

AL31, DM31 болон ER31 Станцуудын Доорх

Царцдас Мандлын Тогтцын Судалгаа

Ц.Баасанбат

ШУА, Одон Орон, Геофизикийн Хүрээлэнгийн Газар хөдлөл судлах сектор

AL31, DM31 ба ER31 өргөн зурвасын станцуудын доорх царцдас болон дээд цаваг мандлын сейсмик хурдны тогтцыг хүлээн авагчийн функцийн аргаар судлав. Станц тус бүрд бүртгэгдсэн 400-аад холын газар хөдлөлтийн долгионыг ашиглан хүлээн авагчийн функцүүдыг тодорхойлов. Дундаж хүлээн авагчийн функцүүдийг генетик алгоритм хэрэглэн инверси хийж станц тус бүрийн доорх S-хөндлөн долгионы нэг хэмжээст хурдны тогтцыг гарган авав. Судалгааны үр дүнд эдгээр станцуудын доорх царцдас мандлын зузааныг 53.6 км, 35.7 км ба 39.3 км гэж тогтоов. Эдгээр царцдас мандлын зузааны ялгаа нь изостатик тэнцлийн хуулиар тайлбарлагдаж болно. Сейсмик хурдны тогтцод хурдны бага үе ажиглагдаагүй.

PACS number: 91.35.Gf

I. СУДАЛГААНЫ ҮНДЭСЛЭЛ

Одон Орон, Геофизикийн Судалгааны Төв нь Монгол оронд сейсмологийн судалгаа хийдэг цорын ганц байгууллага юм. Сүүлийн жилүүдэд тус төвийн гадаад хамтын ажиллагаа нь судалгаа шинжилгээ болон техникийн түвшинд өргөжин хөгжиж байна. Тус төв болон АНУ-ын Агаарын Хүчний Техник Хэрэглээний Төв (AFTAC)-ийн хамтын ажиллагааны хүрээнд Монгол орны баруун болон зүүн бүс нутагт орчин үеийн тоон бичлэгтэй өндөр мэдрэмж бүхий газар хөдлөлт бүртгэх ALMAR, DOMAR болон ERMAR сүлжээ станцууд байгуулагдаж өнөөг хүртэл тасралтгүй ажиллаж байна.

Сүлжээ станц бүр 10 газар хөдлөлт бүртгэх станцуудаас бүрдэх бөгөөд тэдгээрийн нэг нь өргөн зурвасын төрлийн станц юм. Тус станцуудын ажиллах хугацаанд цугларсан өндөр чанар бүхий газар хөдлөлтийн мэдээлэл нь төрөл бүрийн сейсмологийн судалгаа хийх боломжийг олгож байна. Энэхүү судалгааны ажлын зорилго нь тус сүлжээ станц бүрийн гурван байгуулагч бүхий өргөн зурвасын AL31, DM31 болон ER31 станцуудад бүртгэгдсэн холын газар хөдлөлтийн мэдээллээр станц бүрийн доорх царцдас мандал болон дээд цаваг мандлын сейсмик хурдны тогтцыг хүлээн авагчийн функцийн аргаар судлах явдал юм.

II. СУДАЛГААНД АШИГЛАСАН МЭДЭЭЛЭЛ

Хүлээн авагчийн функцийн судалгаанд гурван байгуулагч бүхий холын газар хөдлөлтийн сейсмограммыг ашигладаг. Энэхүү

судалгаанд 2009-өөс 2014 онуудад AL31, DM31 болон ER31 станцуудад бүртгэгдсэн холын газар хөдлөлтийн мэдээллийг ашигласан болно. Хүлээн авагчийн функцийн судалгаанд хэрэглэгдэх мэдээллийг дараах шалгууруудыг ашиглан урьдчилан сонгосон болно.

(i) Холын газар хөдлөлтийн эпицентрийн зай нь $30^\circ < \Delta < 90^\circ$ хооронд байх. (Зураг 1)

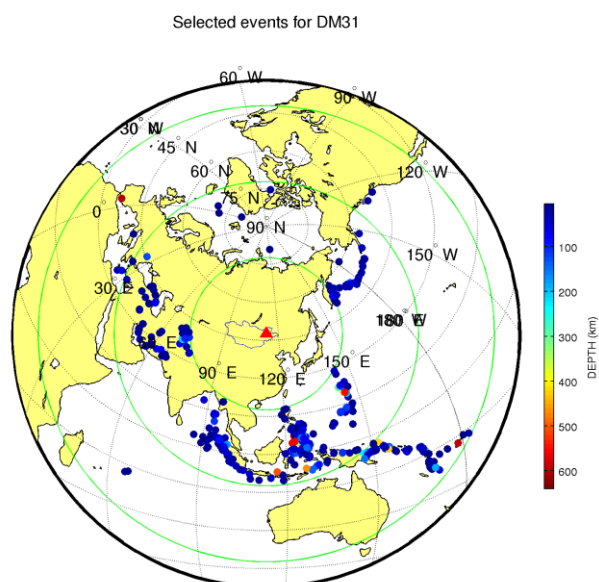
(ii) Газар хөдлөлтийн магнитуд нь 5.5 болон түүнээс дээш байх.

(iii) Газар хөдлөлтийн сигналын шуугианы түвшин бага байх.

Хүснэгт 1. Судалгаанд ашигласан өргөн зурвасын станцуудын байрлал

Стан- цын нэр	ϕ ($^\circ$)	λ ($^\circ$)	Өндөр -шил (м)	Газар хөдлөл -тийн тоо
AL31	46.58	96.41	1862	420
DM31	47.69	113.06	1000	408
ER31	44.06	110.87	1202	379

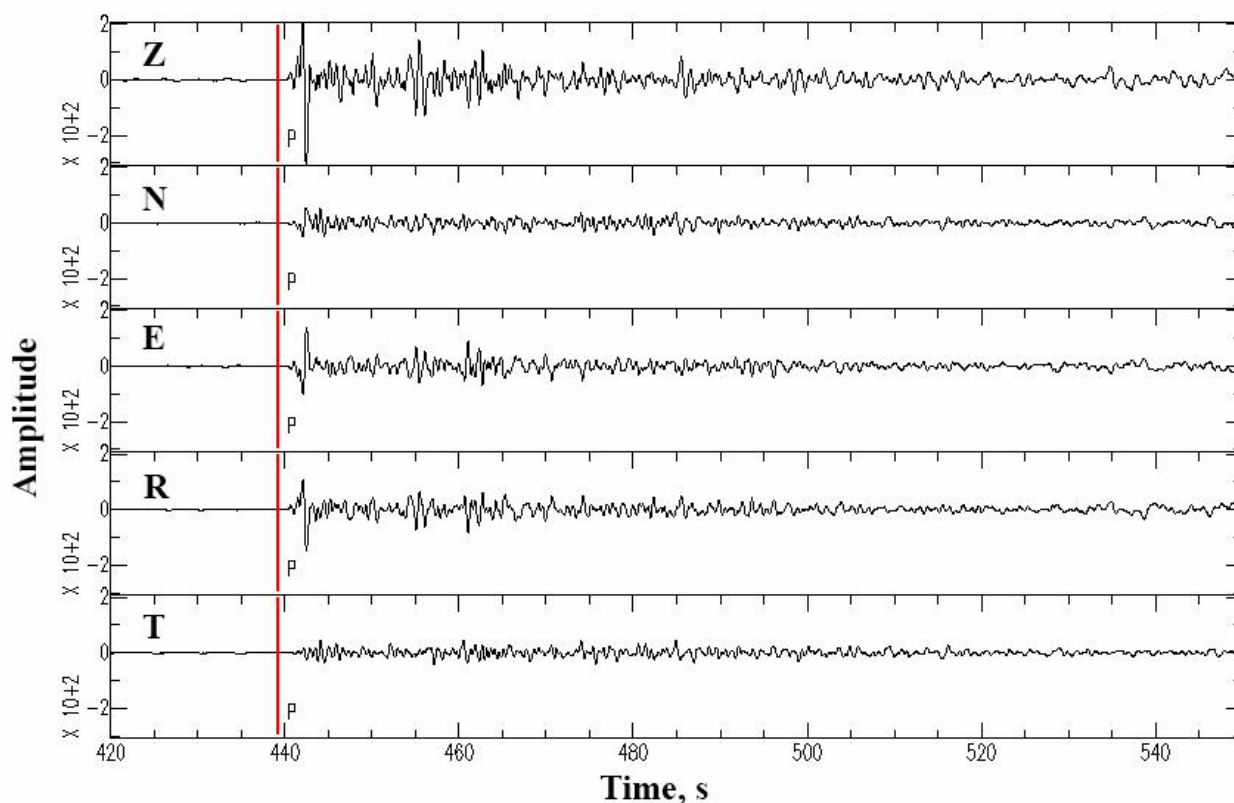
Судалгаанд урьдчилан сонгогдсон газар хөдлөлтүүдийн долгионыг, Р фазаас урагшаа 180 сек, хойшоо 180 сек, нийт 360 сек байхаар олон улсын газар хөдлөлтийн 2009-2014 оны каталогийг ашиглан таслав. Долгионы анализ хийхэд шаардлагатай тухайн газар хөдлөлтийн цаг хугацаа, орон зайны мэдээллийг сейсмологийн TauP [3] болон SAC [4] програмуудыг ашиглан таслагдсан долгион бүрийн мэдээлэл болгон оруулав.



Зураг 1. DM31 станцын хувьд сонгогдсон холын газар хөдлөлтүүдийн тархалт. Улаан гурвалжингаар газар хөдлөлт бүртгэх DM31 станцыг, хөхөөс улаан руу шилжсэн өнгөтэй цэгүүдээр холын газар хөдлөлтийн эпицентрүүдийг, ногоон тойргуудаар 30, 60 болон 90 градусын зайг үзүүлэв.

Мөн түүнчлэн хүлээн авагчийн функцийн долгионы анализ хийхэд шаардлагагүй урт үетэй болон өндөр давтамжтай долгионуудыг таслагдсан долгионуудаас 0.05-5.0 Гц филтер ашиглан авч хаялаа.

