

## НҮҮРСНИЙ ДАВХАРГЫН МЕТАН ХИЙН СУДАЛГАА

Б.Баярсайхан<sup>1</sup>, Б.Авид<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ЭБЭХЯ-ны Ашигт малтмалын газар

<sup>2</sup>ШУА-ийн Хими, хими технологийн хүрээлэн, avid\_icct@yahoo.com

### Оршил

Байгаль орчны 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 зорилтуудыг хэрэгжүүлэхэд 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 чиглэлээр холбогдох бичиг баримтыг боловсруулан хэрэгжүүлж байна [1]. 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. 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 шатаах, бордооны үйлдвэрийн түүхий эд болгох, шингэн түлш (LNG эсвэл CNG) үйлдвэрлэх гэх мэт улс орны дэд бүтцийн салбарт чухал ач холбогдолтой.

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 [2-4]. НДМ хий нь маш бага хэмжээгээр нүүрсхүчлийн хий болон азот агуулдаг бөгөөд үндсэн хэсэг нь /88 – 98 %/ цэвэр  $\text{CH}_4$  юм [2]. 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 м<sup>3</sup>/т байдаг бол суббитумт нүүрсний хувьд 1 – 4 м<sup>3</sup>/т-ийн хооронд хэлбэлздэг [5,6].  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$  болон  $\text{N}_2$ -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  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$  болон  $\text{N}_2$ -ын хийнүүдийн агуулга

ихээхэн хамааралтай [7]. 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 матрикст 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 [8]. Энэхүү хамаарал дээр үндэслэн дүгнэхэд хийн агууламжийн хүчин чадал болон даралтын хоорондох хамаарал нь доорхи Лангмуирийн хуулиар зохицуулагдах нь тодорхой харагдаж байна:

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

$G_s$ : хийн агууламжийн хүчин чадал, м<sup>3</sup>/тон

$P$ : даралт, атм

$V_L$ : Лангмуирийн эзэлхүүний тогтмол, м<sup>3</sup>/тон

$P_L$ : Лангмуирийн 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

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.

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)  $\text{Na-HCO}_3\text{-Cl}$ ; (2) уусаагүй хатуулаг бодис (200 to  $>170,000$  мг/л); (3) Fe, Mn болон  $\text{NH}_4$ ; (4) сульфат бага боловч барийн өндөр агуулга; (5) ховор элемент  $< 1$  мг/л агуулдаг. Түүнчлэн НДМ хийг олборлох үед нэг цооноогоос хоногт гардаг газрын гүний усны дундаж хэмжээ суббитумт нүүрсний хувьд  $60 \text{ м}^3$ , битумт нүүрсний хувьд  $14 \text{ м}^3$  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 [5].

Макросүвнүүдийн сүвэрхэг бүтцийн 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 олборлолт нь эдрээтэй бөгөөд ялангуяа хайгуулын эхний шатны судалгаа, анализ ихээхэн хүндрэлтэй байдаг. Яагаад гэвэл, энэ нь НДМ хий агуулагдаж буй макросүвнүүдийн доторхи нэг фазат хийн диффузийн хөдөлгөөн болон макросүвнүүдийн доторхи хоёр фазат хий-усны урсгалын харилцан үйлчлэлийн хүчинд явагдаж буй десорбцийн эдрээтэй 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 [8]. 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.

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 судалгааг хийх зорилго тавьсан болно.

## Судалгааны арга зүй

НДМ хийн агуулгыг эзлэхүүний болон материалын баланс ашиглан тодорхойлдог үндсэн хоёр арга байдаг [10,11]. НДМ хийн нөөцийн судалгаанд эзлэхүүний 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 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 1-р хүснэгтэд сийрүүлэв.

**1-р хүснэгт. Эзэлхүүний аргаар хийн нөөцийг тодорхойлоход шаардлагатай өгөгдлүүд**

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

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

$$G_i = A \cdot h \left[ \frac{\Phi_f (1 - S_{wff})}{B_{gf}} + C_{gf} \rho_c \right] \quad (3)$$

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:

$$G_i = Ah \left[ \frac{\Phi_f(1-S_{wfi})}{B_{gi}} + C_{gi} \rho_c(1 - f_a - f_m) \right] \quad (4)$$

Ялангуяа үнэлгээний эхний шатанд нүүрсний давхаргууд дахь чөлөөт хий бараг байхгүй нөхцөлд тэгшитгэл (3)-ээс чөлөөт хийн үзүүлэлтүүдтэй холбоотой хэсгүүдийг хасаж илүү хялбар хэлбэрт оруулж болно:

$$G_i = A \square (C_{gi} \rho_c) \quad (5)$$

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.

