн олборлолтын олон төрлийн механизмыг тооцож үзсэн байдаг [28].

1.2.2.2. Нүүрсний Давхаргын Метан-Хийн Салбарын Хөгжил

НДМ, НУМ болон ОУМ хийн олборлолт, ашиглалт ийнхүү анхаарал татаж өргөжих болсон нь нүүрсний арвин их нөөцтэй холбоотой бөгөөд дэлхий дээр одоо нийт 30 триллон тонн орчим нөөц бүхий нүүрсний ордуудад 234 триллон м³ метан хий

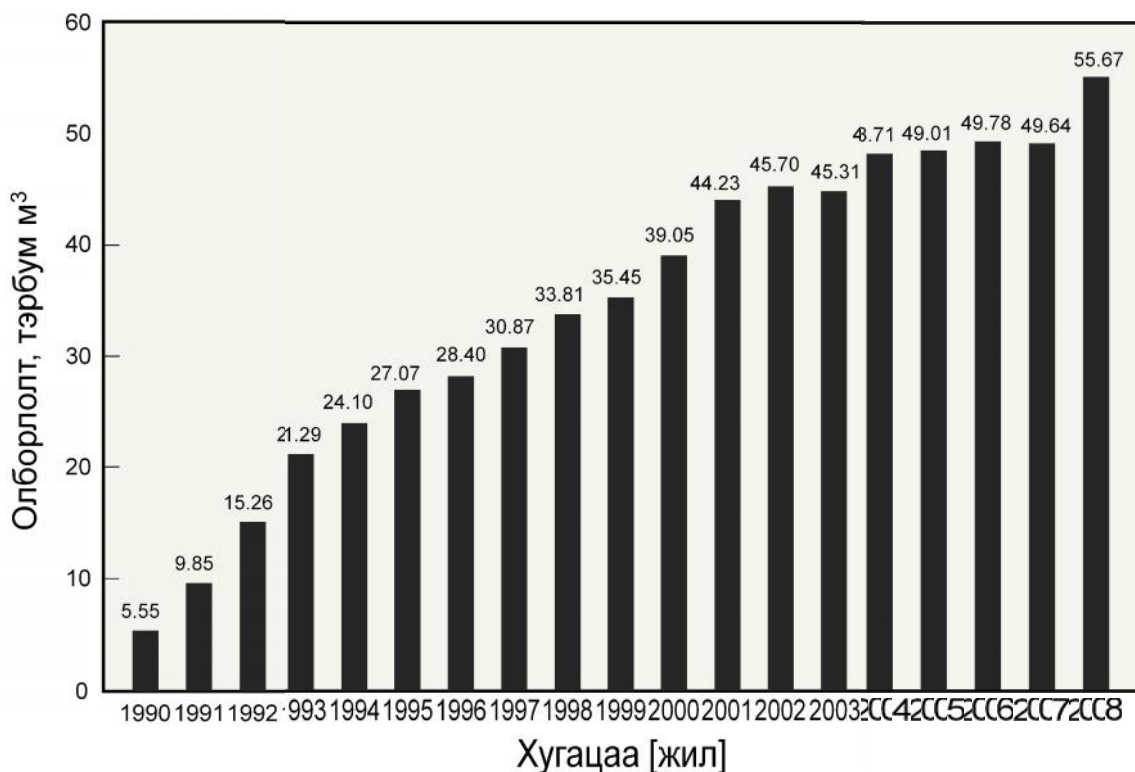
агуулагдаж байгаа тооцоо байдаг. Ихэнх ордуудын хувьд метан хийн нөөц нь газрын гадаргууд харьцангуй ойр байгаа тул өрөмдлөг, олборлолтын ажлыг харьцангуй хямд өртгөөр гүйцэтгэх боломжтой. Зарим орнуудад НДМ хийн хайгуул, олборлолтын ажил нь нүүрс болон метан хий олборлогч талуудын хооронд эзэмшлийн маргаан багагүй үүсгэдэг боловч ихэнх тохиолдолд АНУ-ын Дээд Шүүхийн 1998-8303 шийдвэрийг үндэс болгон хий олборлогч компануудын талд ашигтайгаар шийддэг байна.

НДМ, НУМ болон ОУМ хийн талаар өсөн нэмэгдэж буй сонирхол нь байгалийн хийн олборлолт буурч хэрэглээ өссөнөөс үүдэлтэй бөгөөд энэ нь цаашдаа хөгжингүй болон хөгжиж буй орнуудын хувьд нэлээн ээдрээтэй асуудал болох төлөвтэй байна. Нүүрсний ордуудаас ялгарч буй метан хий нь байгаль орчны дулааралд хүчтэй нөлөөлж буй хүлэмжийн хийнүүдийн нэг бөгөөд CH_4 нь нөлөөлөх потенциалын хэмжээгээрээ нүүрстөрөгчийн давхар ислээс даруй 22 – 23 дахин их учраас НДМ хийг олборлох, ашиглах явдалд дэлхий нийтээр онцгой анхаарал тавьж байна.

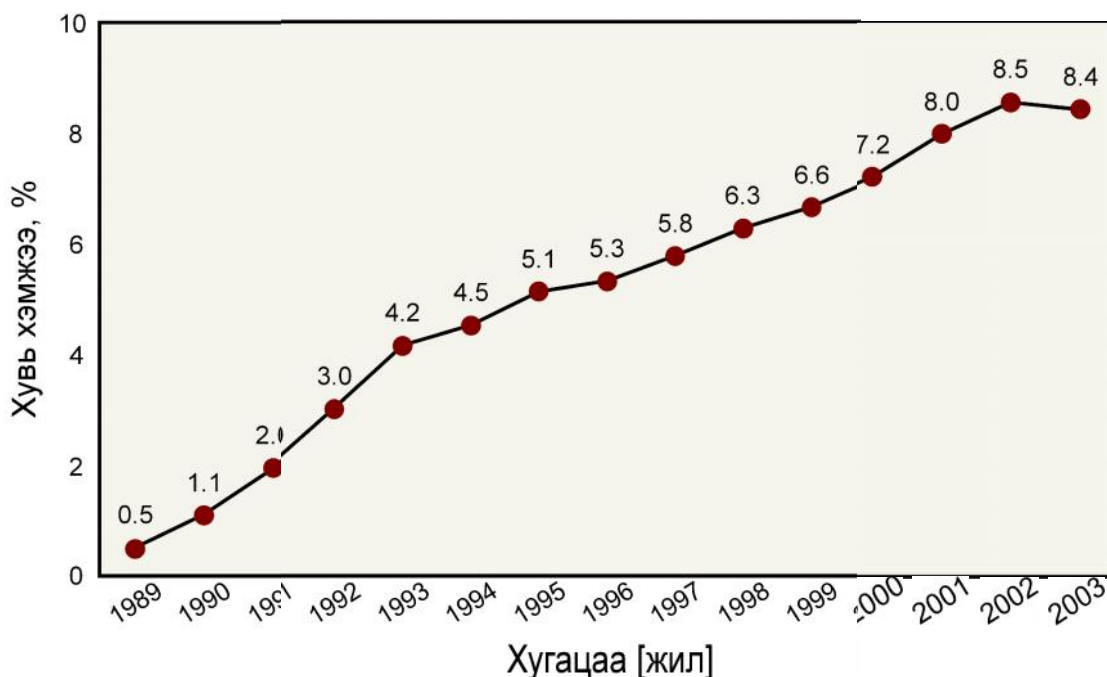
АНУ

НДМ хий нь анх 1810 – 1845 онуудад АНУ болон Францын нүүрсний гүний уурхайнуудад гардаг байсан дэлбэрэлтийн үеэс тэмдэглэгдэн үлдсэн байдаг бөгөөд одоо ч нүүрсний уурхайнуудын олборлолтын аюулгүй ажиллагаанд хүндрэл учруулсаар байна [34]. АНУ-д нүүрсний уурхайнуудын метан хийн агааржуулалтын ажлыг 1940 оноос Холбооны Нүүрсний Уурхайн Эрүүл Ахуй болон Аюулгүй Ажиллагааны Акт (ХНУЭАААА)-ын нэг бүлэг болгон баталжээ [35]. 1970-аад оны үед олборлолт явагдаж байгаа нүүрсний уурхайн метан (НУМ) болон нөөц нь дуусаад орхигдсон уурхайн метан (ОУМ) хийнүүдийг эрчим хүчний чухал эх үүсвэр хэмээн үзэх болсон бөгөөд уурхайн гүнд хуримтлагдсан метан хийг урьдчилан зайлуулж хуримтлуулан түүгээр цахилгаан эрчим хүч үйлдвэрлэн уурхайн тоног төхөөрөмжүүдийг ажиллуулж эхэлсэн нь уурхайн аюулгүй ажиллагааг хангаад зогсохгүй эдийн засгийн үр ашгийг дээшлүүлэх, хүлэмжийн хийг бууруулах тал дээр том дэвшил гарсан юм. АНУ-ын Конгресс “Түүхий нефтийн нэмүү өртөгийн татварын хууль” баталснаар 1980-аад онд олборлолт эхлээгүй шинэ нүүрсний уурхайнуудад НДМ хийг 1000 метр хүртэл гүнд өргөнөөр олборлож зах зээлд ниилүүлэх явдал орлого ихтэй бизнес болсон байна [36]. Энэхүү татварын хөшүүрэг нь 1980 – 1990 онуудад НДМ хий гэх мэт уламжлалт бус нүүрс-устөрөгчийн олборлолт, үйлдвэрлэлийг үлэмж нэмэгдүүлсэн бөгөөд борлуула лт нь 0.071 цент/МДж– 0.127 цент/МДж-ийн хооронд хэлбэлзэж байв. Эдгээр нь нүүрсний давхаргын метан хийн эдийн засгийн давуу талыг маш тодорхой харуулсан ба одоо НДМ хий нь АНУ-ын нийт байгалийн хийн үйлдвэрлэлд 8 %-ийг эзэлж байна. Одоогоор АНУ дахь НДМ хийн жилийн нийт олборлолт 55 тэрбум м^3 -т хүрсэн нь дэлхийн нийт олборлолтын 70 % бөгөөд үлдсэн хэсэг нь үндсэндээ Австрали, Канад, Энэтхэг улсуудад ноогдож байгаа болно. Их Британи, ХБНГУ, Хятад, Польш болон Чех улсууд нүүрсний уурхайн метан /НУМ/ болон ОУМ хийн олборлолтоор тэргүүлж байна [37]. НДМ хийн хайгуул, олборлолт нь 20 гаруй жилийн өмнө ихэнх уул уурхайн компанууд тийм ч их сонирхдоггүй салбар байсан тэр байдлаас тэс өөрчлөгдсөн бөгөөд одоо эрчим хүч, химийн үйлдвэрлэлийн чухал түүхий эд болохын хувьд бизнесийн том салбар болон хөгжсөөр байна. 10 болон 11-р зурагт АНУ дахь НДМ хийн олборлолтын өсөлт болон хийн нийт олборлолтонд НДМ хийн эзлэх хувийн жинг үзүүлэв [28]. 1989 – 2003 онуудад НДМ хийн батлагдсан нөөц хэрхэн өссөн өөрчлөлтийг 12-р зурагт үзүүлэв. Зургаас харахад, НДМ хийн хайгуулын ажил эрчимжсэн нь илт байгаа бөгөөд 1990-

ээд оны эхээр эрчимжсэн энэ процесст 1980 онд батлагдсан татварын хөнгөлөлтийн тухай хууль онцгой үүрэг гүйцэтгэсэн байна [28].



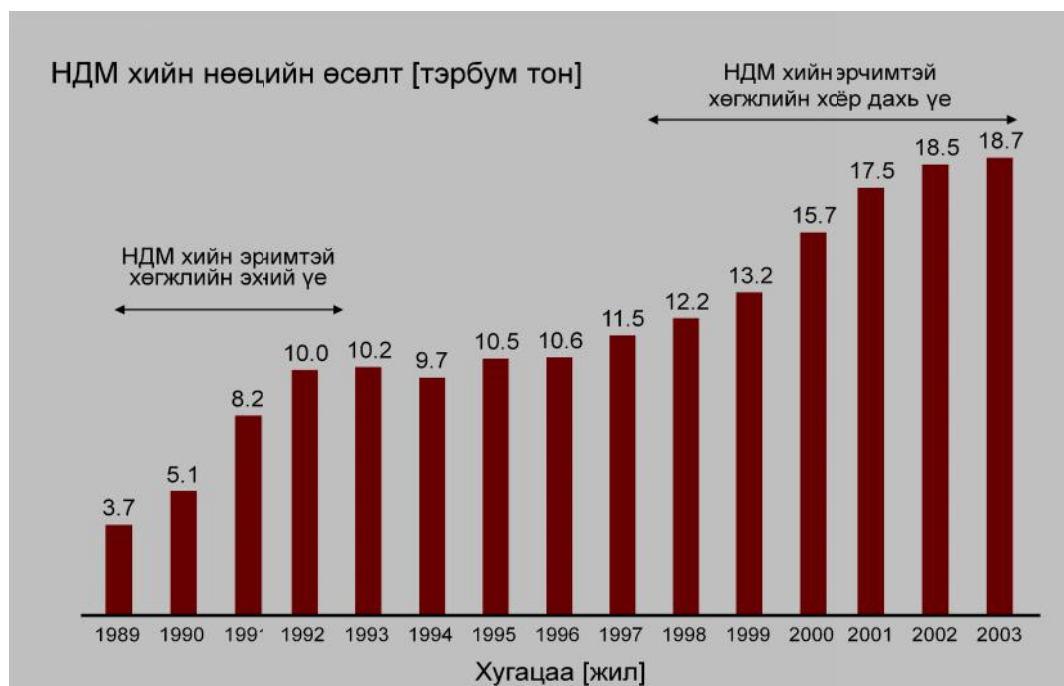
10-р зураг. АНУ-ын НДМ хийн олборлолт



11-р зураг. Хийн олборлолтонд НДМ хийн эзлэх хувийн жин

Үүний зэрэгцээ НДМ хийг дотоодын хийн үйлдвэрлэлийн салшгүй хэсэг болгоход шинэ техник, технологийн дэвшил онцгой үүрэг гүйцэтгэсэн байна. Ялангуяа НДМ хийн олборлолтын хийн үнийн өсөлт нь эдийн засгийн таатай нөхцөл бүрдсэнээр 1997 онд нь НДМ хийн механизмын судалгаа, хийн агуулгыг тодорхойлох изотермийн өндөр нарийвчлал бүхий аргачлал, тухайн сав газрын онцлогийг

тодорхойлох зориулалттай даралт болон цооногийн өгөгдлүүдийн хэмжилтийн аргачлал, сав газрыг загварчлах аргачлал боловсруулах зэрэг олон чиглэлээр үсрэнгүй дэвшил гарсан байна.



12-р зураг. АНУ-ын НДМ хийн нөөцийн өсөлт

Технологийн дэвшил болон НДМ хийн хайгуул, олборлолтын хоёр дахь эрчимтэй хөгжлийн үе эхэлсэн болох нь 2-р хүснэгтэд үзүүлсэнчлэн болон 12-р зургаас тодорхой харагдаж байна [28].

2-р хүснэгт. Байгалийн хийн үнийн өөрчлөлт

1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1.69	1.71	1.64	1.74	2.04	1.85	1.55	2.17	2.32	1.96	2.19	3.68	4.00	2.95	4.88

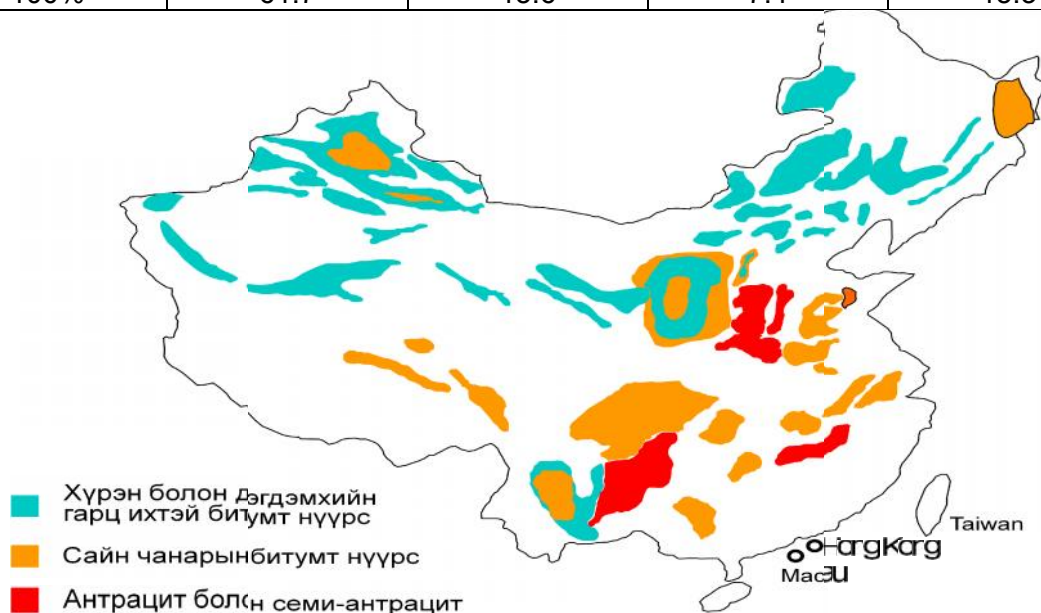
Судалгаа хийгдээгүй нүүрсний ордууд дээр шинээр хайгуулын ажил эхлүүлэх, түүнчлэн урд өмнө нь судалгаа хийгдсэн ордуудын хувьд илүү нарийвчилсан хайгуул хийсний үр дүнд НДМ хийн батлагдсан нөөц цаашид улам өсөх хандлага ажиглагдаж байгаа бөгөөд ирэх 20 жилд АНУ-ын байгалийн хийн олборлолтод НДМ хийн эзлэх хувь хэмжээ өсөх нь тодорхой байна.