Хүлээн авагчийн функцийн анализыг хийхийн тулд Z, N, E (босоо, хойд-урд ба баруун-зүүн) гурван байгуулагч бүхий сейсмограммыг Z, R, T (босоо, радиал ба тангенциал) тооллын систем рүү эргүүлдэг (Зураг 2). Газар хөдлөлтийн эпицентр ба газар хөдлөлт бүртгэх станц хоёрыг дэлхийн бөмбөрцгийн дагуу холбосон шулуунтай зэрэгцээ орших байгуулагчийг радиал гэх ба перпендикуляр орших байгуулагчийг тангенциал байгуулагч гэнэ. Энэ дагуу сонгож авсан газар хөдлөлтүүдийн таслагдсан сейсмограммуудыг Z, R, T тооллын систем рүү эргүүлэв. Энэ процессын дараа сонгогдсон холын газар хөдлөлтүүдийн сейсмограммуудыг хүлээн авагчийн функцийн анализад хэрэглэхэд бэлэн болох юм.



Зураг 2. Холын газар хөдлөлтийн долгионыг хүлээн авагчийн функцийн анализад бэлтгэх жишээ. Зурагт DM31 станцад бичигдсэн, 2012 оны 12 сарын 15-ны 04:49:29 цагт Аляскийн Алеутын арлын орчим болсон магнитуд нь 5.7-той газар хөдлөлтийн гурван байгуулагч бүхий сейсмограммыг үзүүлэв. Энэ газар хөдлөлтийн азимут нь 59.7 градус, зай нь 38.4 градус. Зургийн эхний гурван Z, N, E сигнал нь сейсмометрийн босоо, хойд-урд, баруун-зүүн байгуулагчдад бичигдсэн сейсмограмм, R ба T сигнал нь сейсмограммыг эргүүлсний дараах радиал ба тангенциал сейсмограммууд юм. Улаан зураасаар холын газар хөдлөлтийн P фазыг тэмдэглэв.

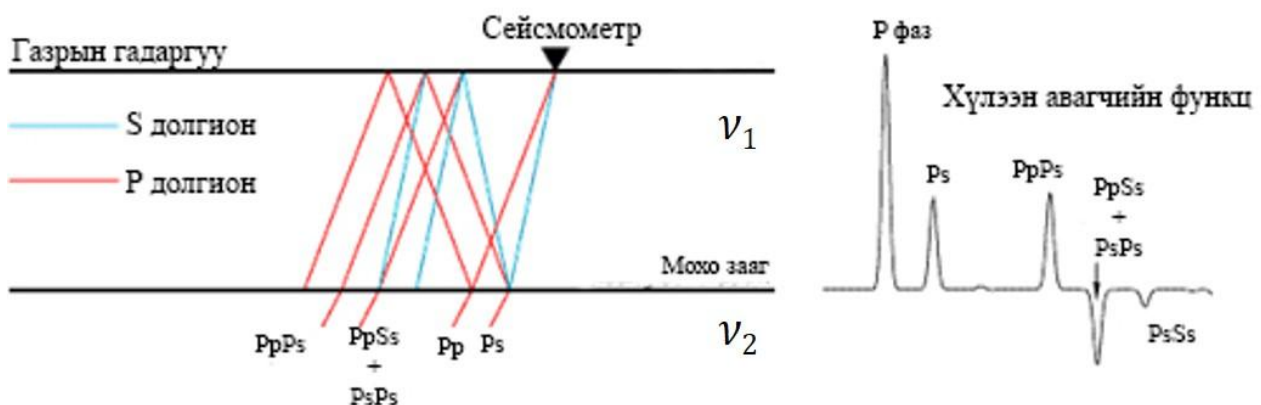
III. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Зөвхөн газар хөдлөлтийн долгион нь дэлхийгээр, дэлхийн гүнээр тархах чадвартай бөгөөд сейсмик долгионы энэхүү онцлог шинж чанарыг нь ашиглан дэлхийн гүний тогтцыг сейсмик томограф, гадаргуугийн долгионы дисперсийн анализ, сейсмик долгионы замхрал гэх мэт сейсмологийн аргуудыг хэрэглэн судалдаг.

Холын газар хөдлөлтийн хүлээн авагчийн функцийн арга нь дэлхийн царцдас мандлын сейсмик хурдны тогтцыг судлах үндсэн аргуудын нэг юм [6, 7, 1]. Хүлээн авагчийн функц гэдэг нь өргөн гурван байгуулагч бүхий сейсмограммаас гаргаж авсан хугацаат цуваа бөгөөд холын газар хөдлөлтийн Р долгионд хүлээн авагч буюу тухайн газар хөдлөлт бүртгэх станцын доорх дэлхийн царцдас мандлын үзүүлэх үйлчлэлийг илэрхийлнэ. Хүлээн авагчийн функц нь хурдны ялгаатай үеүүдэд их өөрчлөмтгий учраас дэлхийн дотоод гүний бүтэц, ялангуяа царцдас мандлын зузааныг тодорхойлох судалгаанд түлхүү ашиглагддаг. Иймд AL31,

DM31 ба ER31 станцуудын доорх царцдас мандлын судалгаанд хүлээн авагчийн функцийн аргыг хэрэглэхээр сонгосон болно.

Дэлхийн дотоод гүний бүтэц нь нэгэн төрлийн бус, ялангуяа царцдас мандал болон дээд цаваг мандал нь үелсэн, анизотроп, нэгэн төрлийн бус орчин юм. Холын газар хөдлөлийн долгион дэлхийн дотоод биетээр тархахдаа энэхүү давхарлаж тавьсан мэт нэгэн төрлийн бус орчныг туулан ирж хүлээн авагч буюу сейсмометрт бичигддэг. Иймд холын газар хөдлөлтийн Р долгион нь газар хөдлөлийн үүсгүүр, газар хөдлөлийн үүсгүүрийн орчны эффект, цаваг мандал болон хүлээн авагчийн доорх царцдас мандлыг туулж ирж буй замын эффектийн бүхий л мэдээллийг өөртөө шингээсэн гэж үздэг [1]. Үүнээс гадна холын газар хөдлөлтийн долгион нь шууд ирж буй долгион, хүлээн авагчийн доорх хурдны ялгаатай үеүүдэд ойсон, хугарсан, туйлшралаа өөрчилсөн бүхий л төрлийн долгионы фазуудаас бүрддэг (Зураг 3).



Зураг 3. Нэг ба хагас үет хурдны загвараар тархаж байгаа сейсмик долгионы цацраг ба түүний хүлээн авагчийн функцийг үзүүлсэн график. Зургийн зүүн талд Р болон S фазууд, тэдгээрийн Р-S фазын хувирлуудыг үзүүлэв. Зургийн баруун талд энэ нэг хэмжээст загварын синтетик хүлээн авагчийн функцийг үзүүлэв. [1]

III.A Хүлээн авагчийн функцийг бодох

Дэлхийн гүнээр тархан, хүлээн авагч буюу сейсмометрийн доороос ирж буй сейсмик долгионд хүлээн авагчийн доорх царцдас мандлын үзүүлэх үйлчлэл, нөлөөллийг үнэлэх нь хүлээн авагчийн функцийг бодох чухал хэсэг бөгөөд энэ асуудал нь деконволюцийн бодлоготой холбогддог. Өргөн зурвасын гурван бай-гуулагч бүхий сейсмограммаас царцдас мандлын үзүүлэх үйлчлэлийн нөлөөг тооцоолох хэд хэдэн процедур, арга техникүүд байдгаас давтамжийн мужид тодорхой шалгууртайгаар

деконволюци хийх нь сейсмологийн судалгаанд түгээмэл хэрэглэгддэг [2, 6, 7, 1]. Нөгөө нэг түгээмэл арга нь хугацааны мужид хамгийн бага квадратын аргаар деконволюци хийх явдал юм.

Өргөн зурвасын, гурван байгуулагч бүхий сейсмограммыг доорх байдлаар [1] илэрхийлж болно:

$$D_{V,R,T}(t) = I(t) * S(t) * E_{V,R,T}(t) \quad (1)$$

үүнд $*$ - конволюци, $S(t)$ - үүсгүүрийн орчны эффектгүйг агуулсан газар хөдлөлийн үүсгүүрийн хугацааны функц, $I(t)$ - сейсмометрийн характеристик, $E(t)$ - станцын доорх дэлхийн гүний тогтцын (царцдас мандал) үзүүлэх үйлчлэлийг, V , R ба T индексүүд нь босоо, радиал болон тангенциал байгуулагчуудыг илэрхийлнэ.

Дэлхийн гүнээр тархан, тухайн авч үзэж буй структурын (газар хөдлөлт бүртгэх станц сууж буй) доороос ирж буй холын газар хөдлөлтийн P долгионы тусгалын өнцөг нь маш бага байдаг учраас хоёр өөр орчны зааг дахь P долгионоос хувирсан SV долгион нь голчлон радиал чиглэлийн дагуу хэлбэлздэг. Иймд босоо байгуулагчийн сейсмограммыг холын газар хөдлөлтийн шууд ирж тусаж буй P долгион гэж авч үздэг бөгөөд дэлхийн царцдас мандлын үйлчлэл $E_V(t)$ -ийг Диракийн дельта функц $\delta(t)$ -ээр ойролцоолж болно [1]. Иймд тэгшитгэл 1-ийн босоо байгуулагчийг доорх байдлаар илэрхийлж болно:

$$D_V(t) \approx I(t) * S(t) \quad (2)$$

Хэрвээ багажийн байгуулагч бүрийн характеристик өөр хоорондоо ижил бол дэлхийн царцдас мандлын радиал чиглэлийн дагуух үйлчлэлийг сейсмограммын радиал байгуулагч $D_R(t)$ -ээс босоо байгуулагч $D_V(t)$ -ийг деконволюци хийж гарган авна. Тэгшитгэл 1 болон 2 -оос деконволюцийг давтамжийн мужид доорх байдлаар тодорхойлно:

$$E_R(\omega) = \frac{D_R(\omega)}{I(\omega)S(\omega)} \approx \frac{D_R(\omega)}{D_V(\omega)} \quad (3)$$

энд ω – өнцөг давтамж. Энэ тэгшитгэл 3 нь тангенциал байгуулагчид мөн хүчин төгөлдөр үйлчилнэ. $E_R(\omega)$ болон $E_T(\omega)$ -ийг хугацааны мужид шилжүүлснээр Зураг 3-т үзүүлсэн шиг радиал болон тангенциал хүлээн авагчийн функцүүдыг гаргаж авна.