Нүүрсний давхаргын метан хийн нөөцийг тооцох материалын балансын арга нь эзэлхүүнээр 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 зарчим дээр үндэслэсэн байдаг. Энэ зарчмаар бол даралт унах үед үүсэх тухайн сав газрын шингэний тэлэлтийг шингэнийг зайлуулах үед үүсэх тухайн сав газрын хоосон орон зайтай тэнцүү юм [9]. 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 2-р хүснэгтэд сийрүүлэв.

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

Үзүүлэлтүүд	Тодорхойлолт	Нэгж
$S_{av}$	Усны дундаж ханалт	фракц
$w_f$	Усны эхэн үеийн ханалт	Фракц
$c_w$	Усны шахагдах чанар	Па <sup>-1</sup>
$p_i$	Резервуарын эхэн үеийн даралт	Па
$p$	Резервуарын даралт	Па
$W_a$	Усны урсгалын хэмжээ	баррель
$B_w$	Усны эзэлхүүний фактор	баррель/STB
$W_p$	Нийт соруулсан ус	STB

$\Phi_i$	Эхэн үеийн сүвэрхэг байдал	фракц
$V_{b2}$	Сүвэрхэг системийн хоёр дахь үеийн эзэлхүүн	м <sup>3</sup>
$c_f$	Сүвэрхэг эзэлхүүний шахагдах чанар	-
$z^*$	Уламжлалт бус хийн резервуарын хийн шахагдах чанарын фактор	-
$z$	Хийн шахагдах чанарын бодит фактор	-
$T$	Резервуарын температур	°R
$P_{sc}$	Стандарт даралт	Па
$C_{VL}$	Лангмуирин изотермийн эзэлхүүний тогтмол	м <sub>0</sub> <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>
$Z_{sc}$	Стандарт нөхцөл дэх хийн шахагдах чанарын фактор	-
$T_{sc}$	Стандарт температур	°R
$P_L$	Лангмуирин даралтын тогтмол	Па
$m$	p/* шулууны налуу	м <sub>0</sub> <sup>3</sup> /Па

НДМ хийн тооцоонд ашиглагдах материалын балансын тэгшитгэлүүдийг дор үзүүлэв:

$$\bar{s}_w = \left( s_{wi} [1 + c_w(p_i - p)] + \frac{5.615(W_e - E_w W_p)}{\Phi_i V_{pi}} \right) [1 - c_f(p_i - p)]^{-1} \quad (6)$$

$$z^* = z \left( [1 - c_f(p_i - p)](1 - \bar{s}_w) + \frac{zT p_{sc}}{z_{sc} T_{sc} \Phi_i (p_L - p)} \right)^{-1} \quad (7)$$

$$V_{b2} = \frac{-m p_{sc} T}{\Phi_i z_{sc} T_{sc}} \quad (8)$$

### Үр дүн ба хэлэлцүүлэг

НДМ хийн нөөцийн судалгаанд Кинг [10] болон Зубер [11] нарын бүтээл чухал байр суурь эзлэх бөгөөд Зуберын бүтээлд дээр дурьдсан хоёр аргыг харьцуулан дүгнэсэн байдаг. Түүнчлэн Женсен болон Смигт [12] 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 газарзүйн 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. 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 3 ба 4-р хүснэгтээр үзүүллээ.

### 3-р хүснэгт. Нүүрсний ордуудын геологийн үзүүлэлтүүд

Ордууд	Байршил	Насжилт	Унагт	Геологийн үзүүлэлтүүд		
				Давхар- гын тоо	Олборлох боломжтой давхаргын зузаан, м	Ангилал
Нүүрсхотгор	Увс	C2-C3	5-25°; 45°	8	2-50 м	SB(B)-HV(C)
Харгарвагатай	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	Баян-хонгор	K1	0-5°	1	6-8 м	SB(B)-HV(C)
Баянтээг	Өвөр-хангай	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	Баян-хонгор	-	-	-	-	

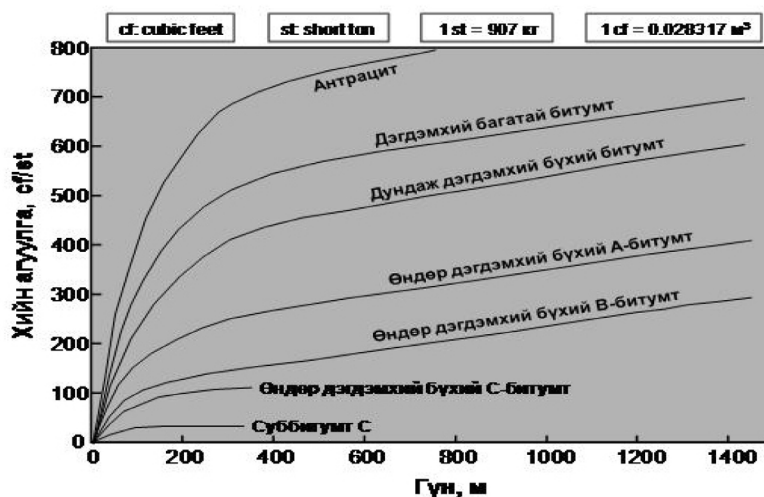
## 4-р хүснэгт. Нүүрсний чанарын үзүүлэлтүүд