Хятад

Хятадын эрчим хүчний анхдагч эх үүсвэрүүдийн 72 %-ийг нүүрс эзэлж байгаа бөгөөд түүхий нүүрс шууд шатаах замаар ашиглах нь агаарын бохирдлыг үлэмж хэмжээгээр нэмэгдүүлж байна. Тиймээс эрчим хүчний салбарт НДМ хийг аль болох түлхүү ашиглах нь эдийн засгийн болон экологийн хувьд эерэг нөлөө үзүүлэх давуу талтай. 13-р зурагт Хятадын нүүрсний сав газруудын байршилыг харуулав [38]. Хятадын Нүүрсний Геологийн Үндэсний Хороо (ХНГҮХ) тус улсын нүүрсний давхаргын метан (НДМ) хийн нийт нөөцөнд үнэлгээ хийсэн бөгөөд НДМ хийн нөөцийг Хойд, Зүүн Хойд, Баруун Хойд, Өмнөд гэсэн 5 үндсэн бүс нутагт хуваасан байна. Нийт 30 сав газар, ашиглахаар төлөвлөсөн 115 районд Хятадын нийт нөөц болох 32.6×10^{12} м³ НДМ хий агуулагдаж байгаа бөгөөд тэдгээрийн тархалтыг 3-р хүснэгтэд үзүүлэв [39].

Хүснэгт 3. Хятадын НДМ хийн нөөцийн тархалт 10^{12} м^3

Нийт	Хойд	Зүүн хойд	Баруун хойд	Өмнөд
32.6	20.1	5.1	2.4	5
100%	61.7	15.6	7.4	15.3



13-р зураг. Хятадын нүүрсний сав газруудын байршил, тархалт

Бүс нутгууд нь тектоникийн болон геологийн бүтэцтэй шууд холбоотой олон үзүүлэлтээр өвөрмөц бөгөөд нүүрсний ордууд, тэдгээрийн олборлолтын үйл ажиллагаанд шууд хамааралтай гол шинж чанаруудыг дурьдвал;

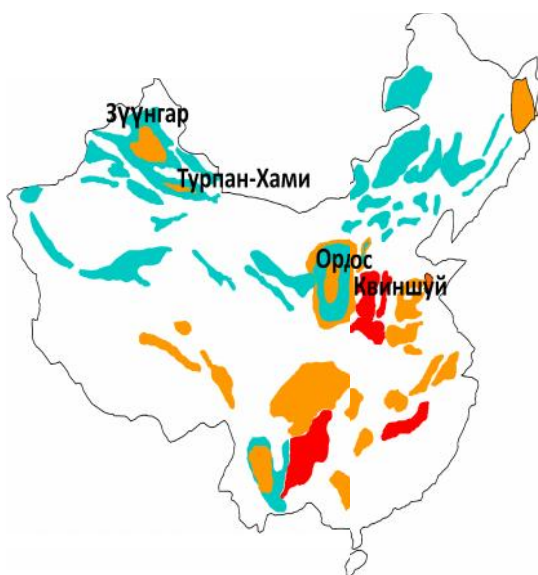
- Хойд бүс нь эх газрын чулуулаг суурь бүхий газарзүйн хувьд тогтвортой платформ голлох бөгөөд нүүрсний үндсэн сав газрууд нь Тайксинг-Шандоу, Квиншуи, Данинг, Ордос, Хэдонг, Юкси, Шухуаи, Хуайнан болно.
- Зүүн Хойд Энэ бүс нутгийн нүүрсний ордууд ан цав бүхий сав газарт байрлах бөгөөд тасралтгүй үргэлжилсэн нүүрсний зузаан үе, давхаргуудтай. Нүүрсний үндсэн сав газрууд нь Санжианг-Мулингхэ, Сонглиао, Донхуа-Фушун болон Хонгян-Хунжианг зэрэг юм.
- Баруун Хойд Энэхүү бүс нутаг нь гол төлөв далай тэнгисийн тундас бүхий чийглэг орчин бөгөөд Тарим, Квайдам, Зүүнгар зэрэг үндсэн ордуудтай.
- Өмнөд Газарзүйн байрлалын хувьд үелсэн давхаргуудаас бүрдсэн бөгөөд нүүрсний давхаргууд нь нимгэн, хойд болон зүүн хойд бүсүүдтэй харьцуулбал ордууд нь үе үе тасарсан байдал ажиглагддаг. Үндсэн ордууд: Чуаннон-Квианбэй, Хуаингшан-Ёнгронг болон Лианпаншуй болно.

Одоо ашиглагдаж буй техник-технологийн тусламжтайгаар хялбар олборлох боломжтой НДМ хийн нөөц нь 8.6 тэрбум м^3 -ээр хэмжигдэж байгаа бөгөөд тэдгээр нөөцийн хэмжээ, байрлалыг 4-р хүснэгт, 14-р зургаар тус тус харуулав [38].

4-р хүснэгт. Олборлох боломжтой НДМ хийн нөөц

Сав газрууд	Техникийн хувьд олборлох боломжтой нөөц, $10^{12}, \text{ м}^3$	Хувь хэмжээ, %
Ордос	4.24	30.5
Квиншуй	1.59	11.5
Турпан-Хами	1.43	10.0
Зүүнгар	1.33	10.0

Хүснэгт 5. Хятадын НДМ хийн хамгийн их нөөцтэй сав газрууд



Сав газрууд	НДМ хийн нөөц, 10^{12} , м ³
Ордос	10.81
Квиншуй	5.52
Туха	2.63
Зүүнгар	1.96
Юкси	1.65
Лианпаншуй	1.51
Вайпай	1.22
Чуаннон-Квианбэй	1.04
Тарим	0.75
Хуокси	0.74

14-р зураг. Техникийн хувьд хялбар олборлох боломжтой НДМ хийн сав газруудын байрлал

Хамгийн их НДМ хийн нөөцтэй Хятадын 10 сав газрыг үзүүлбэл [39]: 1950-аад оноос Хятадын нүүрсний гүний уурхайнууд нүүрс олборлолтын явцад метан хийг агааржуулалтын аргаар газрын гадаргуу руу вентиляцийн аргаар зайлуулдаг байсан бөгөөд энэ нь зөвхөн уурхайн аюулгүй ажиллагаатай уялдсан асуудал байлаа. 6-р хүснэгтэд саяхныг хүртэл хэрэглэж байсан нүүрсний ордуудын метан хийн агааржуулалтын төлөв байдлыг харуулав [38].

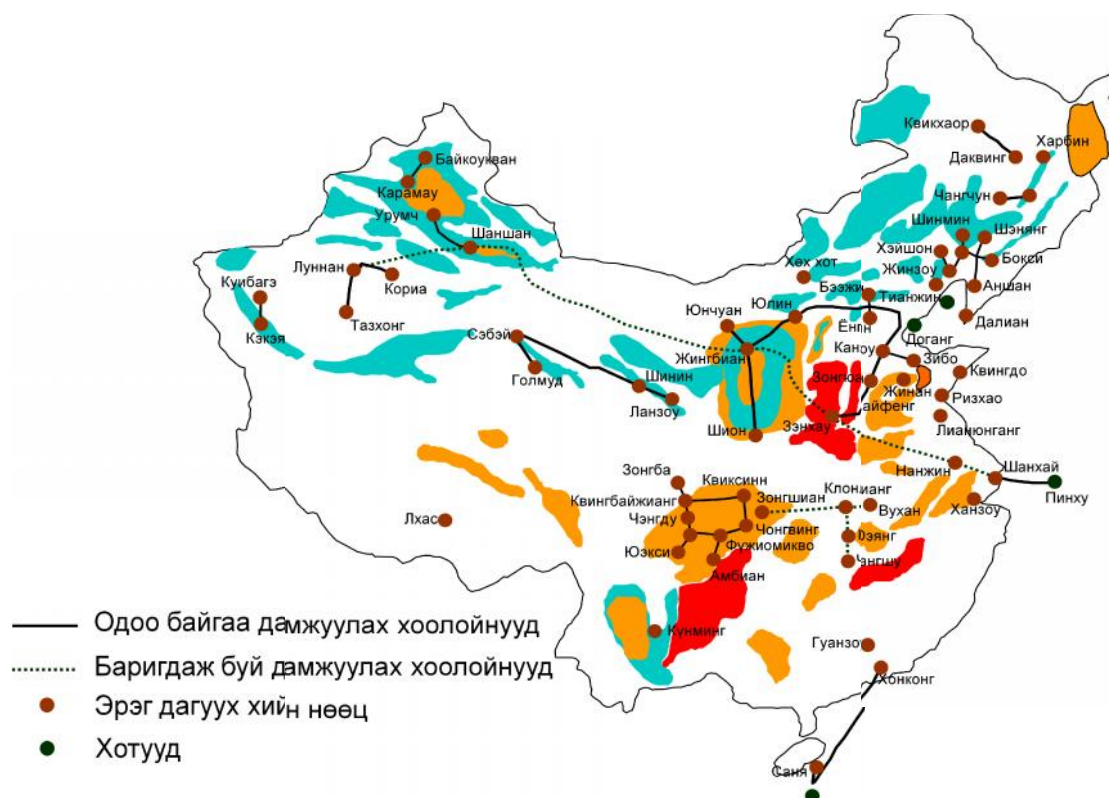
6-р хүснэгт. Хятадын НДМ хийн хамгийн их нөөцтэй сав газрууд

Он	Метан хийн агааржуулалт, тэрбум м ³
1990	0.4340
1991	0.4580
1992	0.5340
1993	0.5300
1994	0.5640
1995	0.6000
1996	0.6300
1997	0.7290
1998	0.7420
1999	0.8350
2000	0.8660
2001	0.9840
2002	1.1460
2003	1.5200
Нийлбэр	10.57

1990-ээд оноос Хятад улс НДМ хийг олборлох, ашиглах зорилгоор гадаад орнуудаас технологи нэвтрүүлэх ажлыг эрчимтэй эхэлсэн бөгөөд одоо судалгаа шинжилгээ,

хайгуул, олборлолтын ажил өргөн далайцтай өрнөж байна. 1990 оноос хойш 30 гаруй нүүрсний талбайд НДМ хийн хайгуулын өрөмдлөгийн нийт 150 туршилтын цооног өрөмдөж метан хийн геологийн талаарх параметр, үзүүлэлтүүдийг тодорхойлж, Лиулин, Жинченг (Шанкси), Даченг (Хэбэй), Тиефа (Лианонинг) зэрэг нүүрсний ордуудад үйлдвэрлэлийн зориулалтаар ашиглаж болохуйц метан хийн нөөцийг тогтоожээ. 1998 он хүртэл угсарч бэлтгэсэн НДМ хийн өрөмдлөгийн нийт 142 цооногоос: газрын тосны сектор 25, нүүрсний сектор 43, НҮБ-ийн хөгжлийн программын шугамаар 14, Газрын болон Нөөцийн Агентлаг 22, Хятадын НДМ хийн нэгдсэн компани 26, гадаадын компаниуд 11, орон нутгийн засаг захиргааны хөрөнгө оруулалтаар 1 цооногийг тус тус ашиглалтанд оруулсан байна. Нийт 142 цооногийн 79 нь геологийн болон геофизикийн мэдээлэл цуглуулах зорилгоор, 63 нь метан хий соруулж олборлох туршилтын зориулалтаар баригдсан байна. Метан хий соруулах зориулалт бүхий цооногуудын хүчин чадлыг авч үзвэл: 11 нь 2000 м³/х-оос, 9 нь 3000 м³/х-оос, 6 нь 4000 м³/х-оос давсан байна. Эдгээр цооногуудын дотор Жинченг No.1, Ханченг No.1, L7-3 орж байгаа юм. 1999 оны сүүл гэхэд нийт 156 НДМ хий олборлох цооног ашиглалтанд оруулсан бол 2000 оны төгсгөлд энэ тоо 190-д хүрч нийлбэр 100 тэрбум м³ метан хийн нөөц нэмж батлагдсан бөгөөд хамгийн их олборлолт бүхий цооногийн хүчин чад ал 16000 м³/өдөр хүрч байсан байна. Одоо метан хийн олборлолтын туршилт явагдаж буй НДМ хийн цооногийн тоо 300 хүрсэн ба ихэнх нь Шанши мужид байрладаг. Харин 2007 он гэхэд нийт 1843 НДМ хийн цооног өрөмдсөн бөгөөд нэг цооногийн дундаж хүчин чадал 2000 м³/хоног хүрчээ. Түүнчлэн Хятадын Нүүрсний Давхаргын Метан Хийн Нэгдсэн Компани (СUCBM) болон Петрочайна Компаниуд хамтран жилд 1 тэрбум м³ метан хий олборлох хүчин чадалтай НДМ хийн байгууламж Квиншуйгийн сав газарт байгуулжээ. Хятад нь хамгийн том нүүрс олборлогч бөгөөд түүнчлэн хамгийн их метан ялгаруулдаг орон юм. Гүний уурхайн нүүрсний олборлолтын төлөв байдал дээр үндэслэн АНУ -ын Байгаль Орчны Хамгаалалтын Агентлагаас гаргасан мэдээгээр бол Хятадын вентиляцийн метан хий (ВМХ)-н ялгаралт 2000 – 2020 оны хооронд бараг 40%-аар өсөх төлөвтэй байна. Олборлож буй нэг тонн нүүрс тутмаас дунджаар 6.8 м³ ВМХ ялгарч байгаа болно. Хятадын нүүрсний ордуудын 45 гаруй хувь метан хийн баялаг агуулгатай нь батлагдсан бөгөөд жилд бараг 1.3 тэрбум м³ метан хий эдгээр ордуудаас агаар мандалд алдагдаж байна. НДМ хийн нөөцөөрөө дэлхийд 3-т орж байгаагийн хувьд Хятад нь эрчим хүчний цэвэр технологид суурилсан эдийн засгийг хөгжүүлэх тал дээр онцгой анхаарч байгаа бөгөөд алтернатив түүхий эдийн хувьд НДМ хийг ашигласнаар нүүрсний уурхайнуудын олборлолтын аюулгүй ажиллагааг ч хангах давхар ач холбогдолтой. Түүнчлэн нүүрсээр төдийгүй НДМ хийгээр баян орны хувьд 1990-ээд оноос НДМ хийг олборлох, ашиглах талаар туршилтын үйл ажиллагааг эхлүүлсэн бөгөөд эдгээр ажлуудыг гол төлөв нүүрсний болон нефтийн, мөн геологи, эрдэс баялгийн салбарын аж ахуйн нэгжүүд гүйцэтгэж байв. Гадаадын компаниуд ч Хятадад энэ чиглэлээр үйл ажиллагаа явуулж эхэлсэн болно. Хятадын засгийн газар НДМ хийн жилийн олборлолтыг 2010 онд жилд 10 тэрбум м³, 2020 он гэхэд 40 тэрбум м³-д хүргэх зорилго тавин ажиллаж байгаа бөгөөд метан хийн шингэрүүлэлтийн маш том төсөл хэрэгжүүлж эхлээд байна [38]. НДМ хийн гол нөөц бүхий нүүрсний ордууд эдийн засгийн өндөр хурдацтай хөгжиж буй бүс нутгуудаас хол оршиж байгаа учраас хийн үйлдвэрлэлийг хөгжүүлэхэд дэд бүтэц дутагдалтай байгаа юм. Хүн амын 40 орчим хувь оршин суудаг зүүн бүсийн нутгууд нь нийт үндэсний бүтээгдхүүний 60 илүү хувийг үйлдвэрлэж байгаа бөгөөд нэг хүнд ноогдох үндэсний орлогоор төвийн бүсээс 2 дахин, баруун бүсээс 3 дахин өндөр байна. НДМ хийг олборлож ашигласнаар метан хийн дэлбэрэлтээс үүсэх аюул ослыг зайлуулж

уурхайн аюулгүй ажиллагааг бүрэн хангаад зогсохгүй метан хийг үйлдвэрлэлийн зориулалтаар ашигласнаар дэлхийн дулаарлын явцыг сааруулах эерэг нөлөөтэй учраас Хятад улс энэ асуудлыг төрийн бодлогын түвшинд авч үзэж байгаа болно. Баруун болон зүүн бүсийг холбосон метан хий дамжуулах хоолойг 2004 онд ашиглалтанд оруулсан бөгөөд үүний үр дүнд Шинжаан дахь Таримын сав газраас Шанхай хүртэл НДМ хийг тээвэрлэн ашиглах том боломж бий болж байна. 30 жилийн турш хийгээр тогтвортой хангах 4000 км урттай энэхүү хоолой нь 10 бие даасан бүс нутаг, муж болон автономит районуудыг дайрах бөгөөд жилд 12 тэрбум м³ хий дамжуулах хүчин чадалтай. 15-р зурагт Хятадын хий дамжуулах хоолойн төлөв байдлыг харуулав [38].



15-р зураг. Хятадын хий дамжуулах хоолойн төлөв байрлал

Орон нутгийн эдийн засгийн хөгжлийн агентлагуудын мэдээлснээр нүүрсний нөөц ихтэй Нингсиа, Шаанкси, Шанкси зэрэг мужуудад нүүрс-химийн үйлдвэр хөгжүүлэх зорилгоор 6 тэрбум долларын хөрөнгө оруулахаар төлөвлөж байна. Америк-Хятадын эдийн засгийн хоёрдугаар уулзалтын үеэр НДМ хийг олборлох 15 томоохон төсөл хэрэгжүүлэх тал дээр төлөвлөгөө боловсруулж, эдгээр төслүүдэд Америкийн талаас 6 компани, Хятадын талаас Хятадын Нүүрсний Давхаргын Метан Хийн Нэгдсэн Компани (ХНДМХНК) удахгүй хамтран ажиллахаар боллоо [38]. НДМ хийн үйлдвэрлэлийг эрчимжүүлэх зорилгоор Хятадад НДМ хийн инженерчлэл, судалгааны хоёр үндэсний төв байгуулагдан 10 туршилтын төсөл эхлүүлэхээр төлөвлөсөн бөгөөд 2010 оны төгсгөл гэхэд НДМ хийн батлагдсан нөөцөө 300 тэрбумаар нэмэгдүүлэх зорилт дэвшүүлжээ. Түүнчлэн НДМ хийг төгс ашиглах зорилгоор аж үйлдвэрлэлийн цогцолбор систем бий болгохоор төлөвлөж байна. Ирэх 5 жилд Хятад улс нүүрсний зөв зохистой боловсруулалтын чиглэлээр дорвитой алхам хийсний үр дүнд энэ салбарт хөрөнгө оруулах гадны компануудын хувьд үлэмж ашигтай бизнес цэцэглэн хөгжих нь дамжиггүй юм.