Сейсмик долгионы спектрийг нарийн зөв тодорхойлох нь хүлээн авагчийн функцийн далайцыг тодорхойлоход маш чухал үүрэгтэй юм. Долгионы спектрийг тодорхойлохын тулд тодорхой урттайгаар тасалж авсан сигналын хэсэгт Фурье хувиргалт хийдэг. Долгионы спектр анализ хийх үед гардаг спектрийн алдагдал, түүнээс үүдэх спектр дэх хоосон зай, нүхнүүдийг багасгах болон спектр хуваалтыг тогтворжуулахын тулд хүлээн авагчийн функцийн анализад [9] олон конус хэлбэрийн цонхоор авсан спектр анализын аргыг хэрэглэдэг [8]. Өөрөөр хэлбэл сигналыг хэд

хэдэн конус хэлбэрийн цонхоор хэсэгчлэн үржсэний дараа Фурье хувиргалт хийх нь спектрийн алдагдлыг бууруулж хүлээн авагчийн функцийн далайцыг зөвөөр үнэлэх ач холбогдолтой юм. Цонх тус бүрээр үржиж авсан Фурье хувиргалтын нийлбэрээр тухайн сигналын Фурье хувиргалт тодорхойлогдоно. Иймд радиал хүлээн авагчийн функцийг давтамжийн мужид дараах байдлаар илэрхийлнэ:

$$H_R(f) = \frac{\sum_{k=0}^{K-1} (\bar{Y}_Z^{(k)}(f) Y_R^{(k)}(f))}{((\sum_{k=0}^{K-1} (\bar{Y}_Z^{(k)} Y_Z^{(k)})) + S_0(f))} \quad (5)$$

энд $Y_{Z,R}^{(k)}$ –үүд нь k -дахь Слeпийн (Slepian) цонхоор үржиж авсан босоо (Z) эсвэл радиал (R) байгуулагчийн Фурье спектр, $S_0(f)$ нь газар хөдлөлтийн P долгионы фаз ирэхээс өмнөх босоо байгуулагчийн дээрх шуугианы сигналын спектр, “ - ” нь комплекс хосмогийг илэрхийлнэ.

III.Б Генетик алгоритмыг хүлээн авагчийн функцийн инверсид хэрэглэх нь.

Ажиглагдсан хүлээн авагчийн функцийг ашиглан инверси хийж сейсмик S долгионы хурдны тогтцыг гаргаж авах нь энэ судалгааны үндсэн зорилго юм. Инверсийн асуудал нь ажиглагдсан болон онолын утгын хоорондох ялгааг багасгах замаар дэлхийн царцдас мандлын загварыг олж байгаа математик загварчлал юм. Геофизикийн асуудлуудын адилаар хүлээн авагчийн функцийн инверси нь шугаман бус бодлого бөгөөд анализыг хялбаршуулж бодлогыг шугамчлах үүднээс хурдны анхны загварыг инверсид оруулдаг. Энэхүү хурдны анхны загварыг авч үзэж буй судалгааны талбайд хийгдсэн геологи болон геофизикийн судалгааны үр дүнг ашиглан зохиох боломжтой. Нөгөө талаар тухайн талбайд геологи болон геофизикийн судалгаанууд хийгдээгүй бол сейсмик хурдны дэлхийн стандарт загваруудаас (IASP91, PREM гэх мэт) хурдны анхны загварыг зохиож болно.

Аммон нарын [1] хүлээн авагчийн функцийн инверсид хийсэн тоон анализаас үзэхэд инверсийн эцсийн үр дүн болох хурдны загварууд нь хурдны анхны загвараас хамааралтай болох нь тогтоогджээ. Өөрөөр хэлбэл инверсид дэлхийн гүний тогтцод хэдий чинээ ойролцоо хурдны анхны загвар өгнө, төдий чинээ үнэнд ойр хурдны загвар инверсийн үр дүн болон гарна. Мөн түүнчлэн

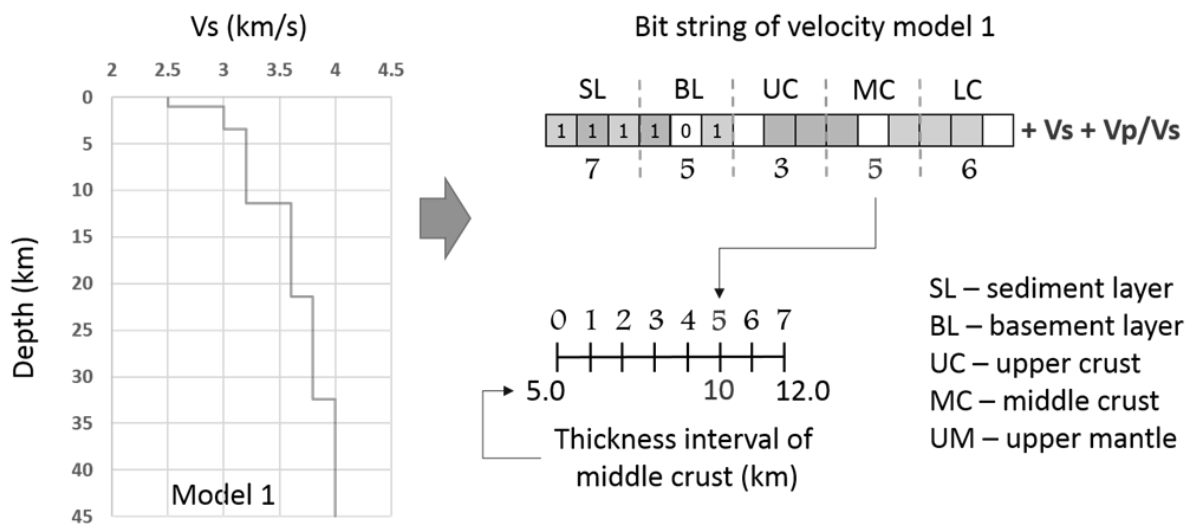
хүлээн авагчийн функцийн инверси нь хоёрдмол шинж чанартай, өөрөөр хэлбэл хурдны ялгаатай үеүүд болон тэдгээрийн дундаж хурдны хооронд харилцан хамаарал байгааг Ammon дурджээ.

Хүлээн авагчийн функцийн инверсийн энэхүү сейсмик хурдны анхны загвараас хамаардаг хамаарлыг бууруулах шинэ процедурыг Shibutani [11] нар гаргажээ. Тэд генетик алгоритмыг хүлээн авагчийн функцийн инверсид ашиглан царцдас мандал болон дээд цаваг мандал дахь сейсмик хурдны тогтцыг загварчлахад ашигласан байна. Генетик алгоритм нь Дарвины эволюцын онолд тулгуурласан шугаман бус оптимизацийн арга юм бөгөөд бид судалгаандаа энэхүү аргыг сонгож авсан болно.

Энэ аргын чухал хэсэг нь хурдны загварыг параметржүүлэх болон параметржүүлсэн хурдны загвараа хоёртын тооллын системд шилжүүлэх явдал юм (Зураг

4). Генетик алгоритм ёсоор сейсмик хурдны загварын параметрууд нь: эхний 1 ба 2 дугаар үеийн зузаан, нягт, үе болгоны S долгионы хурдны утгууд, P болон S долгионы хурдны харьцаа V_p/V_s ; дээд, дунд, доод царцдас мандал дахь S долгионы хурд Vs; дээд цаваг мандал дахь S долгионы хурд Vs болно.

Энэхүү судалгаанд хурдны анхны загварыг генетик алгоритмд оруулахаар Хүснэгт 2-т үзүүлснээр зохиосон бөгөөд загварын параметрийн тоо нь $2^{52} - 4.5 \times 10^{15}$ болно. Хурдны загварт, загварын үе бүрийн зузааны дээд доод хязгаарууд болон S долгионы хурдыг, мөн параметр бүрийн бит n –ийн уртыг тодорхойлов. Царцдас мандал болон дээд цаваг мандал дахь хурдны V_p/V_s харьцааг 1.73 гэж тогтмол авсан бөгөөд үеүүдийн нягт (ρ)-ийг $\rho = 2.35 + 0.036(V_p - 3.0)^2$ гэсэн эмпирик томъёо [5] ашиглан тодорхойлов.



Зураг 4. Хурдны загварыг хоёртын тоолол руу хөрвүүлж буй жишээ

Хүснэгт 2. Генетик алгоритмын инверсид оруулж буй хурдны загварын параметрууд

	Үеийн зузаан			Vs (км/сек)			Vp/Vs харьцаа		
	доод хяз.	дээд хяз.	n	доод хяз.	дээд хяз.	n	доод хяз.	дээд хяз.	n
Тунамал хөрс	0.0	1.0	3	1.0	2.5	4	1.80	2.50	3
Суурь чулуулаг	1.0	3.0	3	2.5	3.2	3	1.60	2.30	3
Дээд царцдас мандал	5.0	12.0	3	3.0	3.7	3	1.73	1.73	0
	5.0	12.0	3	3.0	3.7	3	1.73	1.73	0
Дунд царцдас мандал	5.0	12.0	3	3.3	4.0	3	1.73	1.73	0
	5.0	12.0	3	3.3	4.0	3	1.73	1.73	0
Доод царцдас мандал	5.0	12.0	3	3.6	4.3	3	1.73	1.73	0
Дээд цаваг мандал	хагас үе		0	3.9	4.6	3	1.73	1.73	0

Генетик алгоритмын инверсийн үед эхний удаад дээр тодорхойлсон параметруудээс тогтсон хэдэн зуун хурдны загварууд, өөрөөр хэлбэл Q гэсэн хурдны загварын анхны популяци санамсаргүйгээр үүсэх юм. Энэ судалгаанд анхны популяцийн тоог 1000 гэж авсан болно. Хоёрдугаарт, Q популяци дахь хурдны загваруудыг ашиглан синтетик радиал хүлээн авагчийн функцүүд бодогдон гарна. Үүний хамт хурдны загвар бүрийн хувьд ажиглагдсан болон синтетик хүлээн авагчийн функцүүдийн алдаа ялгаа нь $L2$ норчмлол буюу тэдгээрийн ялгааны квадратаар бодогдон гардаг. Гуравдугаарт, дараа дараачийн популяцийг үүсгэх сонгон шалгаруулалт, эрлийзжүүлэлт, мутаци гэсэн процессууд явагдана [10]. Эдгээр гурван процессыг доор тоймлов.