Ордууд	Чийглэг, %		Үнслэг Хуурай, %	Дэгдэмхий Daf, %	Хүхэр, %	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
Харгарвагатай	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		-	-	-	-		

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. Илчлэг болон дэгдэмхийн гарц бусад үзүүлэлтүүдийг үндэслэн олон улсын стандартаар нүүрсний ангиллыг тогтоох ба 3-р хүснэгтэд үзүүлсэн ордын гүн болон ангиллын үзүүлэлтийг ашиглан олборлох боломжтой метан хийн ( $m^3/short\ ton$ ) агуулгыг тодорхойлно (1-р зураг) [13].



1-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  $\text{m}^3/\text{st}$ -д шилжүүлсний дараа ордуудын олборлох боломжтой нүүрсний нөөцөөр НДМ хийн нийт боломжит нөөцийг тооцон 5-р хүснэгтэд үзүүллээ.

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

Ордууд	Нүүрсний нөөц, сая т	$\text{CH}_4$ хийн агуулга, $\text{m}^3/\text{st}$	Нүүрсний нөөц, сая st	$\text{CH}_4$ хийн нөөц, сая $\text{m}^3$
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
Нийт				68039,5

Одоо идэвхтэй ашиглагдаж буй эдгээр 22 ордын нүүрсний давхаргын метан хийн нийт нөөц ойролцоогоор 68 тэрбум  $\text{m}^3$  гэсэн тооцоо гарч байгаа бөгөөд ахуйн болон эрчим хүчний түүхий эд болгон ашиглавал нэн тохиромжтой. Ялангуяа одоо дэлхий дахинд нэгэнд бий болсон нийлэгжүүлэлтийн аргуудыг хэрэглэн бензин, дизель, метанол, диметилэфир зэрэг бүтээгдэхүүн гарган авбал импортын 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. 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 болно.
2. Идэвхтэй ашиглагдаж байгаа 22 ордын нүүрсний давхаргын метан хийн нийт нөөц нь ойролцоогоор 68 тэрбум м<sup>3</sup> байгаа бөгөөд ахуйн болон эрчим хүчний түүхий эд болгон ашиглавал нэн тохиромжтой.

**Ном зүй**

1. Метан Хий Ба Зах Зээл-Түншлэл: Олон Улсын Эрдэм Шинжилгээний Хурлын Эмхтгэл, 2009: Улаанбаатар.
2. Rice, D.D; Composition and origins of coal bed gas and hydrocarbons from coal: American Association of Petroleum Geologists Studies in Geology; 1993.
3. Faiz, M., Hendry, P; Significance of microbial activity in Australian coal bed methane reservoirs – a review: Bulletin of Canadian Petroleum Geology; 2006.
4. Flores, R.M. (Ed.); Microbes, Methanogenesis and Microbial Gas in Coal: International Journal of Coal Geology; 2008.
5. Creedy, D.P, Garner, K, Holloway, S., Ren, T.X., Armstrong, W; A review of the worldwide status of coal bed 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.
6. Stricker, G.D, Flores, R.M, McGarry, D.E, Stilwell, D.P, Hoppe, D.J, Stilwell, K.R, Ochs, A.M, Ellis, M.S, Osvald, 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.
7. 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.
8. K. Aminian; Coal Bed Methane-Fundamental Concepts: Petroleum & Natural Gas Engineering Department, West Virginia University;
9. Arps, J.J, Estimation of primary oil and gas reserves: Petroleum Production Handbook, Volume II. Soc. of Petrol. Eng., Dallas, TX;1962.
10. King, G.R; Material-Balance Techniques for Coal-Seam and Devonian Shale Gas Reservoirs with Limited Water Influx: SPE Reservoir Eng.; 1993.
11. Zuber, M.A; Basic reservoir engineering for coal: A Guide to Coalbed Methane Reservoir Engineering. Gas Res. Inst., Chicago, IL; 1996.
12. 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.
13. David C. Smith; Coal bed Methane Potential of Harrison County: Missouri; 2001.