Бусад орнууд

Дэлхийн бусад улсуудад нүүрсний давхаргын метан хийн хайгуул, олборлолт, ашиглалт улам бүр идэвхжих хандлагатай байгаа бөгөөд тухайлбал, нүүрсний нөөцөөр баялаг бөгөөд НДМ хийн олборлолт 1995 он хүртэл хийдэггүй байсан Австрали улс 2003 онд нийт 40 петажоуль, 2006 онд 80 петажоуль НДМ хий олборлож ашигласны 73 петажоуль нь Квинсланд мужид ноогдож байна. Энэ нь тус муж улсын нийт хийн түлшний хэрэгцээний 63 % юм. 2020 он гэхэд Австралийн зүүн муж улсуудын хийн түлшний нийт хэрэгцээний 35 – 50 хувийг НДМ хийгээр хангах төлөвтэй байна /www.australianminesatlas.gov.au/. НДМ хийг ахуйн зориулалтаар болон эрчим хүчний үйлдвэрлэхэд ашиглаж байна. Их Британийн хувьд НУМ хийг олон жилийн турш ашигласаар ирсэн бөгөөд энэ чиглэлээр асар их туршлага хуримтлуулсан. Сүүлийн хэдэн жилд ОУМ хийг ашиглах чиглэлээр эрчимтэй ажиллаж байна. НДМ хийг судлах, ашиглах үйл ажиллагаа 1992 оноос эхэлсэн бөгөөд НДМ хийн олборлогч компаниуд болон эрчим хүчний компаниудын хоорондын хамтын ажиллагаа эрчимжсэн нь энэ чиглэлийн бизнесийг улам өргөжин тэлэхэд хүргэсэн байна. Их Британид НДМ хийг хэрхэн ашиглаж буй талаарх мэдээллийг 7-р хүснэгтэд сийрүүлэв.

7-р хүснэгт. Их Британийн НДМ хийн ашиглалтын төлөв байдал

Үйлдвэрлэгчид	Байршил	Бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэл	Хүчин чадал, МВт
Alkane Energy	Markham, Derbyshire	Бойлер, дулаан /халуун ус/	6
Alkane Energy	Steetley, Nottingham shire	ДШХ, цахилгаан эрчим хүч	3
Alkane Energy	Shirebrook, Derbyshire	ДШХ, цахилгаан эрчим хүч	9
Ostagon	Silverdale, Staffordshire	ДШХ, цахилгаан эрчим хүч	9
Ostagon	Hickleton, South Yorkshire	ДШХ, цахилгаан эрчим хүч	5.5
StrataGas	Bentinck, Nottinghamshire	ДШХ, цахилгаан эрчим хүч	10
Hyder	Tower colliery, South Wales	ДШХ, цахилгаан эрчим хүч	8
UK Coal Mining	Harworth colliery, North Yorkshire	УХТ, цахилгаан эрчим хүч	14

ДШХ: Дотоод шаталтат хөдөлгүүр

Канадад НДМ хийг ашиглах судалгаа, төслийн ажлууд 1990-ээд онд эхэлсэн боловч 2000 он хүртэл тийм ч эрчимтэй хөгжиж чадаагүй. Харин сүүлийн 4 жилд 6000 орчим НДМ хийн цооног өрөмдсөн бөгөөд одоо олборлолт нь өдөрт 14 сая м³-т хүрчээ. НДМ хийн үйлдвэрлэл нь Алберта мужид төвлөрч байгаа ба нийт метан хийн 85 % -ийг 200 – 1000 метрийн гүнээс олборлож байна. 200 – 1000 метрийн гүнд НДМ хийн нөөц 1 триллон м³-ээр хэмжигдэж байгаа бол 500 – 2000 метрийн гүнд байгаа нөөц нь бараг 10 триллон хүрч байгаа ажээ. Албертагаас өөр мужуудад НДМ хийн нийт 60 орчим цооног өрөмдсөн ба цаашид энэ чиглэлээр судалгаа, шинжилгээний ажил өргөжиж байгаа болно. Энэтхэг улсын НДМ хийн нөөц одоогийн байдлаар 1.5 – 2 триллон м³-ээр хэмжигдэж байгаа бөгөөд нийт НДМ хийн 26 блок үйл ажиллагаа

явуулж эхлээд байна. Эдгээр блокуудын талаарх ерөнхий мэдээллийг 8-р хүснэгтэд харууллаа.

8-р хүснэгт. Энэтхэгийн НДМ хийн цооногууд

Байршил, мужаар	Блокын тоо	Талбай, км²
West Bengal	4	1308
Jharkhand	6	1326
Madhya Pradesh	5	2648
Rajasthan	4	3972
Chattisgarh	3	1917
Andhra Pradesh	2	1136
Maharashtra	1	503
Gujarat	1	790
Нийт	26	13600

ХОЁРДУГААР БҮЛЭГ. СУДАЛГААНЫ МАТЕРИАЛ, АРГА ЗҮЙ

“Нүүрсний иж бүрэн боловсруулалтын судалгаа” шинжлэх ухаан технологийн төслийн хүрээнд нүүрс хийжүүлэх реактор зохион бүтээх, нүүрсний давхаргын метан хийн нөөцийг тооцоолох зорилго тавьж ажиллалаа. Реакторыг орчин үеийн химийн аж үйлдвэр болоод лабораторийн автоматжуулсан төхөөрөмжүүдийг удирдаж зохицуулдаг Labview программ ашиглан хянаж, удирдана. Тооцоонд элсний хэлбэр дүрс (sphericity) болон дүүргэлтийн хэмжээ (voidage) чухал үүрэгтэй бөгөөд бөмбөлөг хэлбэрийн кварц элс ашиглана гэсэн үндсэн дээр тооцоог хийлээ. Өндөр температур болон даралт нь агаарын зууралдлага ба нягтад нөлөөлдөг тул дээр өгөгдсөн нөхцөлд тухайн өгөгдхүүнүүдийг (5) ба (6) томъёонуудаар тооцоолон нягтыг 9-р, динамик зууралдлагыг 10-р хүснэгтэд харууллаа.

$$\rho = \frac{M \times 273 \times P}{22,4 \times T \times P_0} \quad (5)$$

9-р хүснэгт

Янз бүрийн температур ба даралт дахь агаарын нягт, кг/м³.

Даралт, бар	Температур, °C				
	20	700	800	900	1000
1	1.206	0.3632	0.329	0.301	0.277
5	6.0313	1.816	1.647	1.506	1.388
10	12.062	3.632	3.294	3.013	2.776
15	18.094	5.448	4.94	4.519	4.164

$$\mu_p = \mu_{HT} \cdot 1 + \alpha \cdot (P - P_s) \quad \alpha = 8.1 \cdot 10^{-3} \cdot \mu_{HT}^{0.291} \quad (6)$$

10-р хүснэгт

Янз бүрийн температур ба даралт дахь агаарын динамик зууралдлага, кгм⁻¹с⁻¹

Даралт, бар	Температур, °C				
	20	700	800	900	1000
1	0.000018	0.000042	0.00004456	0.00004699	0.0000493
5	0.00001816	0.00004248	0.00004507	0.00004754	0.00004989
10	0.00001836	0.000043	0.0000457	0.00004824	0.00005064
15	0.00001884	0.00004361	0.00004639	0.00004895	0.0000514

“Буцлагч үеийн инженерийн асуудал” номыг [11] голлон түшиглэж тооцоогоо хийсэн ба ашигласан томъёонуудыг доор харууллаа.

$$Ar = \frac{d_p^3 \rho_g (\rho_s - \rho_g) g}{\mu^2} \quad (7)$$

$$Re_{mf} = (33.7 + 0.0408 Ar)^{0.5} - 33.7 \quad (8)$$

$$U_{mf} = \frac{d_p^2 (\rho_s - \rho_g) g}{150 \mu} \cdot \frac{\varepsilon_{mf}^5 \varphi^2}{1 - \varepsilon_{mf}} \quad Re_{p,mf} < 20 \quad (9)$$

$$U_{mf}^2 = \frac{d_p (\rho_s - \rho_g) g}{24.5 \rho_g} \quad Re_{p,mf} > 1000 \quad (10)$$

$$\frac{U_{mb}}{U_{mf}} = \frac{2300 \rho_f^{0.146} \mu^{0.523} \exp(0.716F)}{d_p^{0.8} g^{0.934} (\rho_p - \rho_f)^{0.934}} \quad (11)$$

$$d_p^* = d_p \left[\frac{\rho_g (\rho_s - \rho_g) g}{\mu^2} \right]^{1/3} = Ar^{1/3} = \left(\frac{3}{4} C_D Re_p^2 \right)^{1/3}$$

$$u^* = u \left[\frac{\rho_g^2}{\mu (\rho_s - \rho_g) g} \right]^{1/3} = \frac{Re_p}{Ar^{1/3}} = \left(\frac{4 Re_p}{3 C_D} \right)^{1/3}$$

$$u_t^* = \left[\frac{18}{(d_p^*)^2} + \frac{2.335 - 1.744 \varphi_s}{(d_p^*)^{0.5}} \right]^{-1} \quad 0.5 < \varphi_s < 1$$

$$u_t = u_t^* \left[\frac{\mu (\rho_s - \rho_g) g}{\rho_g^2} \right]^{1/3} \quad (12)$$

Энэ реакторт буцлагч үе (Fluidized bed) үүсгэн хийжүүлэлтийн процессыг явуулах бөгөөд үе үүсгэгчээр хүчлээр угаасан кварц элс ашиглана. Энэ удаа зөвхөн агаарыг ашиглан буцлагч үе үүсгэхээр бодож буцлах хамгийн бага хурд, хөөсрөх хамгийн бага хурд болон хязгаар хурдыг гаргалаа. Элсний ширхэглэлийг дунджаар 100, 150, 200, 225, 250 ба 300 мкм, буцлагч үе үүсгэх хурдуудыг 20, 700, 800, 900 ба 1000 °C-ын температур, 1, 5, 10 ба 15 барын даралтад тооцоолов.

Реактортой холбоотой багаж, төхөөрөмжийн жагсаалт

Хроматографийн насос

АНУ-ын Laballiance фирмийн Prep pump100 хроматографийн насосоор нэрмэл усыг уурын генератор руу шахаж, үүссэн хэт халсан уур хийжүүлэлтийн генератор руу орж үндсэн процесст оролцоно. Энэ насос нь 0,1-100 мл/мин хурдтай, 4000 пси (276 бар буюу 272 атм.) даралтаар усыг шахах бололцоотой. Урсгал хурдны алдаа 2% буюу 0,20 мл/мин. Энэ насосыг 10-30 °C-ийн температур, 20-90 % чийгшилтэй орчинд ашиглах бололцоотой. Насосноос RS232 холбоосыг ашиглан мэдээлэл авах бололцоотой. Хөөсрөлт 4%.

Хийн анализатор

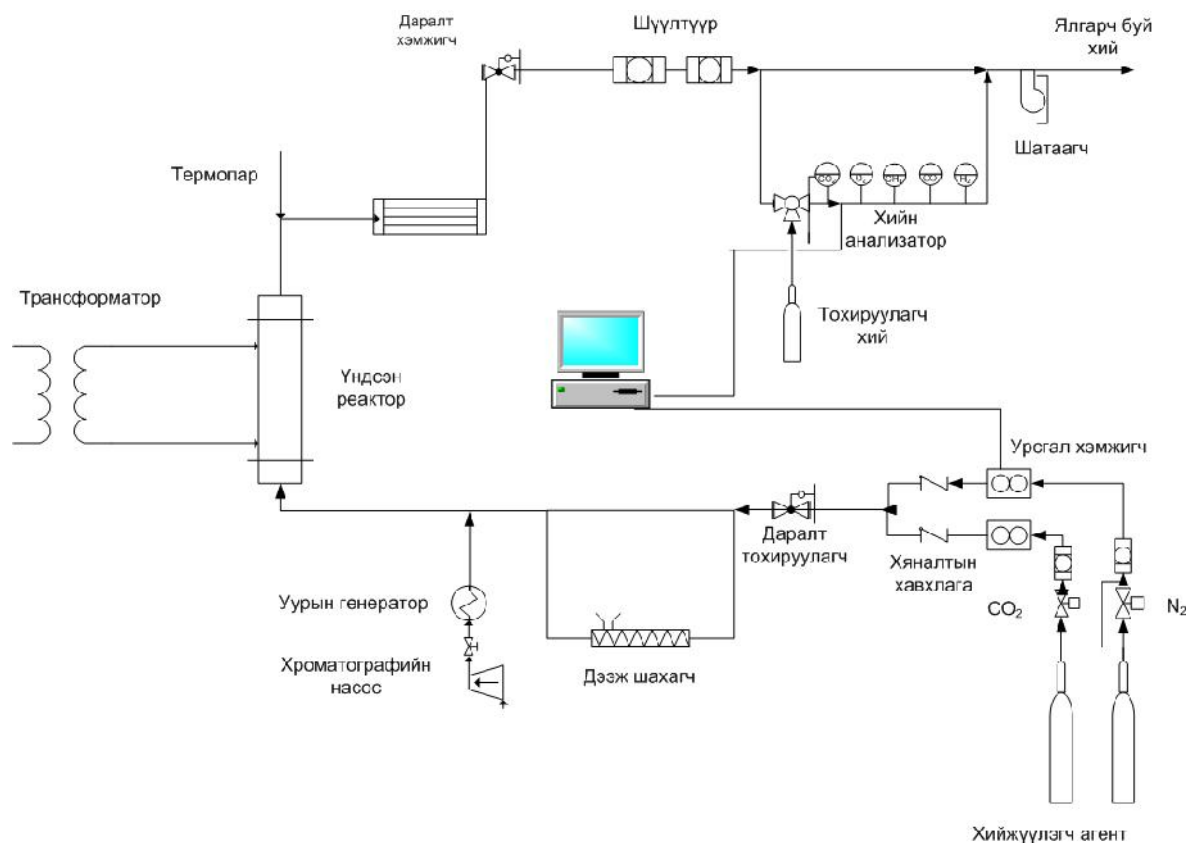
Хятадын Вухан опто Электроник компанид үйлдвэрлэсэн Gasboard-3100 хийн анализаторыг туршилтад ашиглах бөгөөд эл төхөөрөмж нь дараахь хийнүүдийг заасан хязгаарт тодорхойлох боломжтой. Үүнд: CO: 0-100%, CO₂: 0-50%, CH₄: 0-10%, H₂: 0-50%, O₂: 0-25%. Энэ багаж нь өөрөө LCD дэлгэцтэйгээс гадна 4-20mA болон RS232 гаралттай тул эл холбоосуудыг ашиглан мэдээллийг компьютерт оруулах боломжтой юм. Энэ багаж нь дисперсийн биш нил улаан туяаны (Nondispersive Infrared- NDIR) болон TCD) детектортой.

ГУРАВДУГААР БҮЛЭГ. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

3.1. НҮҮРСНИЙ ХИЙЖҮҮЛЭЛТИЙН РЕАКТОР ЗОХИОН БҮТЭЭХ СУДАЛГАА

3.1.1. Хийжүүлэгч реакторт буцлагч үе үүсгэх тооцоо

“Нүүрсний иж бүрэн боловсруулалтын судалгаа” шинжлэх ухаан технологийн төслөөр өндөр даралт, температурт үеэр болон буцлагч гадаргууд хийжүүлэх боломжтой, автомат удирдлагатай, бага оврын лабораторийн реактор зохион бүтээв. Эл реакторын үндсэн эд ангиудыг 16-р зургаар тоймлон үзүүллээ.



16-р зураг. Хийжүүлэлтийн реакторын ерөнхий схем

Үеэр хийжүүлэх (fixed bed) реактор зохион бүтээхдээ хамгийн түрүүнд үеийн хэмжээ, шинж чанарыг тооцох ёстой бол буцлагч үед ажилладаг реакторын хувьд буцлагч үе үүсэх нөхцлийг онолоор тооцоолох ёстой бөгөөд энэхүү тооцоогоо туршилтаар баталгаажуулан урвал явуулах нөхцлийг тодорхойлдог. Хийн генераторт буцлагч үе үүсэх тооцоог хийхдээ буцлах хамгийн бага хурд (minimum fluidization velocity U_{mf}), хөөсрөх хамгийн бага хурд (minimum bubbling velocity U_{mb}) болон хязгаар хурд (terminal velocity U_t) -г тооцоолох шаардлагатай. Урьд нь энэ төрлийн онолын тооцоо Монголд нэг их хийгдэж байгаагүй тул энэхүү тайланд орсон зарим нэр томъёоны монгол нэр оновчтой бус болсон байж магадгүй. Даралт болон температур нь хийжүүлэгч агентийн шинж чанарт, тухайлбал нягт, зууралдлагад нөлөөлдөг тул хийжүүлэлтийн процесс явуулах нөхцлийг янз бүрийн даралт болон температурт тооцоолох хэрэгтэй. Буцлах хамгийн бага хурд гэдэг нь реактор доторхи буцлагч үе буюу элс дөнгөж хөдөлж, хөөрч эхлэх үеийн хурд бөгөөд үүнийг (U_{mf}) тооцоолоход Рейнольдсын болон Архимедийн шалгуур үзүүлэлтүүдийг олох шаардлагатай тул (7) ба (8) томъёонуудыг ашиглан дээрхи үзүүлэлтүүдийг гарган аваад үр дүнг 11, 12-р хүснэгтэд үзүүлэв.