(i) *Сонгон шалгаруулалт.* Энэ шатны гол зорилго нь одоогийн байгаа популяцаас завсрын үеийн Q гэсэн хурдны загварын популяцийг үүсгэх явдал юм. Уралдаант шалгаруулалт буюу одоогийн байгаа популяцаас санамсаргүйгээр сонгогдсон хоёр хурдны загварын аль бага алдаатайг нь харьцуулах замаар завсрын популяцид орох хурдны загваруудыг сонгоно. Энэ шатанд P_s гэсэн сонгон шалгаруулалтын магадлалтайгаар алдаа багатай хурдны загварууд завсрын популяцид сонгогдох бөгөөд энэ процесс завсрын популяци Q бүртгэл давтагдана. Энэ судалгаанд уралдаант шалгаруулалтын магадлал P_s –ийг 0.75 гэж авсан бөгөөд нийт итерацийн тоог 200-аар тогтсон болно.

(ii) *Эрлийзжүүлэлт.* Энэ шатанд одоогийн популяцид байгаа бодгалиудаас хос үүсгэх, тэдгээрийн бит хромсом буюу хурдны загварын мэдээллийг зарим хэсгийг хооронд нь солих замаар дараа дараачийн үр төлүүдийг үүсгэх юм. Эхлээд одоогийн популяцаас эцэг эх болох хурдны хоёр загвар санамсаргүйгээр сонгогдоно. Дараа нь тэдгээрийн бит буюу хромсомуудын хэсгүүд нь P_s гэсэн эрлийзжүүлэлтийн магадлалтайгаар өөр хоорондоо солигдоно. Нөгөө талаар $1-P_s$ гэсэн магадлалтайгаар зарим сонгогдсон хосууд дараагийн популяцид шууд ордог. Энэ эрлийзжүүлэх процесс мөн Q популяци бүртгэл үргэлжилнэ. Бидний тохиолдолд эрлийзжүүлэх магадлал P_s –ийг 0.85 гэж авсан болно.

(iii) *Мутаци.* Уралдаант сонгон шалгаруулалт болон эрлийзжүүлэлтийн дараа зарим хурдны загварууд Q популяцид шууд хуулагдсан байх ба зарим нь эрлийзжүүлэлтээр өөрчлөгдсөн байна. Энэ шатны гол зорилго нь

зарим бодгалиудад хэлбэр дүрсээ өөрчлөх боломжийг маш бага магадлалтайгаар өгдөг болно. Мутацид орох магадлалыг маш багаар тогтоох бөгөөд ихэвчлэн $P_M \leq 1/2\ell$ [10] байдлаар тогтоодог. Энд ℓ нь хурдны загварын бит буюу хромсомын урт юм. Санамсаргүйгээр сонгогдсон хурдны загварын нэг бит нь мутацид орох P_M магадлалтайгаар өөрчлөгдөх юм. Энэ процесс мөн Q популяци бүртгэл явагдах юм. Энэ судалгаанд мутацид орох магадлал P_M –ийг 0.01 гэж сонгов.

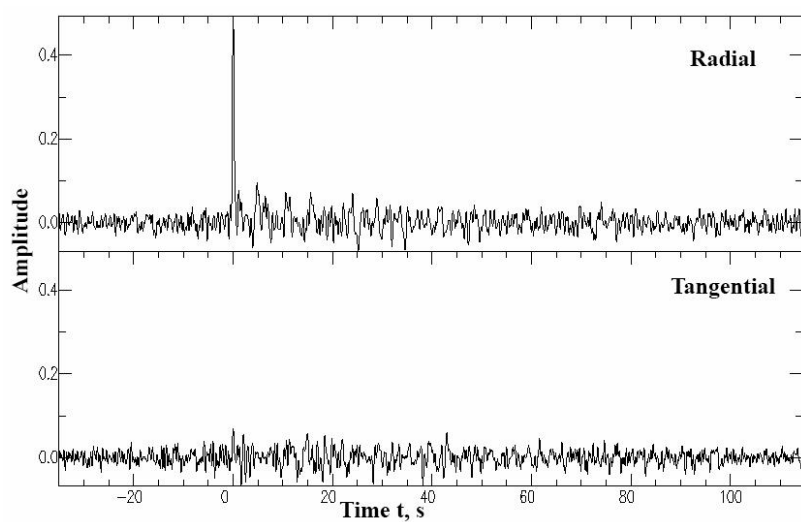
IV. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

IV.A Ажиглагдсан хүлээн авагчийн функцүүд

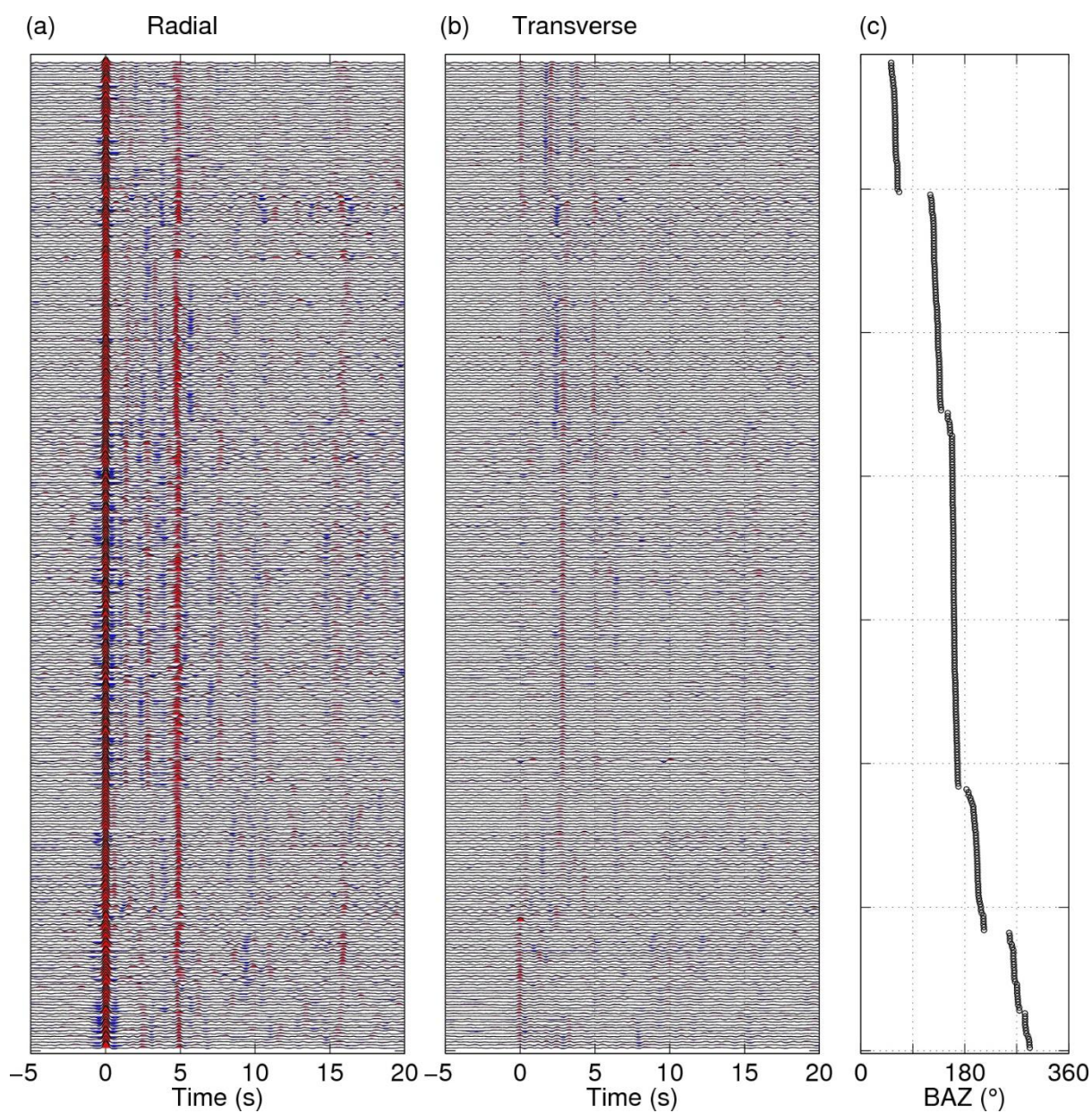
AL31, DM31 болон ER31 станцуудад бүртгэгдсэн холын газар хөдлөлтүүдийн сейсмограммыг ашиглан радиал байгуулагчаас босоо байгуулагчийг деконволюци хийх замаар радиал хүлээн авагчийн функцүүдийг станц тус бүрээр бодон гаргав.

Холын газар хөдлөлтүүдийн сейсмограммыг хүлээн авагчийн функцийн анализад бэлтгэсний дараа сайжруулсан, спектр анализ хийх цонхыг сунгасан, олон конус хэлбэрийн цонхоор авсан спектр анализын аргыг [12] хүлээн авагчийн функцүүдийг бодоход ашиглав. Жишээ болгож DM31 станцын хувьд бодогдсон хүлээн авагчийн функцүүдийг Зураг 5 болон 6-д үзүүлэв. Бусад 2 станцын хүлээн авагчийн функцүүдийг Хавсралт А-д үзүүлэв. Зураг 5-аас үзэхэд, холын газар хөдлөлтийн долгионы шууд ирж буй P фаз болон түүний Мохо заагт хугарч үүссэн $P-S$ фаз радиал хүлээн авагчийн функцийн хугацааны тэнхлэгийн 0 болон ~ 5 сек орчимд тодорхой харагдаж байна. Мөн тангенциал хүлээн авагчийн функцийн далайц нь радиал байгуулагчийн шуугианы түвшинтэй ойролцоо байна.

Зураг 6-д DM31 станцын радиал болон тангенциал хүлээн авагчийн функцүүдийг азимутийн дарааллаар зурж үзүүлэв. Эндээс үзэхэд P долгионы Мохо заагт хугарч үүссэн долгионы $P-S$ фаз нь тангенциал байгуулагчаас илүү радиал байгуулагч дээр 5 сек-ийн орчим илүү тод ажиглагдаж байна. Тангенциал хүлээн авагчийн функцийн далайц буюу энергийн хэмжээ харьцангуй бага байгаа учраас царцдас мандлын тогтцыг хэвтээ чиглэлд үелж тогтсон гэж авч үзээд радиал хүлээн авагчийн функцүүдийг инверсид оруулав.



Зураг 5. Зураг 2-т үзүүлсэн холын газар хөдлөлтийн радиал болон тангенциал хүлээн авагчийн функцүүд



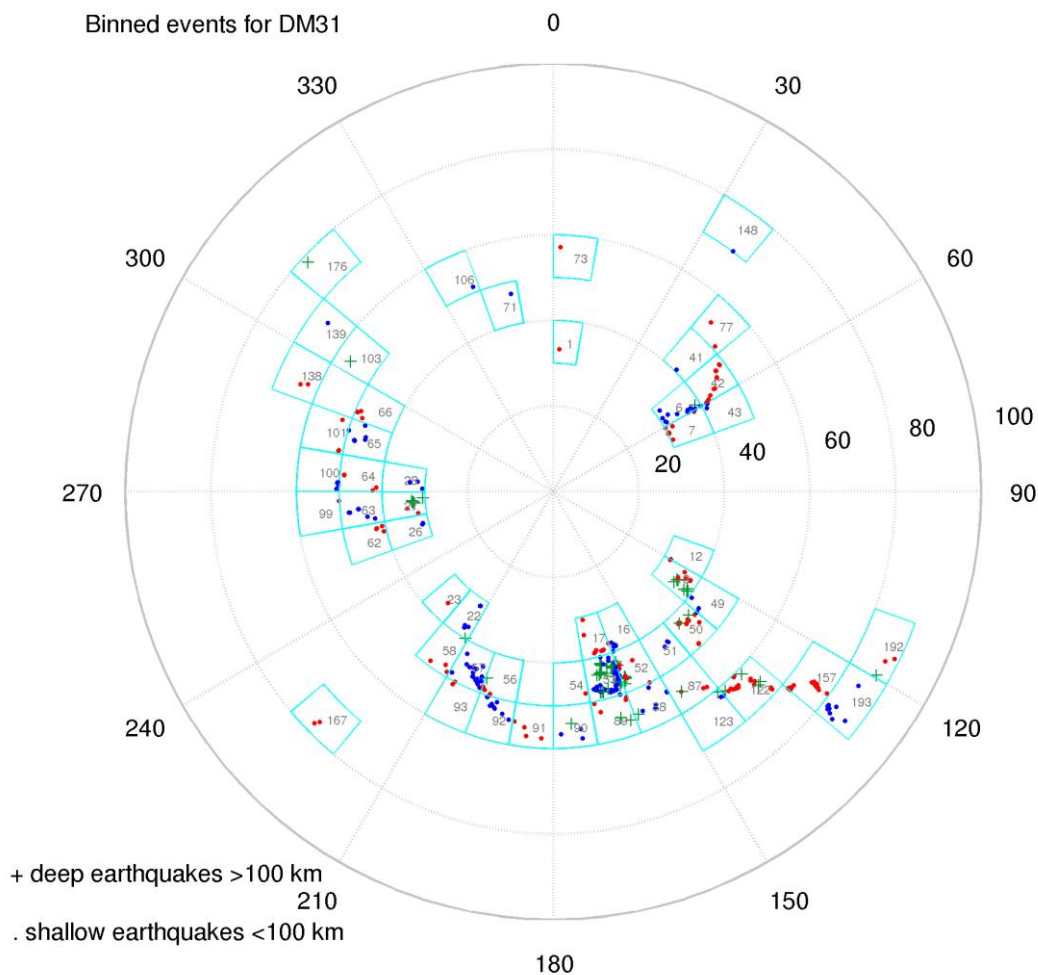
Зураг 6. DM31 станцад ажиглагдсан радиал (a) болон тангенциал (b) хүлээн авагчийн функцүүд. Дугуй тойргуудаар (c) хүлээн авагчийн функц тус бүрийн азимутыг үзүүлэв.

Ажиглагдсан хүлээн авагчийн функц болгоныг инверсид оруулах боломжгүй учраас тэдгээрийг шинж чанараар нь бүлэглэн хуваах нь анализын бас нэг чухал хэсэг юм. Ямар нэгэн цэгт болж байгаа холын газар хөдлөлтүүдийн долгионууд нь голомтоос тархаж газар хөдлөлт бүртгэх станцад бүртгэгдэх хүртлээ нэг ижил төрлийн структурыг туулна. Иймд эдгээр холын газар хөдлөлтүүдийн ажиглагдсан хүлээн авагчийн функцүүд нь хэлбэр дүрс, давтамжийн бүтцийн хувьд өөр хоорондоо адилхан байдаг учраас холын газар хөдлөлтүүдийг азумит болон зайгаар нь бүлэглэн хуваадаг.

Энэ судалгаанд авсан холын газар хөдлөлтүүдийн тархалт нь нэгэн жигд биш, азимутын хүрээ нь хангалттай биш байсан болно. Сонгож авсан станцуудын хувьд холын газар хөдлөлтийн сигналуудын ихэнх нь зүүн хойд, зүүн болон зүүн өмнөд зүгээс ирсэн байна. Бусад азимутаас ирж буй газар хөдлөлтүүдийн тоо цөөхөн бөгөөд тархалт нь маш сийрэг байна. Иймд жигд бус тархалтыг нь харгалзан үзэж сонгосон газар хөдлөлтүүдийг

туйлын координатын системд $10^\circ \times 10^\circ$ хэмжээтэй үүрүүдэд хуваасан болно (Зураг 7). Хуваалтын эхлэлийн азимут нь 0° бөгөөд эхлэлийн зай нь 30° болно. Мөн түүнчлэн сонгосон холын газар хөдлөлтүүдийг тэдгээрийн голомтын гүнээр нь 100 км хүртэл ба 100 км-ээс дээш гэж ангилав.

Ийнхүү холын газар хөдлөлтүүдийг азимут, зай болон гүнээр нь бүлэглэн хуваасны дараа үүр тус бүр дэх ажиглагдсан хүлээн авагчийн функцүүдийг хугацааны мужид нэмж дундажлан тухайн үүрийг төлөөлөх нэг хүлээн авагчийн функцүүдийг тодорхойлов. Ингэж нэмж дундажлах нь дундаж хүлээн авагчийн функцийг сигнал-шуугианы харьцааг өсгөхөд тустай юм. Тухайн нэг үүрт байгаа ажиглагдсан хүлээн авагчийн функцүүдийн азимут болон зай нь бараг ижил тул нэмж дундажлахдаа нормчлоогүй болно. Төгсгөлд нь дундаж хүлээн авагчийн функцүүдийг инверсид оруулж сейсмик S долгионы хурдны загваруудыг тооцоолов.



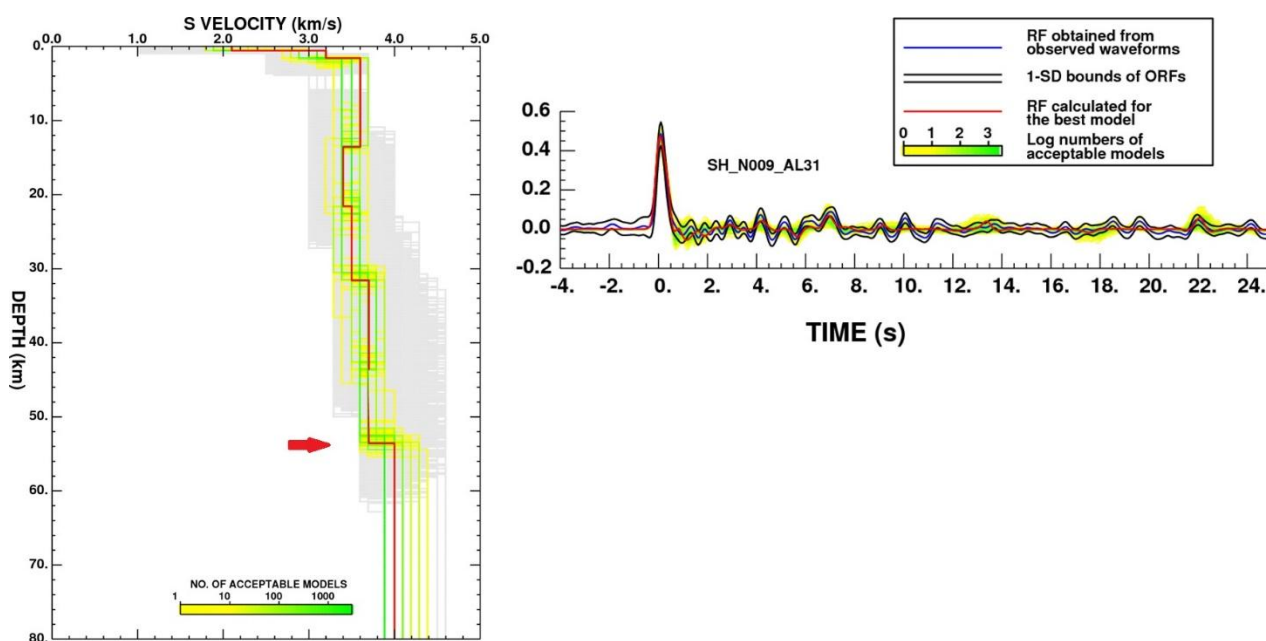
Зураг 7. DM31 станцын холын газар хөдлөлтүүдийн тархалтыг туйлын координатын систем дээр үзүүлэв. Нэг үүрийн хэмжээ нь $10^\circ \times 10^\circ$ бөгөөд үүрүүдийн дугаарыг тархалтын зурагт үзүүлэв. Улаан болон хөх цэгээр 100 км хүртэлх гүнтэй газар хөдлөлтийг, ногоон цэгээр 100 км-ээс илүү гүнтэй газар хөдлөлтийг төлөөлүүлэв.