11-р хүснэгт. Янз бүрийн даралт болон температурт тооцсон Архимедийн шалгуур үзүүлэлтүүд

Температур, (°C)	Диаметр,(мм) Даралт, (бар)	100	150	200	225	250	300
		20	1	94.89	320.27	759.16	1080.91
5	18.94		63.94	151.58	215.82	296	511.6
10	9.45		31.89	75.61	107.65	147.67	255.2
15	6.28		21.21	50.29	71.6	98.22	169.7
700	1	5.25	17.72	42	59.81	82.04	141.7
	5	1.05	3.54	8.39	11.95	16.4	28.3
	10	0.52	1.77	4.19	5.97	8.19	14.16
	15	0.35	1.18	2.79	3.97	5.45	9.43
800	1	4.22	14.26	33.8	48.13	66.02	114.1
	5	0.84	2.85	6.76	9.63	13.21	22.8
	10	0.42	1.42	3.38	4.81	6.6	11.41
	15	0.28	0.95	2.25	3.2	4.39	7.6
900	1	3.47	11.73	27.81	39.6	54.32	93.8
	5	0.69	2.34	5.56	7.91	10.86	18.7
	10	0.34	1.17	2.87	3.96	5.43	9.38
	15	0.23	0.78	1.85	2.63	3.62	6.25
1000	1	2.9	9.8	23.25	33.1	45.42	78.5
	5	0.58	1.96	4.65	6.63	9.1	15.7
	10	0.29	0.98	2.32	3.31	4.54	7.8
	15	0.19	0.65	1.55	2.2	3.02	5.23

12-р хүснэгт. Янз бүрийн даралт болон температурт тооцсон Рейнольдсын шалгуур

Температур, (°C)	Диаметр,(мм) Даралт, (бар)	0.0001	0.00015	0.0002	0.000225	0.00025	0.0003
		20	1	-27.89	-27.89	-27.89	-27.9
5	-27.89		-27.89	-27.89	-27.9	-27.89	-27.89
10	-27.89		-27.89	-27.85	-27.9	-27.89	-27.89
15	-27.89		-27.89	-27.85	-27.9	-27.89	-27.89
700	1	-27.88	-27.83	-27.75	-27.7	-27.61	-27.42
	5	-27.89	-27.88	-27.87	-27.9	-27.84	-27.8
	10	-27.89	-27.89	-27.88	-27.9	-27.87	-27.85
	15	-27.89	-27.89	-27.89	-27.9	-27.88	-27.86
800	1	-27.88	-27.84	-27.78	-27.7	-27.67	-27.51
	5	-27.89	-27.88	-27.87	-27.9	-27.85	-27.82
	10	-27.89	-27.89	-27.88	-27.9	-27.87	-27.85
	15	-27.89	-27.89	-27.89	-27.9	-27.88	-27.87
900	1	-27.88	-27.85	-27.8	-27.8	-27.71	-27.57
	5	-27.89	-27.89	-27.88	-27.9	-27.86	-27.83
	10	-27.89	-27.89	-27.89	-27.9	-27.88	-27.86

	15	-27.89	-27.89	-27.89	-27.9	-27.88	-27.87
1000	1	-27.88	-27.86	-27.81	-27.8	-27.74	-27.63
	5	-27.89	-27.89	-27.88	-27.9	-27.86	-27.84
	10	-27.89	-27.89	-27.89	-27.9	-27.88	-27.87
	15	-27.89	-27.89	-27.89	-27.9	-27.88	-27.88

Рейнольдсын шалгуур үзүүлэлтийн утга нь бүгд 20-оос бага гарсан тул (9) томъёог ашиглан Umf -г олсон бөгөөд үр дүнг 13-р хүснэгтэд үзүүллээ. Umf нь буцлагч үе үүсгэж буй материал болох элсний ширхэглэлээс нилээд хамаарч байгаа нь харагдаж байна. Элсний ширхэглэл томрох тутам Umf ихсэж байгаа бөгөөд харин температур болон даралт өсөхөд харин энэ үзүүлэлт буурч байна.

13-р хүснэгт. Янз бүрийн нөхцөлд тооцсон буцлах хамгийн бага хурд, Umf , м/с

		Хамгийн бага шингэрүүлэлтийн хурд, $Umf \cdot 10^{-3}$ (м/сек)					
Температур, ($^{\circ}\text{C}$)	Диаметр, (м) Даралт, (бар)	0.0001	0.00015	0.0002	0.000225	0.00025	0.0003
	20	1	14.85	28.323	42.492	51.5	60.881
5		2.965	5.654	8.482	10.282	12.153	16.027
10		1.479	2.82	4.231	5.129	6.063	7.995
15		0.984	1.876	2.814	3.411	4.032	5.317
700	1	6.367	12.142	18.217	22.082	26.1	34.419
	5	1.273	2.427	3.641	4.413	5.217	6.88
	10	0.636	1.212	1.819	2.205	2.606	3.43
	15	0.423	0.808	1.212	1.469	1.737	2.29
800	1	6	11.445	17.17	20.812	24.601	32.442
	5	1.199	2.288	3.432	4.16	4.918	6.485
	10	0.599	1.143	1.715	2.0789	2.457	3.24
	15	0.3994	0.762	1.142	1.385	1.637	2.159
900	1	5.691	10.853	16.282	19.737	23.329	30.765
	5	1.137	2.169	3.254	3.944	4.662	6.1488
	10	0.568	1.084	1.626	1.971	2.33	3.073
	15	0.378	0.722	1.083	1.313	1.552	2.047
1000	1	5.424	10.345	15.519	18.81	22.24	29.32
	5	1.084	2.068	3.102	3.76	4.45	5.86
	10	0.542	1.033	1.55	1.88	2.22	2.93
	15	0.361	0.689	1.033	1.25	1.48	1.95

Реактор доторхи элс эхлээд тайван байх бөгөөд агаар өгч эхлэхээр буцалж байгаа юм шиг болох ба цаашид хурдыг өсгөхөд бөмбөлөг, хөөс маягийн хий үүснэ. Энэ үе шатыг хөөсрөх үе гэх бөгөөд тухайн хурдыг хөөсрөх хамгийн бага хурд гэнэ. Хөөсрөх хамгийн бага хурдыг (11) томъёогоор бодож гарган, өгөгдөхүүнүүдийг 14-р хүснэгтэд үзүүллээ. Хүснэгтээс харахад орчны даралтыг нэмэгдэхэд Umb нь ихсэж, харин температур өсөхөд буурч байлаа. Буцлагч үе үүсгэж буй элсний ширхэглэл нэмэгдэхэд буцлах хамгийн бага хурдын адилаар ихсэж байна.

14-р хүснэгт. Янз бүрийн нөхцөлд тооцсон хөөсрөх хамгийн бага хурд, U_{mb} , м/с

Dp, мкм	Температур, °C	Даралт, бар			
		1	5	10	15
100	20	0.014	0.0171	0.0186	0.0193
	700	0.008	0.0098	0.0106	0.011
	800	0.007723	0.00941	0.0102	0.010658
	900	0.0074	0.00907	0.2934	0.010272
	1000	0.007202	0.0087	0.009506	0.009933
150	20	0.01929	0.02357	0.02558	0.02659
	700	0.01109	0.01351	0.01466	0.015
	800	0.01064	0.0129	0.014	0.01469
	900	0.0102	0.012	0.66	0.01416
	1000	0.0099	0.012	0.0131	0.0137
200	20	0.02299	0.02809	0.0305	0.03169
	700	0.0132	0.0161	0.0175	0.018
	800	0.01269	0.0154	0.0167	0.01751
	900	0.012	0.0149	1.1736	0.01687
	1000	0.01183	0.01442	0.01562	0.01632
225	20	0.025	0.031	0.034	0.035
	700	0.01458	0.01776	0.1927	0.02
	800	0.014	0.017	0.0184	0.1931
	900	0.135	0.0164	1.485	0.01862
	1000	0.01305	0.0159	0.01723	0.01801
250	20°C	0.02756	0.03367	0.036	0.03798
	700°C	0.01584	0.0193	0.02094	0.0219
	800°C	0.0152	0.0185	0.02	0.0209
	900°C	0.0146	0.01786	1.833	0.0202
	1000°C	0.01418	0.01728	0.01872	0.01956
300	20°C	0.0314	0.038371	0.041	0.0432
	700°C	0.01806	0.02199	0.02386	0.024
	800°C	0.0173	0.02112	0.023	
	900°C	0.0167	0.02035	2.64	0.02305
	1000°C	0.01617	0.01969	0.02134	0.0223

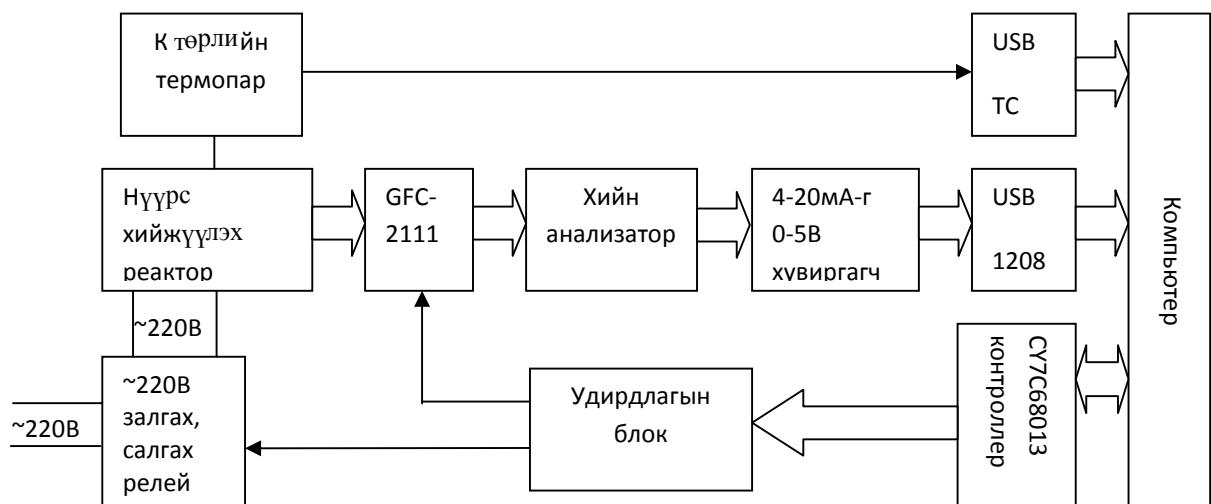
Зарим судлаачид А төрлийн нунтагт $U_{mb}/U_{mb} > 1$, В төрлийн нунтагт $U_{mb}/U_{mb} = 1$ байдгийг тогтоосон байдаг [11]. А төрлийн нунтаг гэдэг нь харьцангуй жижиг ширхэглэлтэй, $1,4 \text{ г/см}^3$ -ээс бага нягттай нунтуудыг оруулдаг бол В төрлийнхэд $1,4 - 4 \text{ г/см}^3$ гэсэн нягттай, 40-500 мкм –ийн ширхэглэлтэй нунтаг ордог байна. Бидний авсан элс нь В төрлийн нунтагт хамаарагдах ба $U_{mb}/U_{mb} \approx 1$ байгаа нь тооцоо харьцангуй үнэн болсоныг харуулж байна. Буцлагч үе үүсгэж байгаа хурдыг цааш нь нэмэгдүүлэхэд реактор доторхи элсний төлөв байдал өөрчлөгддөг. Эхэн үедээ хөөсрөлтийн горим бүхий буцлагч үе (bubbling fluidized bed regime) үүсч байсан ба хурд ихэссэнээр турбулент горимд шилждэг. Энэ горимын тооцоог хийхийн тулд хязгаар хурд (terminal velocity)-г олох шаардлагатай. Ер нь хязгаар хурд гэдэг нь тухайн нунтгийн чөлөөт унах хурдыг хэлдэг ба (12) томъёогоор бодож 15-р хүснэгтэд үзүүлээ. 15-р хүснэгтээс үзэхэд хязгаар хурд нь элсний ширхэглэл томрох тутам ихсэж, даралт болон температур өсөхөд эсрэгээрээ буурч байлаа. Ийнхүү гарган авсан тооцооны үзүүлэлтүүдийг хүйтэн загвар (cold model) дээр туршин баталгаажуулах ажлыг хийлээ.

15-р хүснэгт. Янз бүрийн нөхцөлд тооцсон хязгаар хурд, $U \cdot 10^{-2}$ (м/сек)

Температур, ($^{\circ}$ С)	Диаметр, (м)		0.0001	0.00015	0.0002	0.000225	0.00025	0.0003
	Даралт, (бар)							
20	1		78.685	177.04	314.74	398.349	491.8	708.17
	5		15.708	35.343	62.831	79.52	98.17	141.37
	10		7.835	17.63	31.343	39.67	48.97	70.52
	15		5.211	11.726	20.846	26.38	32.57	46.9
700	1		33.733	75.9	134.93	170.78	210.83	303.6
	5		6.743	15.171	26.971	34.13	42.14	60.68
	10		3.369	7.58	13.476	17.056	21.06	30.32
	15		2.244	5.05	8.978	11.363	14.028	20.2
800	1		31.796	71.54	127.18	160.96	198.72	286.16
	5		6.355	14.3	25.423	32.177	39.72	57.2
	10		3.176	7.146	12.704	16.078	19.85	28.58
	15		2.11	4.761	8.464	10.712	13.22	19.04
900	1		30.152	67.841	120.6	152.64	188.44	271.36
	5		6.026	13.56	24.105	30.508	37.66	54.23
	10		3.012	6.778	12.048	15.248	18.82	27.108
	15		2.006	4.515	8.0269	10.159	12.54	18.06
1000	1		28.74	64.663	114.95	145.49	179.62	258.6
	5		5.745	12.927	22.981	29.086	35.91	51.7
	10		2.871	6.46	11.484	14.53	17.94	25.84
	15		1.913	4.304	7.652	9.685	11.95	17.21

3.1.2. Нүүрс хийжүүлэх реакторын электрон блокийн хэсэг

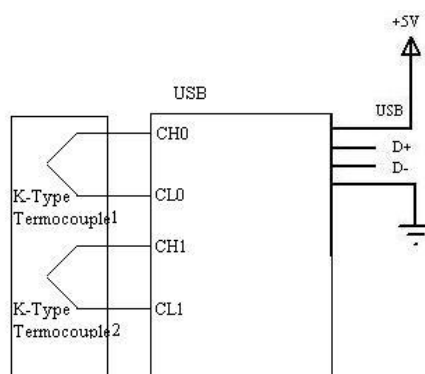
Нүүрс хийжүүлэх системийн удирдлагын электрон блок нь нүүрс хийжүүлэх реакторын температурын хяналт, удирдлагын электрон блок, хийн анализатораас гарах утгыг компьютерт оруулах электрон блок, хийн анализаторын оролтын хийн урсгалыг тохируулах электрон блокийн гэсэн үндсэн 3 хэсгээс бүрдэнэ. 17-р зурагт системийн удирдлагын электрон блокийн схемийг үзүүлэв.



17-р зураг. Нүүрс хийжүүлэх реакторын удирдлагын электрон блокын схем

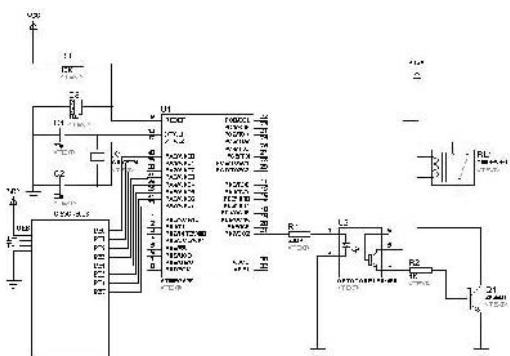
Нүүрс хийжүүлэх реакторын температурын хяналт, удирдлагын блок:

Энэхүү электрон блокийн хэсэг нь нүүрс хийжүүлэх реакторын температурын утгыг компьютерт авах мөн реакторын температурыг заасан утганд барих гэсэн үндсэн үүргийг гүйцэтгэнэ. К төрлийн термопараар реакторын температурыг хэмжинэ. Термопарын аналог утгыг USB-ТС төхөөрөмжөөр боловсруулалт хийн тоон дохионд хувирган компьютерт оруулдаг. USB-ТС төхөөрөмж нь нэг дор 8 ширхэг К төрлийн термопарын утгыг аван компьютерт оруулах чадвартай. USB-ТС төхөөрөмж нь Labview, VisualStudio, Matlab зэрэг программуудыг дэмжин ажилладаг. Тиймээс энэ төхөөрөмжийг ашиглах нь бидний ажлыг илүү нарийвчлал сайтай болгон өгч байна. Реакторын температурын утгыг хэмжихдээ 18-р зурагт үзүүлсэн схемийн дагуу холбон туршсан.

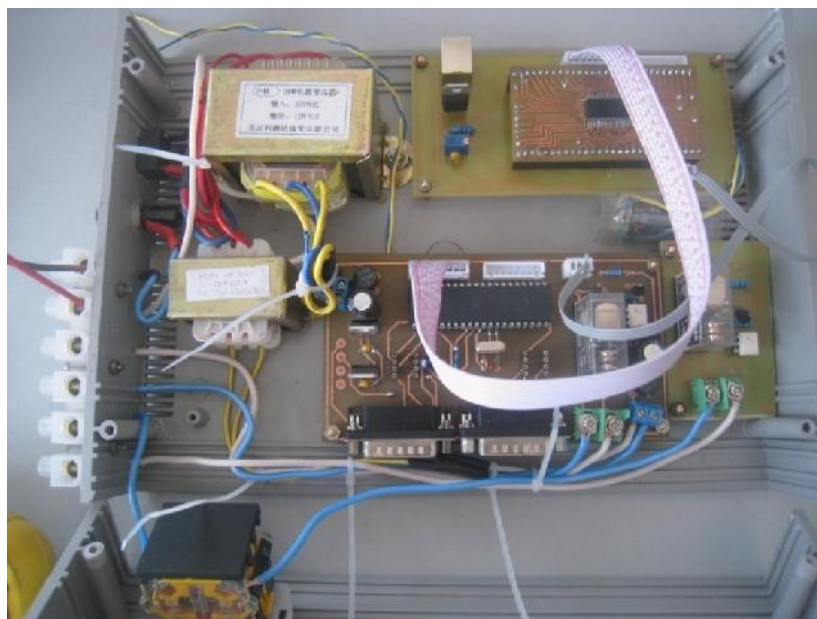


18-р зураг. Реакторын температурыг хянах блок диаграмм

Компьютерт оруулсан реакторын температурын утгыг Labview программаар дэлгэц дээр харуулах, боловсруулах үйлдэл мөн реакторын температурыг заасан утганд барих удирдлагыг энэхүү программаар хийнэ. Энэхүү электрон блок нь CY7C68013 контроллерын тусламжтайгаар USB портоор компьютерт холбогдох бөгөөд энэ микроконтроллер нь Labview программтай ChemiSys.dll файлаар холбогдон ажилладаг. Бидний систем USB портоор хэд хэдэн электрон блокуудтай холбогдон ажиллах учраас гол удирдах контроллероор ATMEGA32 микроконтроллерыг сонгон авсан. Энэхүү хэсэгт ATMEGA32 контроллер нь CY7C68013 болон релений удирдлагын хэсэгтэй холбогдон ажиллана. Температурын утгыг тогтмол барихдаа реле ашиглан реакторын тэжээлийн хүчдэлийг залгах, салгах замаар шийдсэн. 19-20-р зурагт реакторын температурыг



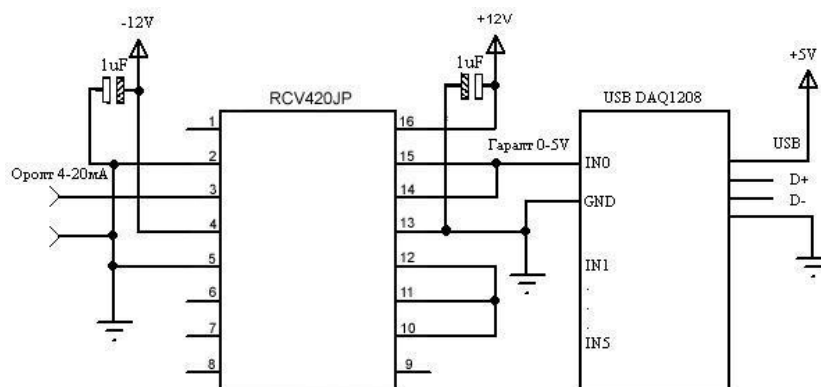
19-р зураг. Реакторын температурыг заасан утганд барих схем
заасан утганд барих схем, зургийг үзүүлэв.