IV.Б Генетик алгоритмын инверсийн үр дүн

AL31 станц

AL31 өргөн зурвасын станц нь Монгол орны баруун хэсэгт, Алтайн нуруунд 1861 метрийн өндөрт байрлана (Зураг 13). Тус станцын хувьд сонгогдсон 420 холын газар хөдлөлтүүдийн ажиглагдсан хүлээн авагчийн функцүүдийн графикаас (Зураг А-1) үзэхэд радиал хүлээн авагчийн функцүүд нь нэлээд төвөгтэй, хэлбэлзэл ихтэй байна. Р долгионы Мохо зааг дахь хувирал Р-S фазын далайц бага, түүнээс гадна царцдас мандалд ойсон хугарсан болон шинээр үүссэн долгионы фазууд шууд ирж буй Р долгион болон Р-S фазын хооронд, мөн Р-S фазын дараа харьцангуй өндөр далайцтай

ажиглагдаж байна. Энэхүү хүлээн авагчийн функцийн түвэгтэй байдал нь инверсийн үр дүнд муугаар нөлөөлж байна. Инверсийн үр дүнгээс үзэхэд AL31 станцын зөвхөн N009 үүрийн үр дүнд тайлал хийх бололцоотой байна. N009 үүрийн инверсийн үр дүнгээс үзэхэд царцдас мандлын зузаан буюу Мохо зааг 53.6 км-т оршиж байна (Зураг 8). Мөн түүнчлэн S долгионы хурдны тогтоц газрын гадаргуугаас доошоо аажмаар нэмэгдэж 53.6 км-ийн орчимд S долгионы хурд огцом өөрчлөгдөж дээд цаваг мандлын утга руу ойртож байна.



Зураг 8. AL31 станцын N009 үүрийн дундаж хүлээн авагчийн функцийн инверсийн үр дүн болох S долгионы хурдны тогтоц. Зургийн баруун талд ажиглагдсан болон синтетик хүлээн авагчийн функцүүдийн давхцалыг үзүүлэв. Хөх шугамаар ажиглагдсан дундаж хүлээн авагчийн функцийг, хар шугамаар дундаж хүлээн авагчаас нэг стандарт хазайлтад байгаа хүлээн авагчийн функцүүдийг, шараас ногоон руу хувирсан шугамаар нэг стандарт хазайлт дотор байгаа синтетик хүлээн авагчийн функцүүдийг, улаан шугамаар хамгийн бага алдаа бүхий сейсмик хурдны загварын синтетик хүлээн авагчийн функцийг үзүүлэв. Мохо заагийг улаан сумаар заав.

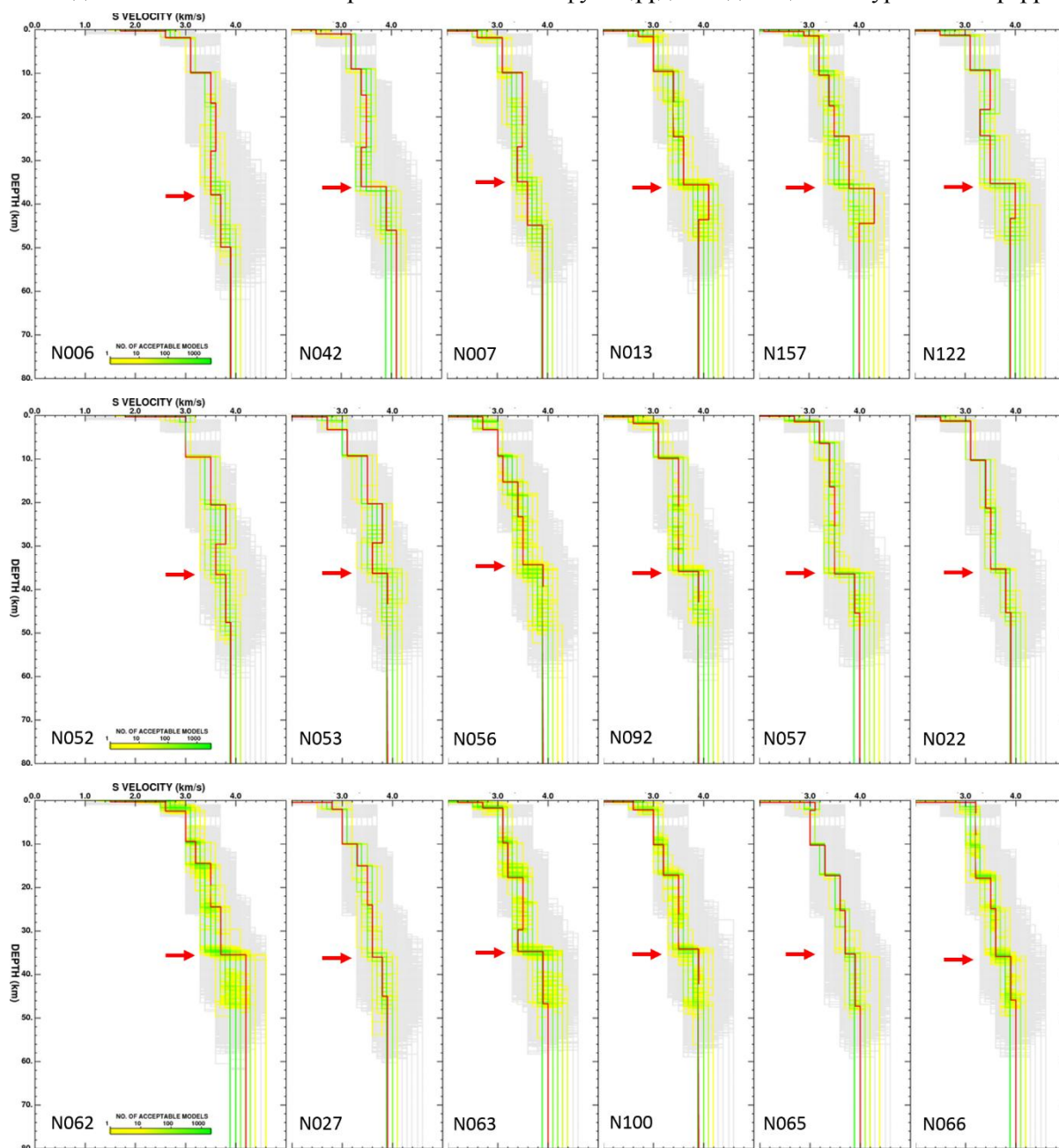
DM31 станц

DM31 станц нь Монгол орны зүүн хязгаарт нам дор газар оршино. Газрын өндөршил нь 1000 метр. Энэ станцын хувьд 408 тооны холын газар хөдлөлтүүд сонгогдсон бөгөөд тэдгээрийн ажиглагдсан радиал хүлээн авагчийн функцүүдийн графикаас (Зураг 6) үзэхэд Р долгионы Мохо зааг дээрх хувирал болох долгионы Р-S фаз бүх азимутаар тодорхой харагдаж байна. Мөн түүнчлэн царцдас мандалд ойсон хугарсан болон сүүлд шинээр

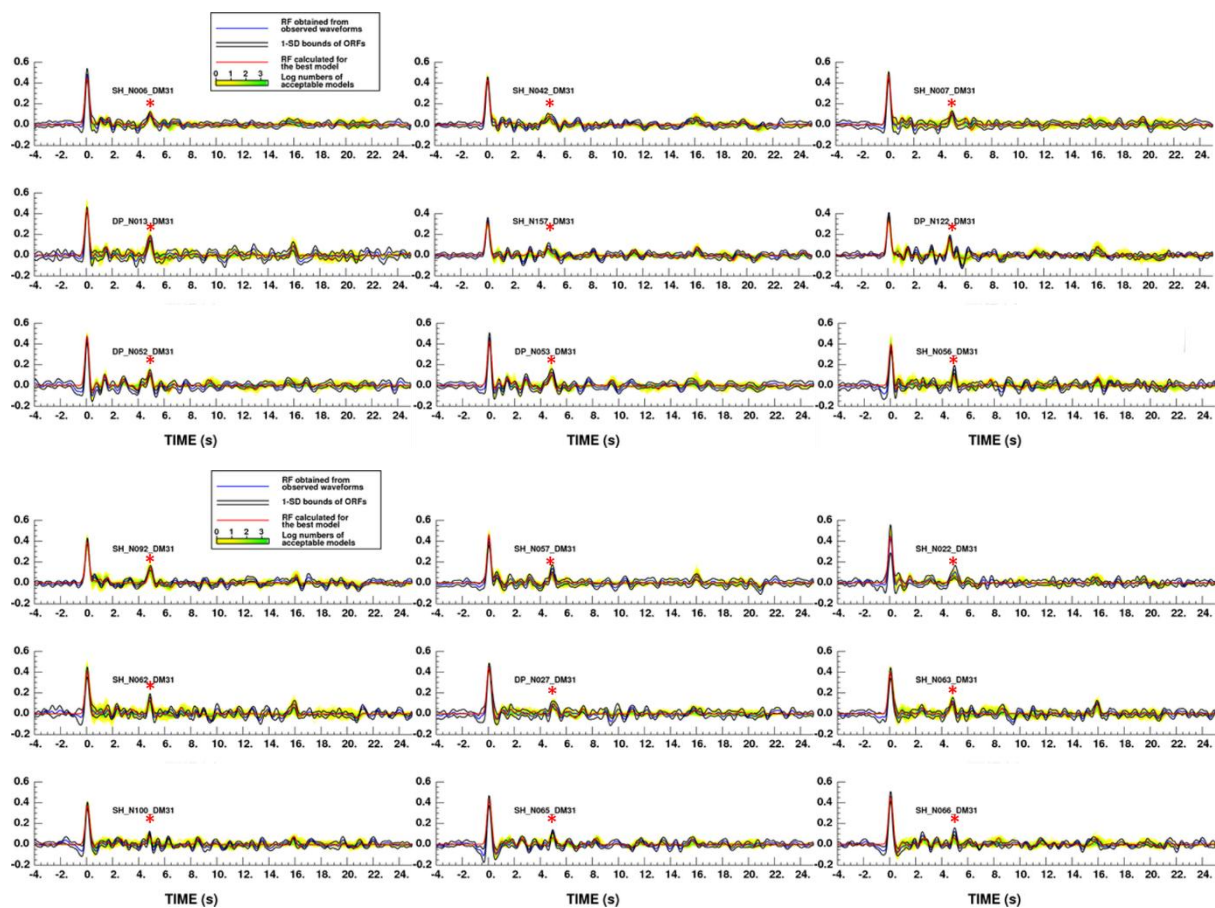
үүссэн фазууд радиал байгуулагч дээр шууд ирж буй Р болон Р-S фазуудын хооронд ажиглагдаж байна.

Инверсийн үр дүнг нарийвчлан шалгасны дараа DM31 станцын 18 тооны үүрийн инверсийн үр дүнд тайлал хийж (Зураг Б-2) Мохо заагийг 35.7 ± 0.9 км гүнд байна гэж тодорхойлов. Сонгож авсан азимутуудын сейсмик S долгионы хурд гүн лүү аажмаар өсөж байгааг Зураг 9-д,

ажиглагдсан болон синтетик хүлээн авагчийн функцүүдийн давхцалыг Зураг 10-г үзүүлээ.



Зураг 9. DM31 станцын хүлээн авагчийн функцүүдийн инверсийн үр дүн болох сейсмик S долгионы хурдны тогтцууд. N индексүүд (N052 г.м) нь Зураг Б-2 дээрх үүрийн дугаарыг илэрхийлнэ. Саарлаар будагдсан талбай нь генетик алгоритмын үед бий болсон 200.000 сейсмик хурдны загварыг илэрхийлнэ. Нэг стандарт хазайлт доторх синтетик хүлээн авагчийн функцүүдэд хамаарах хурдны загваруудыг шараас ногоон руу хувьссан өнгөөр тэмдэглэв. Хамгийн бага алдаа бүхий хурдны загварыг улаанаар үзүүлэв. Улаан сумуудаар азимут бүрийн Мохо заагийг тэмдэглэв.

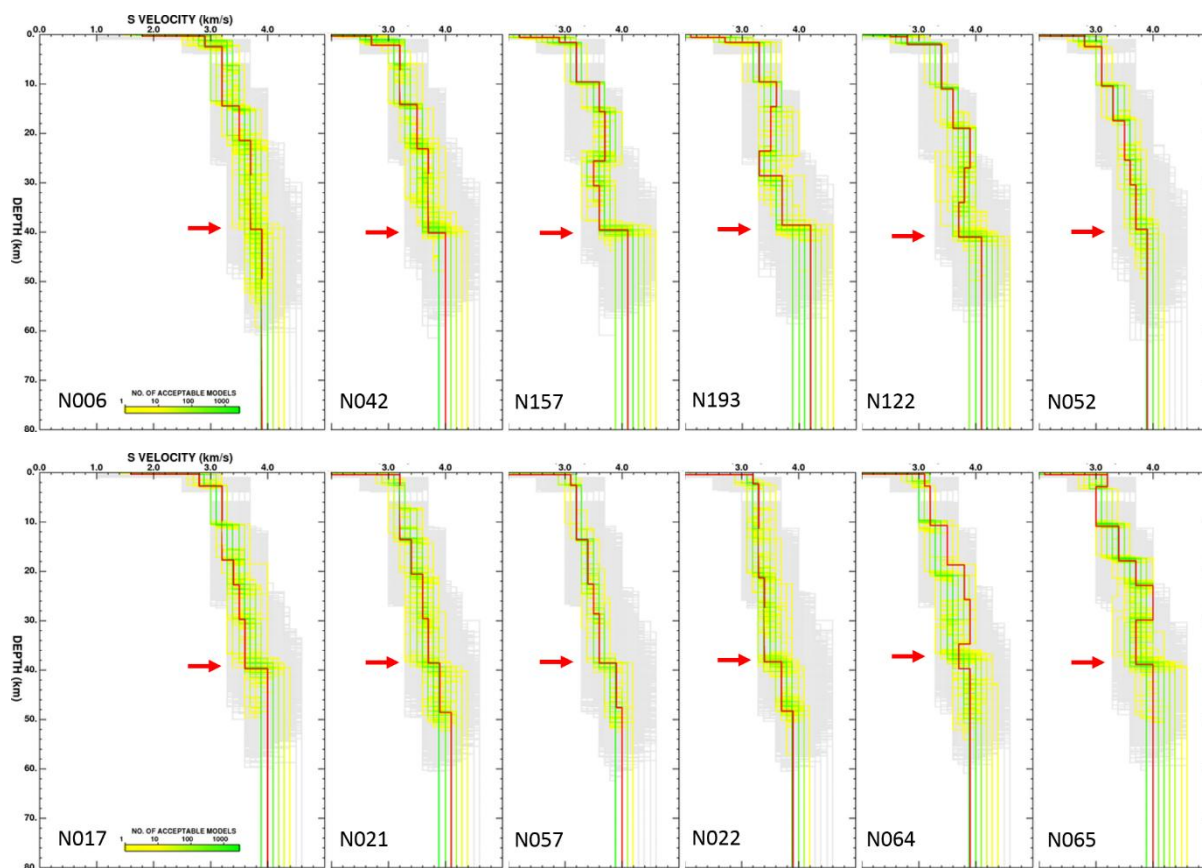


Зураг 10. DM31 станцын ажиглагдсан болон синтетик хүлээн авагчийн функцүүдийн давхцлын график. Хөх шугамаар ажиглагдсан дундаж хүлээн авагчийн функцийг, хар шугамаар дундаж хүлээн авагчаас нэг стандарт хазайлтанд байгаа хүлээн авагчийн функцүүдийг, шараас ногоон руу хувирсан шугамаар нэг стандарт хазайлт дотор байгаа синтетик хүлээн авагчийн функцүүдийг, улаан шугамаар хамгийн бага алдаа бүхий сейсмик хурдны загварын синтетик хүлээн авагчийн функцийг үзүүлэв. Улаан одоор P долгионы Мохо зааг дахь хувирал болох P-S фазыг тэмдэглэв.

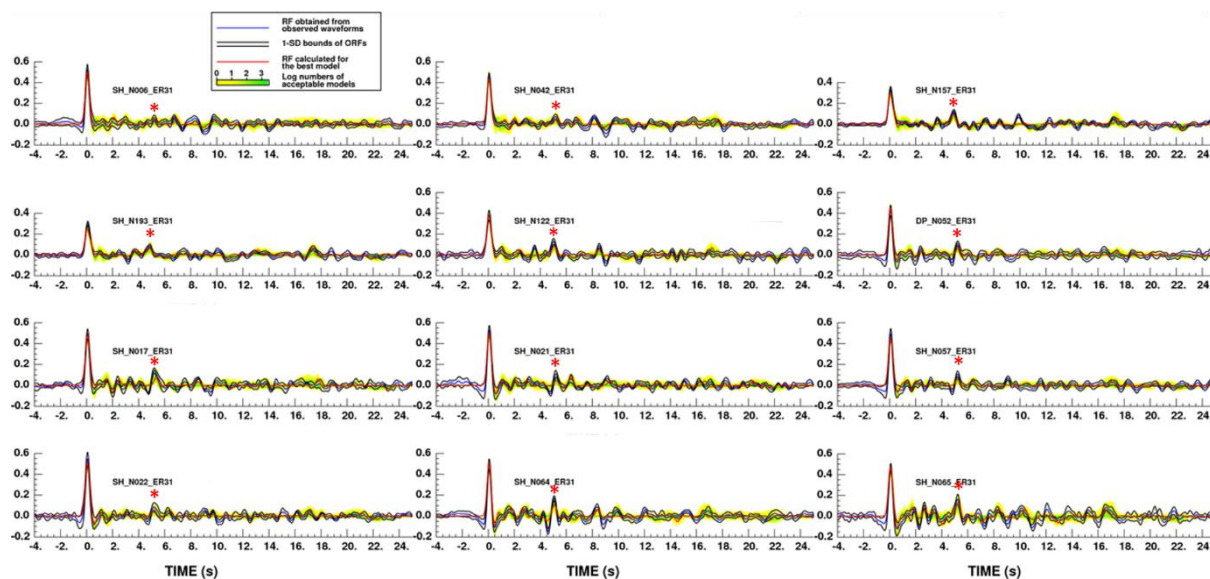
ER31 станц

ER31 өргөн зурвасын станц нь Монгол орны зүүн өмнөд өндөршил нь 1200 метр нам дор газар оршино. 379 ширхэг холын газар хөдлөлтийг анализ хийхээр сонгож авсан болно. Тус станцын ажиглагдсан радиал хүлээн авагчийн функцийн графикаас (Зураг А-2) үзэхэд, долгионы P-S фаз азимут бүрд тодорхой харагдаж байна. Мөн DM31 станцын адилаар царцдас мандалд ойсон хугарсан болон сүүлд шинээр үүссэн фазууд радиал байгуулагч дээр шууд ирж буй P болон P-S фазуудын хооронд ажиглагдаж байна.