20-р зураг. Реакторын температур тохируулагч төхөөрөмж

Хийн анализатораас гарах утгыг компьютерт оруулах электрон блокийн хэсэг:

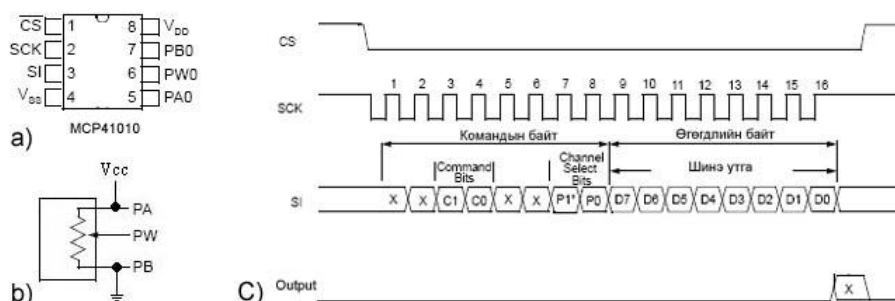
Нүүрс хийжүүлэх процесст үүсэх хийг хийн анализаторт оруулан боловсруулдаг. Хийн анализатор нь RS232 болон 4-20mA гэсэн хоёр гаралттай. RS232 стандарт нь -15V - +15V дохионы түвшинтэй. Тиймээс ойролцоогоор 100м зайд мэдээлэл дамжуулах боломжтой. Энэ нь тоон дамжуулалттай бөгөөд өгөгдөл нь 8 битийнх байдаг. 4-20mA гаралт нь аналог буюу гүйдлээр дохиог дамжуулдаг учраас хол зайд дохионы уналт багатай, утас тасрах, гэмтэх зэргийг гүйдлээр нь мэдрэх боломжтой [40]. Бид 4-20mA гаралтийг сонгон авсан бөгөөд 12 битийн USB 1208 DAQ (Data acquisition) ашиглан 4-20mA аналог утгыг тоон дохионд хувирган USB портоор компьютерт оруулсан. USB 1208 DAQ нь Labview, VisualStudio, Matlab зэрэг програмуудыг дэмжин ажилладаг. Бид 4-20mA гаралтыг 0-5V хүчдэл хувиргахдаа RCV420JP микросхемийг ашигласан. 21-р зурагт RCV420JP болон USB 1208 DAQ холболтын схемийг үзүүлэв. Хийн анализатор нь H₂, O₂, CO, CO₂ зэрэг 6 төрлийн хийг тодорхойлох ба эдгээр хий болгонд зориулагдсан 4-20mA-н гаралттай. Өөрөөр хэлбэл бид 4-20mA-н зургаан гаралтаас утга аван хүчдэлд хувиргана гэсэн үг. Үүний тулд 6 ширхэг RCV420JP микросхем ашигласан схем зохион бүтээсэн.



21-р зураг. RCV420JP болон USB 1208 DAQ холболтын схем

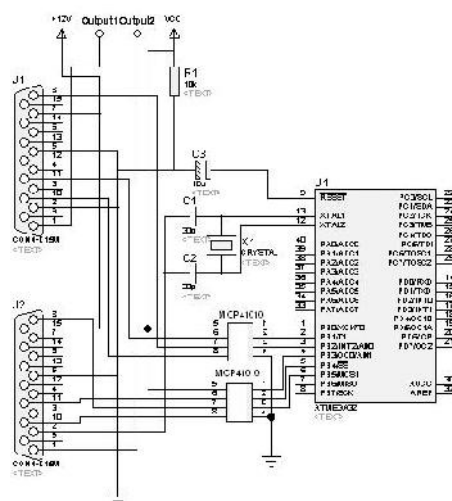
Хийн анализаторын оролтын хийн урсгалыг тохируулах схем

Хийн анализаторын оролтын хийн урсгалыг тохируулахдаа GFC-2111 mass flow controller төхөөрөмжийг ашигласан. Энэхүү төхөөрөмж нь 15 хөлтөй D стандартын порттой. 15D портын 1-р хөл нь гаралтын дохионы газар, 2-р хөл нь 0-5V урсгалын гаралт, 5-р хөл нь тэжээлийн газар, 7-р хөл нь +12V тэжээлийн хүчдэл, 8-р хөл нь урсгалыг тохируулах оролт, 10-р хөл нь reference газар, 11-р хөл нь reference +5V тэжээл байдаг. Энэхүү электрон блок нь компьютерт USB портоор холбогдон Labview программаар хянах, удирдах процесс хийгдэнэ. Компьютерт CY7C68013 микроконтроллероор холбогдох ба удирдлагын үүргийг ATMEGA32 микроконтроллер гүйцэтгэнэ. Хийн урсгалыг зайнаас удирдахдаа GFC-2111 нь потенциометр ашигладаг бөгөөд бид mcp41010 дижитал потенциометрийг хэрэглэсэн. Энэхүү микросхем нь 8 хөлтөй, цуваа дамжуулалттай, 2.7-5.5V тэжээлийн хүчдэл хэрэглэдэг, 256 алхамтай, 10КОм, 50КОм, 100КОм эсэргүүцэлтэй ажилладаг, удирдлагын SI (Serial Input) болон SCK (Serial Clock) гэсэн хөлүүдтэй. 22-р зургийн а-д MCP41010 микросхемийн хөлний диаграмм, б-д PA, PW, PB хөлүүдийн холболт, с-д MCP41010 микросхемийн хугацааны хамаарлыг үзүүлэв.



22-р зураг. а) MCP41010 микросхемийн хөлний диаграмм б) PA, PW, PB хөлүүдийн холболт с) MCP41010 микросхемийн хугацааны хамаарал

Энэхүү электрон блокийн ажиллах зарчим нь Labview программаас удирдлагын дохио USB портоор CY7C68013 микроконтроллероор дамжин ATMEGA32 контроллерт ирнэ. ATMEGA32 микроконтроллер нь MCP41010 микросхемд сериал өгөгдөл дамжуулснаар MCP41010 микросхем өөрийн доторх потенциометрийг заасан алхам аваачин PW хөлөөр түүнд харгалзах хүчдэл гарна. Энэхүү хүчдэл нь GFC-2111 mass flow controller –н урсгалыг тохируулна. 23-р зурагт GFC-2111 mass flow controller-н урсгалын хурдыг тохируулах схемийг үзүүлэв.

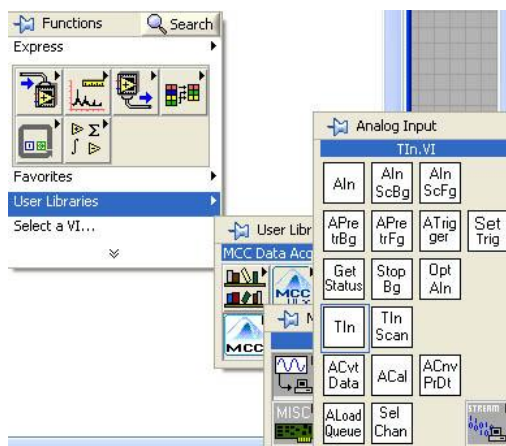


23-р зураг. GFC-2111 mass flow controller-н урсгалын хурдыг тохируулах схем

ПРОГРАММЫН ХЭСЭГ

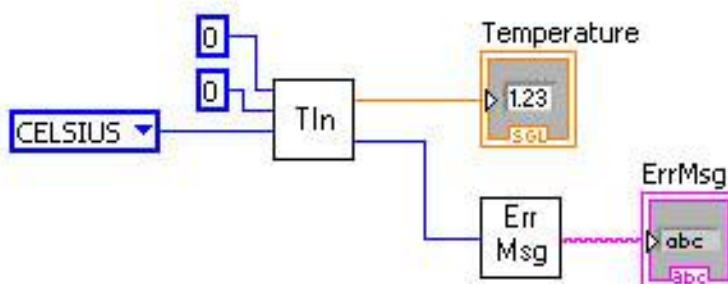
Нүүрс хийжүүлэх реакторын температурын хяналт, удирдлага:

USB-TC-тай ажиллахдаа Measurement Computing–н Instacal, MMC DAQ болон Labview–д зориулагдсан программуудыг суулгах шаардлагатай. Эдгээр программуд нь төхөөрөмжтэй хамт ирдэг. Эдгээр бүгдийг суулгаж дууссаны дараа Instacal программыг нээж USB-TC төхөөрөмжийг систем таниулах шаардлагатай. Үүний дараа Labview программаа нээж программ бичихэд бэлэн болно. Labview программын Block Diagram –н хэсэгт баруун товчоо даран Function гаргана. Түүний User Libraries -> MCC -> Analog Input цэснээс TIn блоккийг гаргаж ирнэ [41]. 24-р зурагт Labview программ дээр USB-TC төхөөрөмжтэй ажиллах блоккийг гаргах зааврыг харуулав.



24-р зураг. Labview программ дээр USB-TC төхөөрөмжтэй ажиллах блок

Энэхүү блок нь USB-TC-ээс К төрлийн термопарын утгыг авах дэлгэцэнд үзүүлэх блок бөгөөд boardNum, channel, scale, filter гэсэн 4 оролттой, temperature, error гэсэн 2 гаралттай. boardNum нь Instacal-д танигдсан дугаар, channel нь термопарыг аль оролтонд холбосон оролтын дугаар, scale нь $^{\circ}\text{C}$ эсвэл $^{\circ}\text{F}$ –н сонголт юм. 25-р зурагт TIn блокын холболтыг харуулав [41].

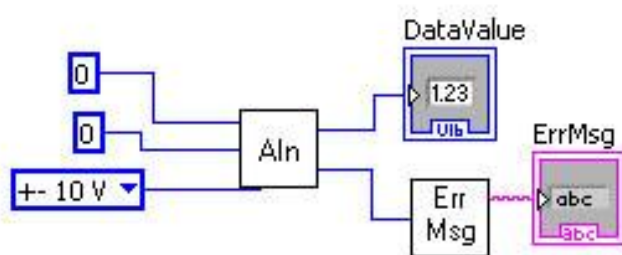


25-р зураг. Labview программ дээр TIn блоккийн холболт

Реакторын температурыг заасан утганд барих электрон блок нь CY7C68013 микроконтроллероор компьютерт холбогдох тул бид CY7C68013 микроконтроллер болон Labview хоёрыг холбох ChemiSys.dll файлыг C++ хэл дээр бичсэн. ChemiSys.dll нь CY7C68013 микроконтроллерийн ажиллах программыг хуулах Usb_Download, температурын утгыг хянах мөн релейг залгах, салгах Usb_Relay зэрэг функцүүдийг дотроо агуулдаг. Эдгээр функцүүдийг Labview программд Call Library Function Node блокоор дуудан ажиллуулдаг.

Хийн анализатораас гарах хийн утгыг компьютер оруулах электрон блокын хэсэг

Энэхүү электрон блок нь компьютерт утгаа авахдаа USB 1208 DAQ төхөөрөмжийг хэрэглэсэн. Тиймээс USB 1208 DAQ –тай ажиллахдаа Measurement Computing –н Instacal, MMC DAQ болон Labview –д зориулагдсан програмуудыг суулгах шаардлагатай. Мөн эдгээрийг суулгаж Дууссаны дараа Instacal программыг нээж USB 1208 DAQ төхөөрөмжийг систем таниулах хэрэгтэй. Labview программд USB 1208 DAQ –тай ажиллахдаа AIn блокийг хэрэглэдэг. AIn нь boardNum, channel, range гэсэн 3 оролттой, datavalue, error гэсэн 2 гаралттай. boardNum нь Instacal-д танигдсан дугаар, channel нь аль аналог оролтонд холбосон оролтын дугаар, range нь оролтын хүчдэлийн хязгаарыг сонгох оролтууд юм. 26-р зурагт Labview программ дээр AIn блокийн холболтыг үзүүлэв [41].

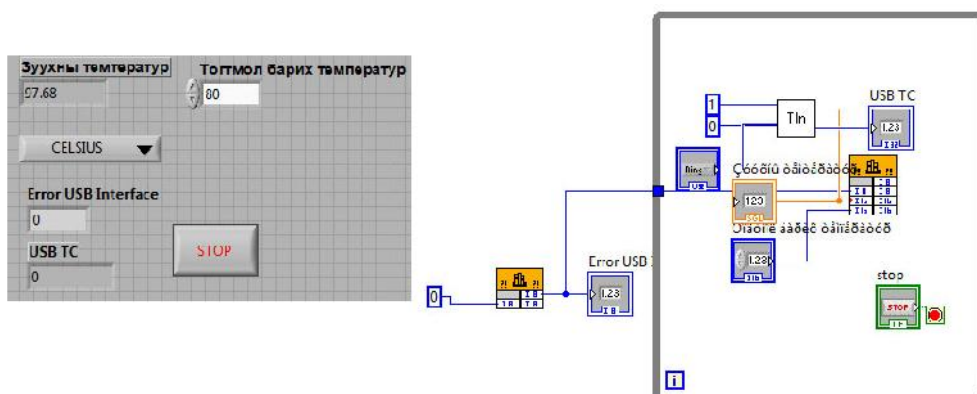


26-р зураг. Labview программ дээр AIn блокийн холболт.

Эдгээр блокууд нь сонгосон нэг сувгийн утгыг авдаг. Тиймээс хэрэв нэг дор олон сувгийн мэдээллийг авах шаардлагатай тохиолдолд тэр тоогоор блокуудыг байрлуулан channel оролтонд суваг тус бүрийн дугаарыг зааж өгдөг.

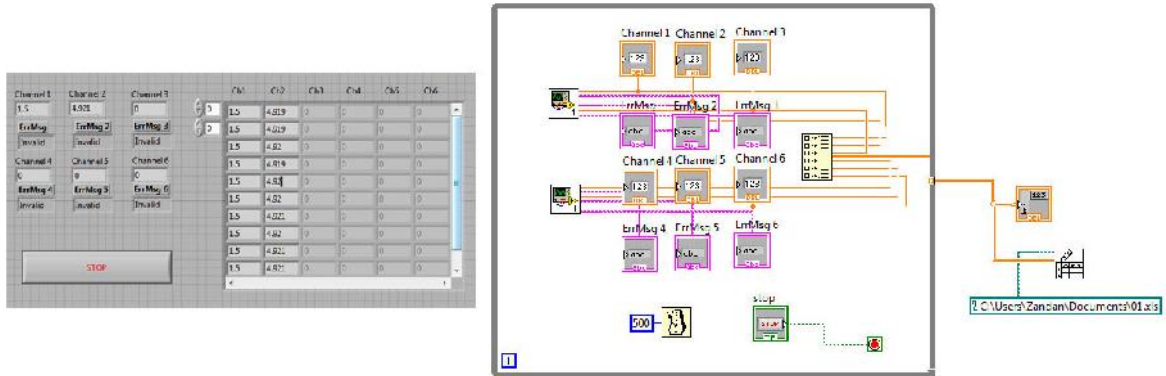
ТУРШИЛТЫН ХЭСЭГ

Нүүрс хийжүүлэх реактор нь бүрэн систем байдлаар нэгдэн угсрагдаж дуусаагүй. Өөрөөр хэлбэл реактор, хийн анализатор, GFC mass flow контроллерууд нь тусдаа байгаа учраас бид электрон блокуудыг тус тусад нь туршсан. Реакторын температурыг хянах, удирдах электрон блокийг туршсан. Туршилтыг явуулахдаа термопар болон USB TC төхөөрөмжөөр реакторын температурын утгыг авсан. Ингэхдээ Labview программ дээр Tin блокийг ашигласан. ChemiSys.dll файлыг хэрэглэн CY7C68013 микроконтроллертой холбогдон реакторыг асааж унтраах удирдлагыг гүйцэтгэлээ. 27-р зурагт үзүүлсэнчлэн “тогтмол барих температур” нүдэнд $^{\circ}\text{C}$ –н хэдэн градуст реакторын температурыг тогтмол байлгах утгыг зааж өгнө. Энэ тохиолдолд зуухны температурыг 80°C -т тогтмол барих туршилт хийсэн ба “зуухны температур” нүдэнд реакторын тухайн үеийн температур харагдана.



27-р зураг. Реакторын температурыг тогтмол барих программ.

Энэхүү туршилтаас харахад релей заасан температурт залгаж салгаж зөв ажиллаж байсан. Харин Tin-аас гарах температурын утга double төрөлтэй, бидний бичсэн программ integer төрөлтэй байсан учраас төрлийн зөрүүнээс шалтгаалж 79 .6-80.5 хүртлэх утгыг 80 хэмээн дундажлан ойлгож байсан. Тиймээс цаашид программыг double төрөлтэй болгох шаардлагатай нь харагдаж байсан. Бид үүний дараа хийн анализатораас гарах утгыг компьютерт оруулах туршилтыг хийсэн. Өмнө хэлсэнчлэн системийг бүрэн холбож дуусаагүй тул энэхүү электрон блокийг бэлэн гүйдэл үүсгэгч ашиглан туршлаа. Туршилтыг явуулахдаа 28-р зурагт үзүүлсэн программыг Labview хэл дээр программчилсан [42].



28-р зураг. Хийн анализатораас гарах утгыг компьютерт оруулах туршилтын программ.

Туршилтаас харахад оролтын гүйдэл 0mA байхад хэлхээний гаралтанд -1.2V байсан ба оролтын гүйдлийг ихэсгэхэд гаралтын хүчдэл мөн өсөж байв. Ингээд оролтын гүйдэл 4mA болоход гаралтын хүчдэл 0V болсон ба оролтын гүйдэл 20 mA болоход гаралтын хүчдэл 5V болж байсан нь энэхүү электрон блокийг системд хэрэглэж болох юм гэсэн анхны дүгнэлтэнд хүргэсэн. Үүний дараа бид электрон блокийг хийн анализаторт холбон туршилтыг явуулсан. Гэхдээ хийн анализаторын оролтонд тодорхой хий өгөлгүй ажиллуулсан. Энэ үед хийн анализаторын дэлгэц дээрх хийн утга бүгд 0% хэмээн зааж байсан бөгөөд хийн анализаторын гаралт болох 4-20mA гаралтаас 4mA гарч электрон блокийн гаралтаас 0V гарч байсан.

Хийн анализаторын оролтын хийн урсгалыг тохируулах схемийг GFC-2111 контроллерт холбож туршаагүй. Харин схемийн туршилтыг явуулахдаа ATMEGA32 контроллерыг программчилан, хэрэглэгчийн программыг Delphi хэл дээр бичиж MCP41010 потенциометрээс заасан утга гарч байгаа эсэхийг шалгах туршилт явуулсан. Энэ туршилтаас харахад гаралтын хүчдэлийн утгыг 256 алхамтай удирдах боломжтой бөгөөд эдгээр хүчдлийн утгуудаар GFC-2111 урсгалын хурдыг өөрчлөх боломжтой нь харагдаж байв.

3.1.3. Нүүрс хийжүүлэх реакторын үндсэн эд анги

Үндсэн төхөөрөмж болох нүүрс хийжүүлэх реакторыг никель болон хромын агуулга өндөртэй, Incoloy 800 HT маркийн, өндөр даралт болон температурт удаан хугацаагаар ажиллах боломжтой зэвэрдэггүй гангаар хийсэн ба түүний найрлагыг 16-р хүснэгтээр үзүүллээ..

16-р хүснэгт. Incoloy 800 HT гангийн найрлага

Бүрэлдэхүүн	Агуулга, %
Ni	30-32
Cr	19-22
Fe	39.5
C	0.06-0.1

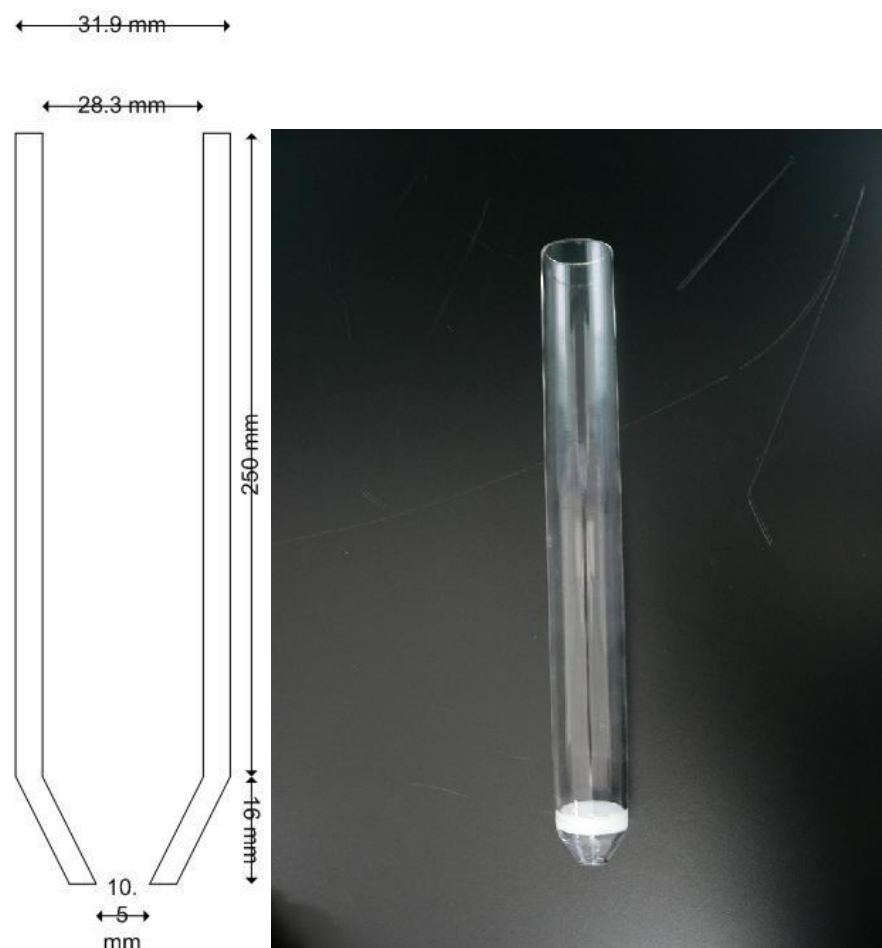
Mn	0.5-1.0
S	0.010
Si	0.2—0.61
Cu	0.5
Al	0.3-0.6
Ti	0.3-0.6

Өндөр даралтын аюулгүй ажиллагааны код ба Английн стандартаар ийм найрлагатай ганг 30 бар даралтад ашиглахын тулд 6 мм-с багагүй зузаантайг сонгох ёстой бөгөөд энэ тохиолдолд 30 бар-н даралт, 1000°C-н температурт эл ган реактор (29-р зураг) нь 1000 цаг ажиллах бүрэн боломжтой юм [43,44].



29-р зураг. Incoloy ган реактор

Ган реакторын төгсгөлүүдийг зорж, ховил гаргаад хагас саран хэлбэрийн металл бөгжийг байрлуулснаар, фланцыг реакторт гагнуур хэрэглэлгүй тогтоох боломж бий болгов. Усны уур, азот, нүүрсхүчлийн хий зэрэг зөөгч хийнүүдийг реактор руу оруулах, хийжүүлэлтийн бүтээгдэхүүнийг реактороос гаргах асуудлыг фланцуудад 3/8, 1/4 инчийн зэвэрдэггүй ган хоолой байрлуулахаар замаар шийдвэрлэв. Өндөр даралт болон температурын орчинд нүүрсний боловсруулалт явуулахад гангийн найрлага уг процесст нөлөөлөх магадлалтай гэж үзэж, ган реактор дотор кварцан жижиг реактор байрлуулж (30-р зураг) туршилтыг явуулахаар тооцооллоо. Кварц реакторыг 2 янзаар зохион бүтээлээ. Нэгдүгээрт кварц реактор дотор хөдөлгөөнгүй үе (Fixed bed) байрлуулан нүүрсийг үеээр хийжүүлэх болон нүүрсний кинетик ийн судалгааг явуулах бололцоо бий болгов. Үе хийх материал буюу дискийн сонголт, түүний зузаан, нүхний хэмжээ, туршилт явуулах дээжний ширхэглэл, урвал явах нөхцөл, температур, орчин гээд олон хүчин зүйлийг тооцоолж реакторыг хийдэг. Энэ удаа кварц реакторт бэхэлсэн үе буюу bed материалыг 10 мм өндөртэй, 60-100 мкм нүх сүвэрхэг чанартай шатаасан (sintered quartz) кварцаар хийв (31-р зураг). Энэ үе нь хийг жигд хуваарилах (distributor) үүргийг мөн давхар гүйцэтгэнэ. Харин үе байрлуулаагүй кварц реакторт буцлагч үе үүсгэн нүүрсний хийжүүлэлтийн судалгаа явуулахаар төлөвлөж зохион бүтээлээ. Өндөр даралттай цилиндрээс азот ¼ инчийн хоолойгоор дамжин фильтр болон хийн урсгал хэмжигч (flow controller/rotameter)-р нэвтрэн өнгөрч, аюулгүйн (safety valve) крантаар дамжин уур үүсгэгчээс ирж буй хэт халсан усны ууртай нэгдэн реакторын доороос орж хийжүүлэх процесст оролцоно. Кварц хөвөн дүүртэл нь чихсэн 40 см урттай 3/4 инчийн ган хоолойг халаагч элементээр ороож уур үүсгэгч (steam generator) болгон зохион бүтээлээ.



30-р зураг. Кварц реакторын хэмжээ. 31-р зураг. Кварц реактор

Температурыг термopapaар хэмжин, хянагчаар (temperature controller) тохируулна (32-р зураг).



32-р зураг. Хийн генераторын температур хянагч

Шаардлагатай хэмжээний нэрмэл усыг хроматографийн насосоор (33-р зураг) уур үүсгэгч рүү шахаж оруулах ба үүссэн уур нь реактор руу орж температур нь нэмэгдэн хэт халсан уур байдлаар урвалын зонд орж улмаар хийжүүлэлтийн процесст оролцоно. Урвалын үр дүнд үүсч байгаа нийлэг хийг

ган хоолойгоор хийсэн хөргөгчөөр дамжуулан хөргөж, филтрээр 2 удаа шүүгдэж, хийн анализатор руу орно.



33-р зураг. Хроматографын насос

Хийн найрлагыг Вухан оптоэлектроникийн Gasboard 3100 (34-р зураг) серийн хийн анализатороор тодорхойлж, гарсан үр дүнг USB хөрвүүлэгчээр дамжуулан Labview программ ашиглан компьютерийн дэлгэц дээр үзүүлнэ.



34-р зураг. Хийн анализатор

Үр дүнг Excel программд хөрвүүлж график байдлаар гаргана. Реакторыг 2000 А –н 4 кВт хүчин чадалтай трансформатор (35-р зураг) ашиглан 78 см² голчтой цэвэр зэс электродоор (36-р зураг) дамжуулан халаана.

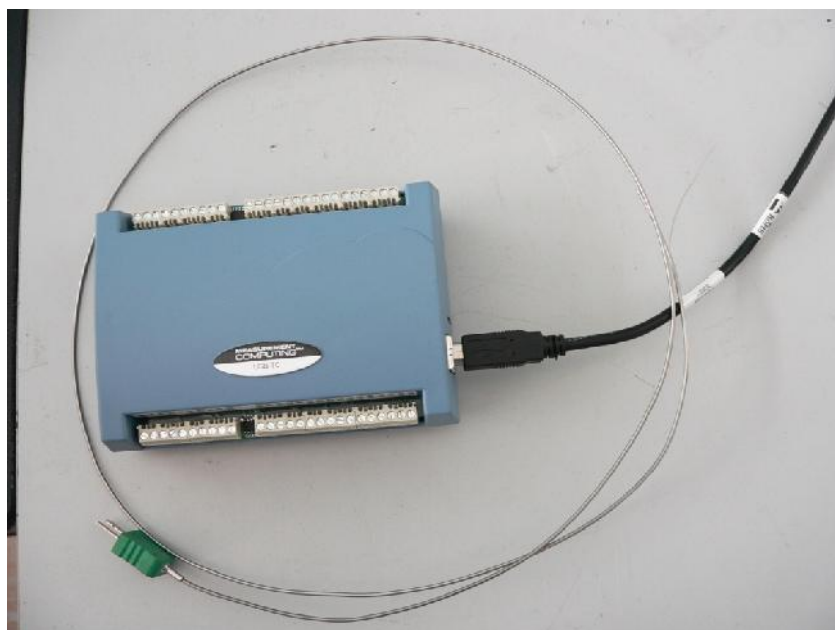


35-р зураг. 220В-ыг 2 В болгон хувиргадаг трансформатор



36-р зураг. Зэс электрод

Халаалтын температур хүрсэн тохиолдолд трансформаторыг унтрааж байхаар тохируулсан жижиг төхөөрөмж хийж суурилуулав. Ган реакторын гадна болон доторхи температурыг терморпараар хэмжих замаар реакторын температурыг удирдах ба температурын өгөгдөхүүнүүдийг компьютерт хадгалж байхаар зохиов. 0,5 мм болон 0,3 мм диаметр бүхий 1 м урттай К төрлийн терморпаруудыг ашиглан температурыг хэмжинэ. Терморпарийг зориулалтын холбоос (data acquisition) ашиглан мэдээллийг USB болгон хувиргагч төхөөрөмжтэй холбов (37-р зураг).



37-р зураг. K төрлийн термопар ба USB болгон хувиргагч

Хийн найрлагыг судлах төхөөрөмж болох хийн анализатор (34-р зураг), реакторын халаах зориулалт бүхий трансформатор (35-р зураг), реакторт хийг хэмжин оруулах зориулалттай хийн хэмжигч төхөөрөмж (38-р зураг) гэсэн 10870 евро-ны өртөгтэй 3 аппаратыг Германы Гумбольтын сангийн тусламжаар худалдан авлаа.



38-р зураг. Хийн урсгал хэмжигч автомат төхөөрөмж (massflow controller)

Хийн анализатор (34-р зураг) өөр дээрээ дисплейтэй буюу үүссэн хийн найрлагыг шууд үзүүлэх боломжтой боловч, реакторыг Labview программаар удирдахаар тохируулга хийсэн тул түүний дисплей дээрхи өгөгдөхүүнийг компьютерийн дэлгэц дээр харуулахын тулд тусгай программ болон удирдлагын блок хийсэн ба энэ тухай 3.1.2. бүлэгт тодорхой тусгасан. Ийнхүү хийсэн реактороо тусгай төмөр шүүгээнд байрлуулан, туршилт явуулах үед бүрэн хаалттай байхаар зохион бүтээж хийжүүлэх процессыг компьютерээр бүрэн хянана. Зохион бүтээсэн реакторын ерөнхий байдлыг 39-40-р зургуудад харуулав. Реакторын доторхи ба гаднах температурыг бүрэн хянах замаар процессыг тохирсон горимонд явуулах бололцоог бий болгоно.



39-р зураг. Реакторын гаднах байдал

Хийжүүлэлтийн үр дүнд үүсэх дэгдэмхий бүтээгдхүүнийг ган хөргөгчөөр (41-р зураг) дамжуулан сайтар хөргөх бөгөөд зарим бүтээгдэхүүн (давирхай) конденсацлагдан хөргөгчин дотор үлдэж, шингэрээгүй хэсэг болох хийг цааш нь филтрүүдээр дамжуулан хийн анализатор руу оруулна.



40-р зураг. Үндсэн реактор



41-р зураг. Реактороос үүсэх хийг хөргөх систем

Хийн анализаторыг тодорхой найрлагатай стандарт хийн холимгийг ашиглан тохируулж байна (calibration). Дээрхи реакторт шаардлагатай бүх ган хоолой болон түүний эд ангиудийг хийхдээ Сважелок (Swagelok) фирмийн бүтээгдэхүүнийг ашиглан зохион бүтээлээ. Энэхүү фирм нь эл салбартаа хамгийн чанартай бүтээгдэхүүн гаргадаг Америкийн фирм юм.

3.2. НҮҮРСНИЙ ДАВХАРГЫН МЕТАН ХИЙН НӨӨЦ ГАРГАХ СУДАЛГАА

Нүүрсний давхаргын метан (НДМ) хийн гарцад нөлөөлдөг олон хүчин зүйлүүд байдаг бөгөөд үүнд: нүүрсний давхаргын зузаан, хийн концентраци, адсорбцын нөхцөл, нэвтрэлтийн зэрэг, гидравликийн нөхцлүүд болон даралтын градиент зэрэг голлох үүрэгтэй.

Нүүрсний орд, сав газрууд нь өөр хоорондоо харилцан адилгүй геологийн нөхцөл байдалд оршдог тул эдийн засгийн хувьд ашиглах боломжтой НДМ хийн нөөц бүхий ордын талаар урьдчилан дүгнэлт хийхийн тулд доор дурьдсан нөхцлүүдийн талаар нарийвчилсан судалгаа хийгдсэн байх зайлшгүй шаардлагатай. Үүнд:

- Геологийн нөхцөл буюу тунамал чулуулгын тогтцын хөгжлийн түүх, нүүрс устөрөгчийн үүссэн хөгжлийн явц болон тектоникийн бүтэц
- Нүүрсний чанар, ангилал
- Нүүрсний давхаргын нийт зузаан болон нэг давхаргын зузаан, м
- Нүүрсний давхаргын гүн, м
- НДМ хийн агуулга, м³/т

зэрэг болно. Тухайн орд нь метан хийн өндөр гарц болон өндөр агуулгатай байхын тулд ерөнхийдөө дараах нөхцлүүдийг хангасан байх шаардлагатай:

- нүүрсний нэг давхаргын зузаан > 3 м
- НДМ хийн агуулга > 15 м³/т
- НДМ хийн хангалтын зэрэг > 80 %, Лангмуирын даралт > 3 МПа, нэвтрэлтийн зэрэг > 0.5 - 3 мд
- Метан хийн зон нь усны даралтын зонд тааламжтай нөхцлөөр байрласан
- Хий агуулсан давхаргууд нь эвдрэлд ороогүй, бусад давхаргуудтай ямар нэгэн байдлаар холбогдоогүй байх ёстой бөгөөд туршилтын цооногын хийн гарц > 3000 м³/х байх ёстой.

3.2.1. НДМ Хийн Нөөцийг Тогтоох Зарим Аргууд

НДМ хийн агуулгыг эзэлхүүний болон материалын баланс ашиглан тодорхойлдог үндсэн хоёр арга байдаг [45, 46]. НДМ хийн нөөцийн судалгаанд эзэлхүүний арга (ЭА) нь илүү өргөнөөр хэрэглэгддэг ба энэ нь тухайн аргачлалын хялбар байдал болон асар олон өгөгдлүүд шаарддаггүйтэй холбоотой. Харин материалын балансын арга (МБА)-ыг ашигласан тохиолдолд нүүрсний давхаргын геологийн талаар нарийвчилсан судалгаа хийгдсэн байх ёстой. Нүүрсний ордын тухайн давхаргад агуулагдаж буй хийн нөөцийг тооцох болон тухайн давхаргаас олборлох боломжтой хийн нөөцийг тооцох аргачлалууд нь олон тооны физик параметруудээс хамааралтай. Учир нь нүүрсний давхаргуудад агуулагдаж буй хий нь хоёр янз бөгөөд үүнд: Нүүрсний матрикт адсорбцлогдсон хий, Нүүрсний давхаргын ан цав, хагарал цууралуудад агуулагдаж буй хий. Тийм учраас НДМ хийн нөөцийг тооцохын тулд юуны өмнө дээрх хоёр төрлийн хийн агуулга, геологийн бүтцэд нөлөөлдөг параметруудийн талаар нарийвчлан судлаж хэмжилт хийсэн байх шаардлагатай.

НДМ хийн нөөцийг үнэлэх эзэлхүүний арга. НДМ хийн нөөцийг үнэлэх эзэлхүүний арга нь тухайн ордын нэгж эзэлхүүн дэх хийн эзэлхүүн, нийт сав газрын эзэлхүүн зэрэг параметруудийг агуулсан энгийн бөгөөд тооцооны нарийвчлал сайтай арга юм. Энэ аргыг уламжлалт нүүрс-устөрөгчийн салбарт олон жил хэрэглэсээр ирсэн аргачлал дээр үндэслэн боловсруулсан ба геологи-хайгуулын болон нөөц тогтоох төслийн ажлын эхлэлийн шатны үед нарийвчлан тогтоодог нүүрсний ордын үндсэн үзүүлэлтүүдийг ашигласан байна. Өөрөөр хэлбэл, эзэлхүүний аргыг ашиглан НДМ

хийн нөөцийг тогтоохын тулд (1) нэгж тонн нүүрсэнд адсорбцлогдсон хийн эзэлхүүн, (2) тухайн ордын нүүрсний нөөц, (3) нүүрсний давхаргын ан цав, хагарал цууралуудын нэгж эзэлхүүнд чөлөөт хэлбэрээр агуулагдаж буй хийн агууламж, (4) нүүрсний давхаргын ан цав, хагарал цуурлын нийт эзэлхүүн зэрэг үзүүлэлтүүдийг хэмжиж тодорхойлсон байх шаардлагатай. Харин нүүрсний давхаргын усанд ууссан байдлаар оршиж буй хийн нөөцийг тооцоонд оруулж тооцдоггүй бөгөөд учир нь тухайн хийн нөөц маш бага юм. Эзэлхүүний аргын тооцоонд шаардлагатай өгөгдлүүдийг 17-р хүснэгтэд сийрүүлэв.

17-р хүснэгт. Эзэлхүүнчлэлийн аргаар хийн нөөцийг тодорхойлоход шаардлагатай өгөгдлүүд

Үзүүлэлтүүд	Тодорхойлолт	Нэгж
A	Судалгааны талбай	гектар, км ² , м ²
h	Нүүрсний давхаргын зузаан	м, см, инч
Φ	Хоорондоо холбогдсон сүвэрхэг	фракц
S	Хоорондоо холбогдсон хагарал цууралтын усны ханалт	фракц
ξ	Даралтын эхний үеийн хийн эзэлхүүний фактор	хий-м ³ /ордын эзэлхүүн м ³
$\frac{B_g}{B_{gi}}$	Адсорбцлогдсон хийн агуулга	см ³ /гр, м ³ /т
$\frac{C_g}{C_{gi}}$	Тухайн давхаргын нүүрсний нягт	гр/см ³ , т/м ³
$\frac{G_i}{G_{gi}}$	Хийн нөөцийн нийт эзэлхүүн	м ³
$\frac{G_i}{G_{gi}}$	Адсорбцлогдсон хийн агуулга (daf)	см ³ /гр, м ³ /т
$\frac{C_{ag}}{C_{pc}}$	Цэвэр нүүрсний нягт	гр/см ³ , т/м ³
$\frac{\rho_c}{\rho_a}$	Үнсний дундаж агуулга	фракц
$\frac{f_a}{f_w}$	Чийглэгийн дундаж агуулга	фракц

Эзэлхүүнчлэлийн аргыг ашиглан нүүрсний давхаргын хийн нөөцийн нийт эзэлхүүнийг тодорхойлохын тулд доорх томъёог ашиглана:

$$G_i = Ah \left[\frac{\phi_f (1 - S_{wfi})}{B_{gi}} + C_{gi} \rho_c \right] \quad (13)$$

Дээрх томъёогоор хийн нөөцийг нарийвчлан тооцоход гардаг хүндрэл гэвэл нүүрсний давхаргын зузаан, нягт, адсорбцлогдсон хийн агуулга зэрэг газар дээр нь тодорхойлдог параметруудийг хэмжихдээ нарийвчлан заасан стандартуудыг сайтар баримтлах шаардлагатай. Хийн агуулга болон нягт нь гол төлөв хуурай, үнсгүй (daf) стандартаар илэрхийлэгддэг боловч газар дээрх хэмжилтийн үед тэдгээр нь тодорхой хэмжээний чийг, үнслэгийг агуулдаг. Ингэсэн тохиолдолд, томъёо нь дараах байдлаар илэрхийлэгдэнэ

$$G_i = Ah \left[\frac{\phi_f (1 - S_{wfi})}{B_{gi}} + C_{gi} \rho_c (1 - f_a - f_m) \right] \quad (14)$$

Ялангуяа үнэлгээний эхний шатанд нүүрсний давхаргууд дах чөлөөт хий бараг байхгүй нөхцөлд тэгшитгэл (13)-ээс чөлөөт хийн үзүүлэлтүүдтэй холбоотой хэсгүүдийг хасаж илүү хялбар хэлбэрт оруулж болно:

$$G_i = Ah(C_{gi} \rho_c) \quad (15)$$

Дээрх томъёонууд нь үндсэндээ нүүрсний давхаргын метан хийн нөөцийг тооцох онолын суурь аргачлал болсон бөгөөд тодорхой нэг цооногоос эхлээд нийт орд газрын түвшинд ашиглагдаж байна. НДМ хийн нөөцийн цар хэмжээг тогтооход хэдийгээр хийн нөөцийн эзэлхүүн чухал ч, өөр нэг чухал хүчин зүйл бол хийн нөөцийн агуулга, өөрөөр хэлбэл, газрын гадаргуун тодорхой талбайн дор орших хийн тоо хэмжээ юм. Яагаад гэвэл, давхаргын зузаан, хийн агуулга зэрэг нүүрсний ордын давхаргуудын үзүүлэлтүүд нь судалгаа хийгдэж буй талбайн дотор ч үргэлж өөрчлөгддөг. НДМ хийг газрын гадаргууд геометрийн тодорхой бүтэц бүхий цооногоор олборлодог тул хийн нөөцийн агуулга нь тухайн цооногууд буюу нэгж цооногоос олборлох боломжтой хийн тоо хэмжээг илэрхийлнэ.

НДМ хийн нөөцийг үнэлэх материалын балансын арга

Нүүрсний давхаргын метан хийн нөөцийг тооцох материалын балансын арга нь эзэлхүүнчлэлээр тооцдог аргачлалын нэг учраас мөн уламжлалт нүүрс-устөрөгчийн салбарын материалын балансын тэгшитгэлд үндэслэсэн болно. Энэхүү арга нь олборлолтын үеийн нефть, хий болон усны гадагшлах явцад ордын сүвэрхэгийн эзэлхүүн нь тогтмол буюу эсвэл даралтын өөрчлөлттэй хамт тодорхой зүй тогтлын дагуу өөрчлөгдөнө гэсэн постулат дээр үндэслэсэн байдаг. Энэ постулатын зарчмаар бол даралт унах үед үүсэх тухайн сав газрын шингэний тэлэлтийг шингэнийг зайлуулах үед үүсэх тухайн сав газрын хоосон орон зайтай тэнцүү юм [47]. НДМ хийн хувьд, уламжлалт материалын балансын тэгшитгэлд сорбцлогдсон хийн эзэлхүүний функцийг оруулж өөрчилснөөр онцлог. Гэхдээ дээр дурьдсанаар, энэ аргачлал нь асар олон тооны өгөгдөл шаардлагатай байдаг тул ашиглахад хүндрэлтэй байдаг. Материалын балансын аргыг хэрэглэх үед шаардлагатай өгөгдлүүдийн жагсаалтыг 18-р хүснэгтэд сийрүүлэв.

НДМ хийн тооцоонд ашиглагдах материалын балансын тэгшитгэлүүдийг дор үзүүлэв:

$$S_w = \left(S_{wi} [1 + c_w(p_i - p)] + \frac{5.615(W_g - B_w W_p)}{\phi_i V_{i2}} \right) [1 - c_f(p_i - p)]^{-1} \quad (16)$$

$z^* =$

$$z \left([1 - c_f(p_i - p)] (1 - \bar{S}_w) + \frac{z T p_{sc} c_{vi}}{z_{sc} T_{sc} \phi_i (p_L - p)} \right)^{-1} \quad (17)$$

$$V_{b2} = \frac{-m p_{sc} T}{\phi_i z_{sc} T_{sc}} \quad (18)$$

НДМ хийн нөөцийн судалгаанд Кинг [45] болон Зубер [46] нарын бүтээл чухал байр суурь эзлэх бөгөөд Зуберын бүтээлд дээр дурьдсан хоёр аргыг харьцуулан дүгнэсэн байдаг. Түүнчлэн Женсен болон Смиidt [48] нар материалын балансын аргад бага зэргийн өөрчлөлт оруулсан бөгөөд энэ нь дээрх тэгшитгэлийг ашиглахад илүү хялбар дөхөм болгож байгаа юм. Зарим тохиолдолд НДМ хийн нөөцийн судалгаанд Географикийн Мэдээллийн Системийг математик загварчлалын аргатай хослуулан хэрэглэх явдал ч байна. Хэдийгээр шууд хэмжилтийн өгөгдлүүд бага шаардагддаг ч олон тооны нүүрсний дээж ашиглан метан хийн агуулгыг тодорхойлох зэрэг ажлыг хийж гүйцэтгэх ёстой байдаг.

18-р хүснэгт. Материалын балансын аргаар хийн нөөцийг тодорхойлоход шаардлагатай өгөгдлүүд

Үзүүлэлтүүд	Тодорхойлолт	Нэгж
ρ_{sw}	Усны дундаж ханалт	фракц
ρ_{sw}	Усны эхэн үеийн ханалт	Фракц
ρ_{sw}	Усны шахагдах чанар	Па ⁻¹
ρ_{sw}	Резервуарын эхэн үеийн даралт	Па
ρ_{sw}	Резервуарын даралт	Па
ρ_{sw}	Усны урсгалын хэмжээ	баррель
ρ_{sw}	Усны эзэлхүүний фактор	баррель/STB
ρ_{sw}	Нийт соруулсан ус	STB
ρ_{sw}	Эхэн үеийн сүвэрхэг	фракц
ρ_{sw}	Сүвэрхэг системийн хоёр дахь үеийн эзэлхүүн	м ³
ρ_{sw}	Сүвэрхэг эзэлхүүний шахагдах чанар	-
ρ_{sw}	Уламжлалт бус хийн резервуарын хийн шахагдах чанарын фактор	-
ρ_{sw}	Хийн шахагдах чанарын бодит фактор	-
ρ_{sw}	Резервуарын температур	°R
ρ_{sw}	Стандарт даралт	Па
ρ_{sw}	Лангмуирин изотермийн эзэлхүүний тогтмол	м ³ /м ³
ρ_{sw}	Стандарт нөхцөл дэх хийн шахагдах чанарын фактор	-
ρ_{sw}	Стандарт температур	°R
ρ_{sw}	Лангмуирин даралтын тогтмол	Па
ρ_{sw}	Стандарт тусгай үеийн даралтын налуу	м ³ /Па

STB: stock tank barrel; OilGasGlossary.com; M₀₃: стандарт эзэлхүүн

3.2.2. Нүүрсний Геологийн Болон Чанарын Үзүүлэлтүүд

Манай улсын хувьд НДМ хийн чиглэлээр туршилт, судалгааны ажил явуулах лабораторийн бааз суурь бүрэлдэн бий болоогүй учраас нүүрсний ордуудын давхаргын метан хийн тойм нөөцийг онолын аргаар тооцож гаргах зайлшгүй шаардлага байгаагийн дээр энэ нь зардал мөнгө бага шаардахын зэрэгцээ цаг хугацаа хэмнэх давуу талуудтай. Онолын судалгааны эхний шат болох тухайн ордын геологийн болон нүүрсний чанарын үзүүлэлтүүдийг нарийвчлан судалсан байх шаардлагатай бөгөөд тэдгээрийг 19-20-р хүснэгтүүдэд харууллаа.

19-р хүснэгт. Нүүрсний ордуудын геологийн үзүүлэлтүүд

Ордууд	Байршил	Насжилт	Уналт	Геологийн үзүүлэлтүүд		
				Давхаргын тоо	Олборлох боломжтой давхаргын зузаан, м	Ангилал
Нүүрсхотгор	Увс	C2-C3	5-25°; 45°	8	2-50 м	SB(B)-HV(C)
Хартарвагатай	Увс	C2-C3	30-40°; 50-70°	1	80-85 м	SB(B)-HV(C)

Хөшөөт	Ховд	C2-C3	45°; 50-65°	2	15.5-34.9 м	SB(B)-HV(C)
Зээгт	Говь-Алтай	C2-C3	0-40°	1	9-16 м	HV(A)
Могойн гол	Хөвсгөл	C3	6-12°	1	2-20 м, дундаж 7-8 м	SB(B)-HV(C)
Сайхан-Овоо	Булган	J2	0-3°; 5°	1	2-2,4 м	MV-A
Өвөрчулуут	Баянхонгор	K1	0-5°	1	6-8 м	SB(B)-HV(C)
Баянтээг	Өвөрхангай	J1-J2	18-24°; 70-85°	1	3-36 м	SB(B)-SB(A)
Тэвшийн говь	Дундговь	K1	10-15°	5	IV:20 м, I-III: <230 м	SB(C)
Тавантолгой	Өмнөговь	P2	0-30°; 0-15°	12	2-72 м	HV(C)-LV
Шарын гол	Сэлэнгэ	J2-J3	6-9°	2	30-40 м	SB(B)-SB(A)
Налайх	Төв	K1	8-10°	5	8-20 м	SB(B)
Багануур	Төв	K1	8-20°	3	2-98 м	SB(C)
Шивээ-Овоо	Дорноговь	K1	8°	4	2-25 м	SB(C)
Чандгантал	Хэнтий	K1	5-8°	1	30-50 м	SB(C)
Талбулаг	Сүхбаатар	K1	<10°; 8-15°	3	2-30 м	L(A)
Адуунчулуут	Дорнод	K1	6-8°	2	2-50 м	L(A)
Нарийнсухайт	Өмнөговь	P2	15-35°; 35-55°	1	I:100 м, V:100 м	HV(C)-A
Улаан-Овоо	Сэлэнгэ	J	15-20°; 60-70°	1	24-63 м	SB(B)-SB(A)
Хөөт	Дундговь	J2-J3	5-12°	5	V:8-10 м	SB(B)-SB(A)
Өвдөгхудаг	Дундговь	K1	0-5°	1	30-60 м	SB(C)
Амангол	Баянхонгор	-	-	-	-	

20-р хүснэгт. Нүүрсний чанарын үзүүлэлтүүд

Ордууд	Чийглэг, %		Үнслэг Хуурай, %	Дэгдэмхий Daf, %	Хүхэр Хуурай, %	Илчлэг, ккал/кг	
	Ажлын	Агаарт хатаасан				Ажлын	Daf
Нүүрсхотгор	1.4-2.1	0.7-0.8	19-36	31-44	0.3-0.5	4.100-5.000	7.560-8.430
Хартарвагатай	16.0	3.0-5.0	15-25	40-45	0.5	5.500	7.450
Хөшөөт	7.0	3.0-4.0	10.6-22.5	20-27	0.5	5.400-6.300	8.590

Зээгт	10.0	0.2-13.3	18.4	30-34	0.4	4.880	8.200
Могойн гол	6.5	5.0-6.0	18.0	34.6	0.9	5.300-5.600	7.350
Сайхан-Овоо	4.5-7.0	0.1-12.0	21.7	10.0-46.0	0.6	6.100	7.290-8.700
Өвөрчулуут	30-40	10	6.0-25.0	43	<1.0	3.500	7.000
Баянтээг	5.2	2.2	22.6	51.9	1.0	4.680	7.230
Тэвшийн говь	30.5	11.0	20.9	45.5	0.7	3.370	6.450
Тавантолгой	6.9	0.1-2.5	14.9	32.8	0.8	5.100-5.500	7.700-8.400
Шарын гол	18.0	3.0	22.0	45.0	0.6	3.900-4.200	7.200
Налайх	21.0	5.0	16.5	45.0	0.7	3.900	6.620
Багануур	33.0	9.2	18.0	44.6	0.4	3.200-3.500	7.070
Шивээ-Овоо	43.6, 34.5	6.0, 10.4	17.3, 8.7	45.7, 44.0	0.7	2.690-3.610	6.660, 6.700
Чандгантал	30.6	12.3	11.7	46.5	0.9	3.000-3.400	6.580
Талбулаг	30.0	9.5	14.0	47.0	0.8	2.850	6.000
Адуунчулуут	45.2	9.4	16.7	48.1	1.1	2.400	6.480
Нарийнсухайт	5.0	1.0-2.8	5.0-30.0	28-40	0.4		7.500
Улаан-Овоо	13.4	7.3	11.2	46.0	0.3	4.270	7.370
Хөөт	13.8	7.5	14.5	43.0	0.8	4.100	7.030
Өвдөгхудаг	36.0	7.0-9.0	13.9	45.0	2.8	3.070	6.300
Амангол		-	-	-	-		

3.2.3. Нүүрсний Давхаргын Метан Хийн Нөөцийг Тооцох Аргачлал

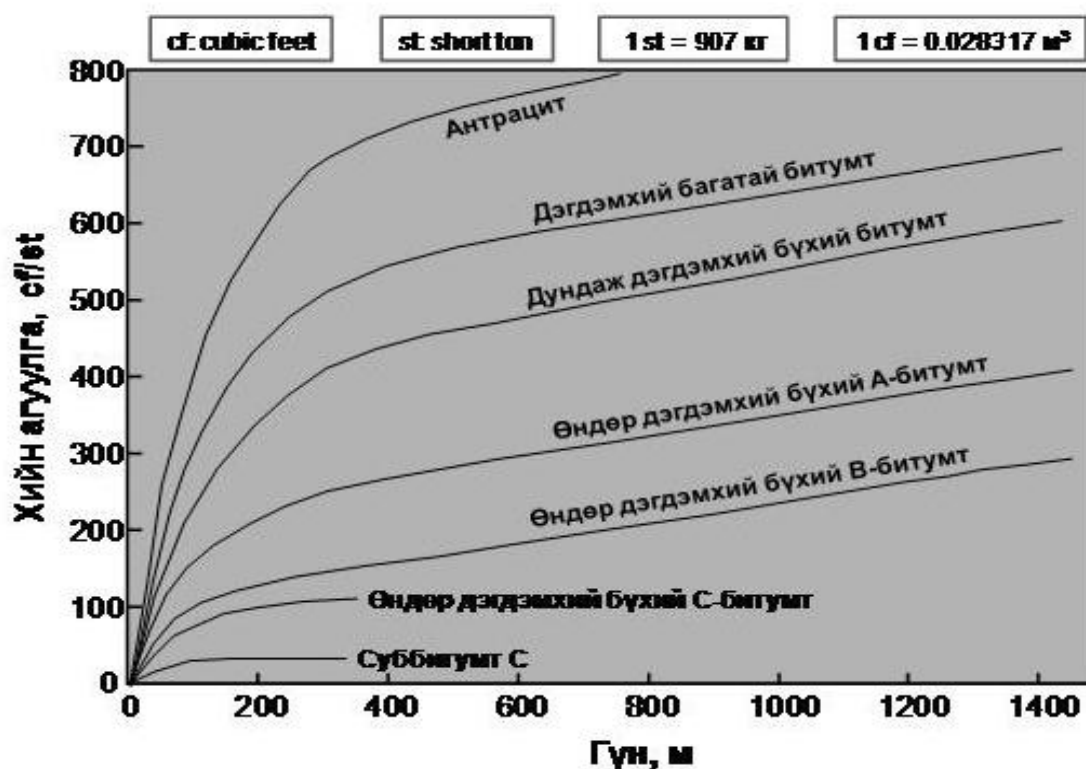
Тухайн ордын нүүрсний давхаргын метан хийн нөөц нь нийт нүүрсний нөөц ба нэг тоннд агуулагдах метан хийн агуулгаар илэрхийлэгдэнэ. Хэрэв хийн нөөцийг үнэлэх зорилгоор цооног өрөмдөж метан хийн агууламжийн талаарх өгөгдлүүдийг тогтоох боломжгүй тохиолдолд Тедигийн муруйг ашиглан нөөцийн талаар судалгаа хийх нь хамгийн тохиромжтой арга юм. Тухайн нүүрсний ордын гүн болон нүүрсний чанарын үзүүлэлтээс хамааруулан олборлох боломжтой метан хийн агууламжийг тогтоох муруйг Эдди болон түүний баг 1982 онд туршилтын асар олон өгөгдлүүдийг үндэслэн гаргаж авчээ. 21-р хүснэгтэд Монгол орны нүүрсний ордуудын гүний хэмжээ ба нүүрсний илчлэгийг харуулав.

21-р хүснэгт. Ордуудын гүн ба нүүрсний илчлэг

Ордууд	Гүн, м	Илчлэг, ккал/кг
Нүүрсхотгор	100	7,560-8,430
Хартарвагатай	80	7,450
Хөшөөт	105	8,590
Зээгт	50	8,200
Могойн гол	85	7,350

Сайхан-Овоо	250	7,995
Өвөрчулуут	65	7,000
Баянтээг	110	7,230
Тэвшийн говь	325	6,450
Тавантолгой	400	8050
Шарын гол	250	7,200
Налайх	350	6,620
Багануур	275	7,070
Шивээ-Овоо	350	6680
Чандгантал	100	6,580
Талбулаг	200	6,000
Адуунчулуут	60	6,480
Нарийнсухайт	150	7,500
Улаан-Овоо	155	7,370
Хөөт	100	7,030
Өвдөгхудаг	100	6,300
Амангол	375	5,171

Илчлэг болон дэгдэмхийн гарц бусад үзүүлэлтүүдийг үндэслэн олон улсын стандартаар тухайн нүүрсний ангиллыг тогтоох ба ингэснээр 19-р хүснэгтэд үзүүлсэн ордын гүн болон ангиллын үзүүлэлтийг ашиглан олборлох боломжтой метан хийн ($\text{m}^3/\text{short ton}$) агуулгыг тодорхойлно (42-р зураг) [49].



42-р зураг. Метан хийн агуулгыг тодорхойлох Тедигийн муруй

Нэг “short ton” буюу 907 кг нүүрсэнд агуулагдах метан хийн агуулгыг Тедигийн муруйг ашиглан тодорхойлсон бөгөөд хийн агуулгын нэгж (cubic feet/st)-ийг m^3/st -д

шилжүүлсний дараа ордуудын олборлох боломжтой нүүрсний нөөцөөр НДМ хийн нийт боломжит нөөцийг тооцон 22-р хүснэгтэд үзүүлээ

22-р хүснэгт. Монгол орны нэр бүхий 22 ордын нүүрсний давхаргын метан хийн нөөц

Ордууд	Нүүрсний нөөц, сая т	CH ₄ хийн агуулга, м ³ /st	Нүүрсний нөөц, сая st	CH ₄ хийн нөөц, сая м ³
Нүүрсхотгор	143,3	4,53	158,0	715,7
Хартарвагатай	19,73	2,41	21,7	52,3
Хөшөөт	88	4,81	97,0	467,0
Зээгт	4,58	3,26	5,0	16,4
Могойн гол	4,1	2,55	4,5	11,5
Сайхан-Овоо	28,3	6,51	31,2	203,2
Өвөрчулуут	3,8	1,42	4,2	5,9
Баянтээг	29,7	2,83	32,7	92,7
Тэвшийн говь	588	2,83	648,2	1835,4
Тавантолгой	6400	7,65	7054,8	53938,1
Шарын гол	61,3	2,97	67,6	200,9
Налайх	58,85	2,97	64,9	192,9
Багануур	511	2,92	563,3	1642,9
Шивээ-Овоо	563	2,97	620,6	1845,2
Чандгантал	123	1,84	135,6	249,6
Талбулаг	81,5	2,69	89,8	241,7
Адуунчулуут	241,26	1,42	265,9	376,5
Нарийнсухайт	21,84	3,40	24,1	81,8
Улаан-Овоо	53,98	3,68	59,5	219,0
Хөөт	87,5	1,84	96,5	177,5
Өвдөгхудаг	159,2	1,84	175,5	323,0
Амангол	1500	3,11	1653,5	5150,3

Одоо идэвхтэй ашиглагдаж буй нэр бүхий эдгээр 22 ордын нүүрсний давхаргын метан хийн нийт нөөц ойролцоогоор 68 тэрбум м³ гэсэн тооцоо гарч байгаа бөгөөд ахуйн болон эрчим хүчний түүхий эд болгон ашиглавал нэн тохиромжтой. Ялангуяа одоо дэлхий дахинд нэгэнд бий болсон синтезийн аргуудыг хэрэглэн бензин, дизель, метанол, этанол, диметилэфир зэрэг бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэвэл имп ортын шингэн түлшийг орлуулаад зогсохгүй УИХ -д өргөн баригдаад буй “Нүүрс Хөтөлбөр” -ийн гол зорилт болсон нүүрс-химийн үйлдвэрлэлийн хөгжилд томоохон түлхэц болох нь дамжиггүй.

ДҮГНЭЛТ

1. 30 барын даралт, 1000 °C-ийн температурт үеэр (fixed bed) болон буцлагч үед (fluidized bed) хийжүүлэлтийн судалгааг явуулах боломжтой лабораторийн бага оврын реактор зохион бүтээв.
2. Буцлагч үе үүсгэх нөхцлийн онолын тооцоог температур ба даралтаас хамааруулан судалж, хүйтэн загвар дээр туршин баталгаажуулав. Үүнээс үзэхэд хамгийн бага буцлах болон хязгаар хурд нь урвалын температур ба даралт өсөхөд буурч, буцлагч үе үүсгэж буй элсний ширхэглэл томр ох тусам ихсэж буй зүй тогтол ажиглагдлаа.
3. Нүүрсний давхаргийн метан хийн нөөцийг үнэлэх зорилгоор цооног өрөмдөж хийн агууламжийн талаарх өгөгдлүүдийг тогтоох боломжгүй тохиолдолд Тэдигийн муруйг ашиглан нөөцийн талаархи судалгаа хийх нь тохиромжтой аргын нэг юм байна.
4. Идэвхтэй ашиглагдаж 22 ордын нүүрсний давхаргын метан хийн нийт нөөц нь ойролцоогоор 68 тэрбум м³ байгаа бөгөөд ахуйн болон эрчим хүчний түүхийг эд болгон ашиглавал нэн тохиромжтой.

Талархал

Энэхүү төслийг хэрэгжүүлэхэд санхүүгийн дэмжлэг үзүүлсэн Монгол улсын шинжлэх ухаан технологийн сан, Германы Александр вон Гумбольдын сан, Солонгосын Үндэсний судалгааны сан, Английн Империл Коллеж, МУИС-ийн ARC Азийн судалгааны төвд тус тус талархал илэрхийлж байна.

АШИГЛАСАН ХЭВЛЭЛИЙН ЖАГСААЛТ

1. P. Kruger, *Alternative Energy Resources*, John Wiley, 2006, 249p.
2. Jacob A. Mouljin, M. Makkee, A. Van Diepen, *Chemical Process technology*, John Wiley, 2001, 453 p.
3. http://en.wikipedia.org/wiki/kyoto_protocol
4. Duu-Hwa Lee and Duu-Jong Lee, *Biofuel Economy and Hydrogen Competition, Energy & Fuels*, 2008, 22, 177–181
5. B. Erdenetsogt, I. Lee, D. Baterdene, L. Jargal, *International Journal of Coal Geology*, 2009, 80 (2), 87-104
6. J. Huang, Y. Fang, H. Chen, and Y. Wang, *Energy & Fuels*, 2003, 17, 1474-1479
7. B. Avid and et.al., *Fuel Processing Technology* 85 (2004) 933– 945
8. B. Avid and et.al., *Fuel* 83 (2004) 1105–1111
9. A. Cousins, Y. Zhuo, A. George, N. Paterson, D.R. Dugwell and R. Kandiyoti, *Energy & Fuels* 2008, 22, 2491–2503
10. C. Higman and M. Burgt, *Gasification*, Elsevier, 2003, 412 p.
11. Daizo Kunii, *Fluidization Engineering*, Butterworth-Heinemann, 1991, 490 p.
12. Wen-Ching Yang, *Fluidization, solids handling, and processing*, Noyes publications, 1998, 890 p.
13. Mel Pell, *Gas fluidization*, Elsevier, 1990, 123 p.
14. Abrahamsen, A., and Geldart, D., *Powder Technol.*, 26, 1980, 35
15. A. Olivares, M.P. Aznar, M.A. Caballero, J. Gil, E. Frances, J. Corella,
16. *Ind. Eng. Chem. Res.* 1997, 36, 5220, run 17
17. J. Gil, M.P. Aznar, M.A. Caballero, E. Frances, J. Corella, *Energy & Fuels*; 1997; 11(6); 1109-1118
18. J. Corella, J.M. Toledo, R. Padilla, *Energy & Fuels*; 2004; 18(3); 713-720
19. A. Gyme-Barea, R. Arjona, and P. Ollero, *Pilot-Plant Gasification of Olive Stone: a Technical Assessment, Energy Fuels*, 19 (2), 598 -605, 2005
20. L.E. Amand, et al, Report A 97-221, Chalmers University of Technology
21. L.E. Amand et all, *Energy and Fuels*, 1991, 5, 815-823
22. S.R.A. Kersten, et all, *Ind. Eng. Chem. Res.* 2003, 42, 6755
23. Метан Хий Ба Зах Зээл-Түншлэл: Олон Улсын Эрдэм Шинжилгээний Хурлын Эмхтгэл, 2009: Улаанбаатар.
24. Монголын Нүүрсний Салбарын Танилцуулга: Монгол-Америкийн Бизнесийн 4-р Форум; 2009: Вашингтон.
25. Rice, D.D; *Composition and origins of coalbed gas and hydrocarbons from coal: American Association of Petroleum Geologists Studies in Geology*; 1993.
26. Faiz, M., Hendry, P; *Significance of microbial activity in Australian coal bed methane reservoirs – a review: Bulletin of Canadian Petroleum Geology*; 2006.
27. Flores, R.M. (Ed.); *Microbes, Methanogenesis and Microbial Gas in Coal: International Journal of Coal Geology*; 2008.
28. Creedy, D.P, Garner, K, Holloway, S., Ren, T.X., Armstrong, W; *A review of the worldwide status of coalbed methane extraction and utilization: British Department of Trade and Industry's Cleaner Coal Technology Transfer Programme, Report No. COAL R210 DTI Pub URN 01/1040*; 2001.
29. Stricker, G.D, Flores, R.M, McGarry, D.E, Stilwell, D.P, Hoppe, D.J, Stilwell, K.R, Ochs, A.M, Ellis, M.S, Osvold, K.S, Taylor, S.L, Thorvaldson, M.C, Trippi, M.H, Grose, S.D, Crockett, F.J, Shariff, A.J; *Gas desorption isotherm studies in coals in*

- the Powder River Basin and adjoining basins in Wyoming and North Dakota: U.S. Geological Survey Open File Report; 2006.
30. Clarkson, C.R., Bustin, R.M; Variation in micropore capacity and size distribution with composition in bituminous coal of the western Canadian sedimentary basin: Fuel 75; 1996.
 31. K. Aminian; Coal Bed Methane-Fundamental Concepts: Petroleum & Natural Gas Engineering Department, West Virginia University;
 32. Rice, C.A, Nuccio, V.F; Water produced with coalbed methane: U.S. Geological Survey Fact Sheet FS-156-00; 2000.
 33. Mavor, M, Nelson, C.R; Coalbed reservoir gas-in-place analysis: Gas Research Institute, GRI-97/0263; 1997.
 34. Flores, R.M; Coalbed methane from hazard to resource: International Journal of Coal Geology 35; 1998.
 35. Deul, M, Kim, A.G; Methane control research: summary and research: Rocky Mountain Coal Mining Institute Proceedings of 60th Meeting; 1986.
 36. Soot, P.M; Non-conventional fuel tax credit. Geology and Coal-bed Methane Resources of the southern San Juan Basin: Colorado and New Mexico. Rocky Mountain Association of Geologists; 1988.
 37. Bibler, C.J, Marshall, J.S, Pilcher, R.C; Status of worldwide coal mine methane emissions and use: International Journal of Coal Geology 35, 1998.
 38. Strategic Research Center of Oil and Gas Resources: Ministry of Land and Resources, China; 2009.
 39. China Coalbed Methane United Corp.; 21century prospective and development of coalbed methane industry in China: Coal Industry Publishing House; 2004.
 40. "Implementing a 4 to 20mA Current Loop on TIDSPs " Steve Sams and Jim Lyday.
 41. "Universal Library for Labview" Omega engineeringinc, 2002
 42. "Labview Graphical Programming" Gary W.Johmson and Richard Jennings. Fourth edition
 43. High Pressure Technology Association, High Pressure Safety Code. 1977.
 44. British Standards Institution, BS 5500. 1992.
 45. King, G.R; Material-Balance Techniques for Coal-Seam and Devonian Shale Gas Reservoirs with Limited Water Influx: SPE Reservoir Eng.; 1993.
 46. Zuber, M.A; Basic reservoir engineering for coal: A Guide to Coalbed Methane Reservoir Engineering. Gas Res. Inst., Chicago, IL; 1996.
 47. Arps, J.J, Estimation of primary oil and gas reserves: Petroleum Production Handbook, Volume II. Soc. of Petrol. Eng., Dallas, TX;1962.
 48. Jensen, D, Smith, L.K; A practical approach to coalbed methane reserve prediction using a modified material balance technique: Proc. of the Int. Coalbed Methane Symposium;1997.
 49. David C. Smith; Coalbed Methane Potential of Harrison County: Missouri; 2001.

**“НҮҮРСНИЙ ИЖ БҮРЭН БОЛОВСРУУЛАЛТЫН СУДАЛГАА” ШИНЖЛЭХ
УХААН ТЕХНОЛОГИЙН ТӨСЛИЙН ХҮРЭЭНД ХЭВЛЭГДСЭН
БҮТЭЭЛИЙН ЖАГСААЛТ**

1. Б. Баярсайхан, Б. Авид, Монгол орны нүүрсний давхаргын метан хийн нөөцийн судалгаа, ШУА-ийн мэдээ, 2010, 3,
2. Б. Зандан, Ц. Энх-Амгалан, Б. Авид, Ж. Дугаржав, А. Энхтүвшин, Б.Наранбат, Н. Наранцэцэг, Нүүрс хийжүүлэх реакторын электрон блок, ФТХ-ийн бүтээл, 37 (2010) хэвлэлд
3. Б. Авид, С. Жаргалмаа, Ж. Анударь, С. Отгонбаатар, Б. Өлзидэлгэр, Ж. Дугаржав, Б. Пүрэвсүрэн, А. Түмэнбаяр, Ч. Дашпунцаг, Нүүрсний хийжүүлэлтийн реакторт буцлагч үе үүсэх нөхцөлийн тооцооноос, ШУА -ийн мэдээ, 193 (3) 2009, 46-56
4. О. Jargalmaa, J. Anudari, S. Otgonbaatar, B. Ulziidelger, J. Dugarjav, B. Avid, B. Purevsuren, A. Tumenbayar, Ch. Dashpuntsag, Calculation of the fluidized bed conditions for Lab scale Fluidized bed Reactor, Annual scientific reports of ICCT, 10 (36) (2009) 136-143
5. B. Avid, Design of a bench scale coal gasifier in Mongolia, The 4th Korea-Mongolia Symposium on Energy Technologies, Sept. 10, 2009, Yonsei University, Seoul, Korea, 99-106