Тайлалд сонгож авсан 12 үүрийн (Зураг Б-3) инверсийн үр дүнгээс үзэхэд ER31 станцын доорх Мохо заагийг 39.3 ± 0.7 км-т (Зураг 11) байна гэж тодорхойлов. Сонгож авсан азимутуудын сейсмик S долгионы хурд гүн лүү аажмаар өсөж байна (Зураг 11). Царцдас мандлын зузааны азимутаас хамаарсан өөрчлөлт ажиглагдаагүй болно. Ажиглагдсан болон синтетик хүлээн авагчийн функцүүдийн давхцалыг Зураг 12-т үзүүллээ.



Зураг 11. ER31 станцын хүлээн авагчийн функцүүдийн инверсийн үр дүн болох сейсмик S долгионы хурдны тогтцууд. N индексүүд (N017 г.м) нь Зураг Б-3 дээрх үүрийн дугаарыг илэрхийлнэ. Саарлаар будагдсан талбай нь генетик алгоритмын үед бий болсон 200,000 сейсмик хурдны загварыг илэрхийлнэ. Нэг стандарт хазайлт доторх синтетик хүлээн авагчийн функцүүдэд хамаарах хурдны загваруудыг шараас ногоон руу хувьссан өнгөөр тэмдэглэв. Хамгийн бага алдаа бүхий хурдны загварыг улаанаар үзүүлэв. Улаан сумуудаар азимут бүрийн Мохо заагийг тэмдэглэв.



Зураг 12. ER31 станцын ажиглагдсан болон синтетик хүлээн авагчийн функцүүдийн давхцалын график. Хөх шугамаар ажиглагдсан дундаж хүлээн авагчийн функцийг, хар шугамаар дундаж хүлээн авагчаас нэг стандарт хазайлтад байгаа хүлээн авагчийн функцүүдийг, шараас ногоон руу хувирсан шугамаар нэг стандарт хазайлт дотор байгаа синтетик хүлээн авагчийн функцүүдийг, улаан шугамаар хамгийн бага алдаа бүхий сейсмик хурдны загварын синтетик хүлээн авагчийн функцийг үзүүлэв. Улаан одоор P долгионы Мохо зааг дахь хувирал болох P-S фазыг тэмдэглэв.

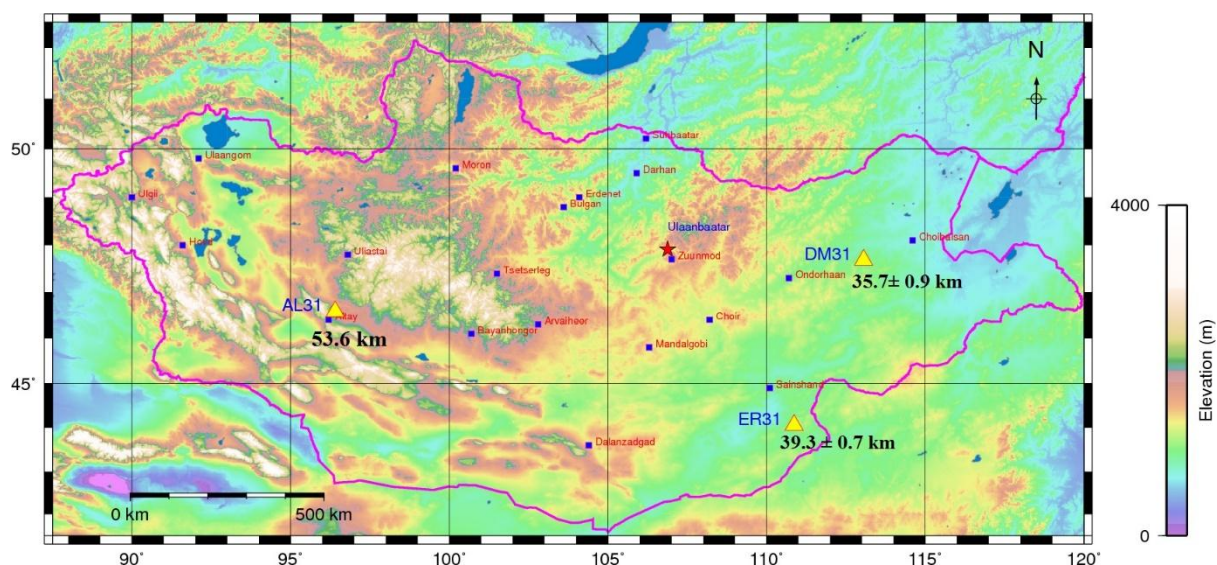
ДҮГНЭЛТ

AL31, DM31 болон ER31 өргөн зурвасын гурван байгуулагч бүхий станцуудын доорх царцдас мандлын сейсмик хурдны тогтцыг хүлээн авагчийн функцийн арга болон генетик алгоритм ашиглан судлав. AL31 станцын ажиглагдсан хүлээн авагчийн функцүүд нь (Зураг А-1) бусад хоёр станцыгаа бодвол нэлээд түвэгтэй, долгиолсон, далайц ихтэй ойсон хугарсан фазуудыг илүү агуулсан учир N009 үүрийн үр дүнгээс бусад инверсийн үр дүнгээр тус станцын доорх царцдас мандлын сейсмик хурдны тогтцыг тодорхойлох боломжгүй байв.

Инверсийн үр дүнгээс AL31, DM31 болон ER31 станцуудын доорх царцдас мандлын дундаж зузааныг 53.6 км , $35.7 \pm 0.9\text{ км}$ болон $39.3 \pm 0.7\text{ км}$ гэж тус бүрд нь тодорхойлов (Зураг 13). AL31 станц нь

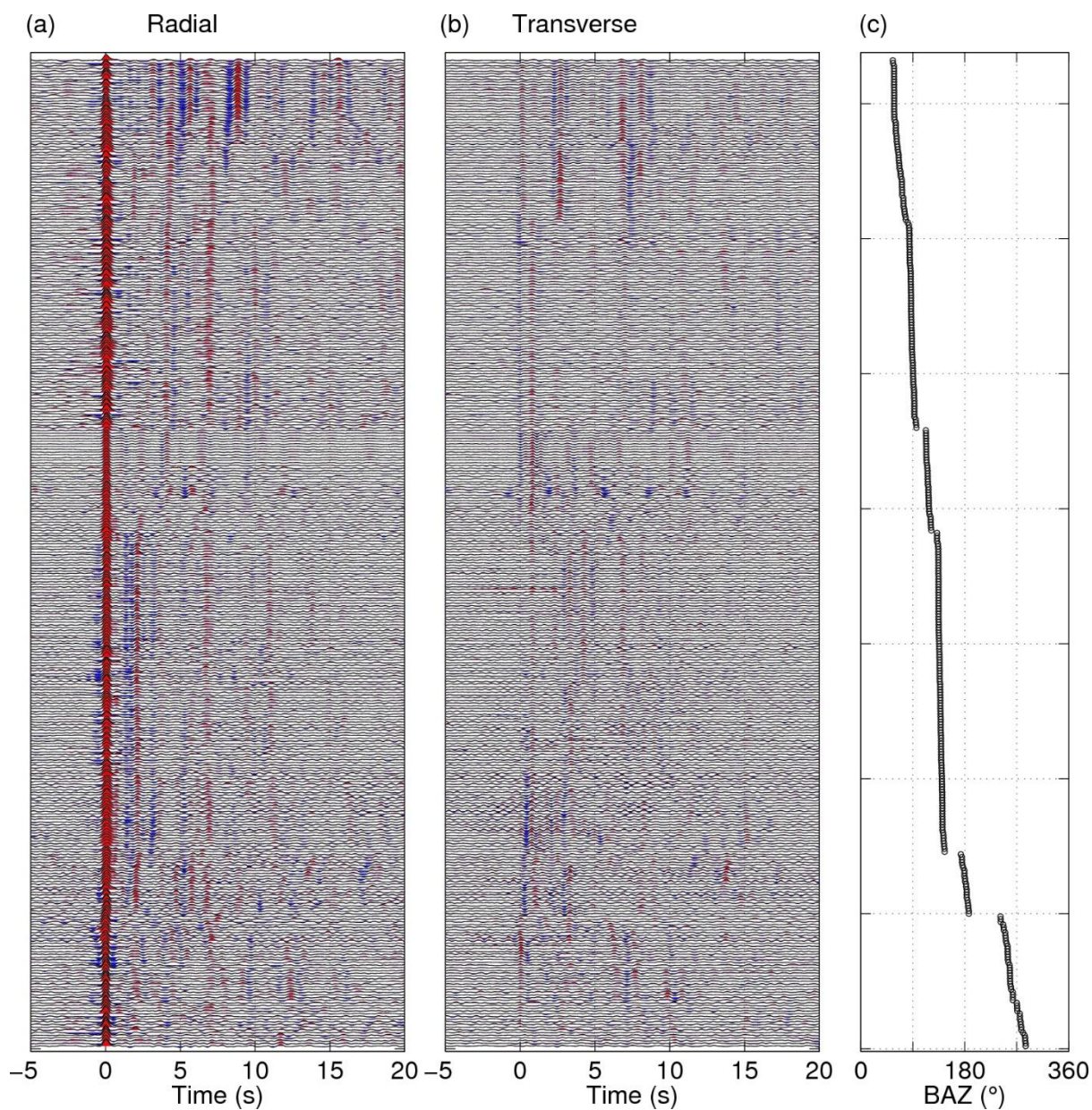
уулархаг, өндөрлөг газар байрладаг бол DM31, ER31 станцууд нь Монгол орны зүүн хэсэгт нам дор газар оршино. Иймд эдгээр станцуудын доорх царцдас мандлын зузааны ялгаа нь изостатик тэнцлийн хуулиар [13] тайлбарлагдаж болох юм. Мөн түүнчлэн станц бүрийн доорх сейсмик S долгионы хурдны тогтоц нь гүн лүүгээ аажмаар өсөж байна. Хурдны загварт хурдны бага үе ажиглагдсангүй.

Цаашид AL31 станцын доорх царцдас мандлын судалгааг өөр аргаар, тухайлбал хүлээн авагчийн функцийн H-k анализын аргаар судлах хэрэгтэй. Мөн судалгааны үр дүнг тухайн бүс нутагт хийгдсэн геологи болон геофизикийн судалгааны үр дүнтэй харьцуулан үзэх хэрэгтэй.

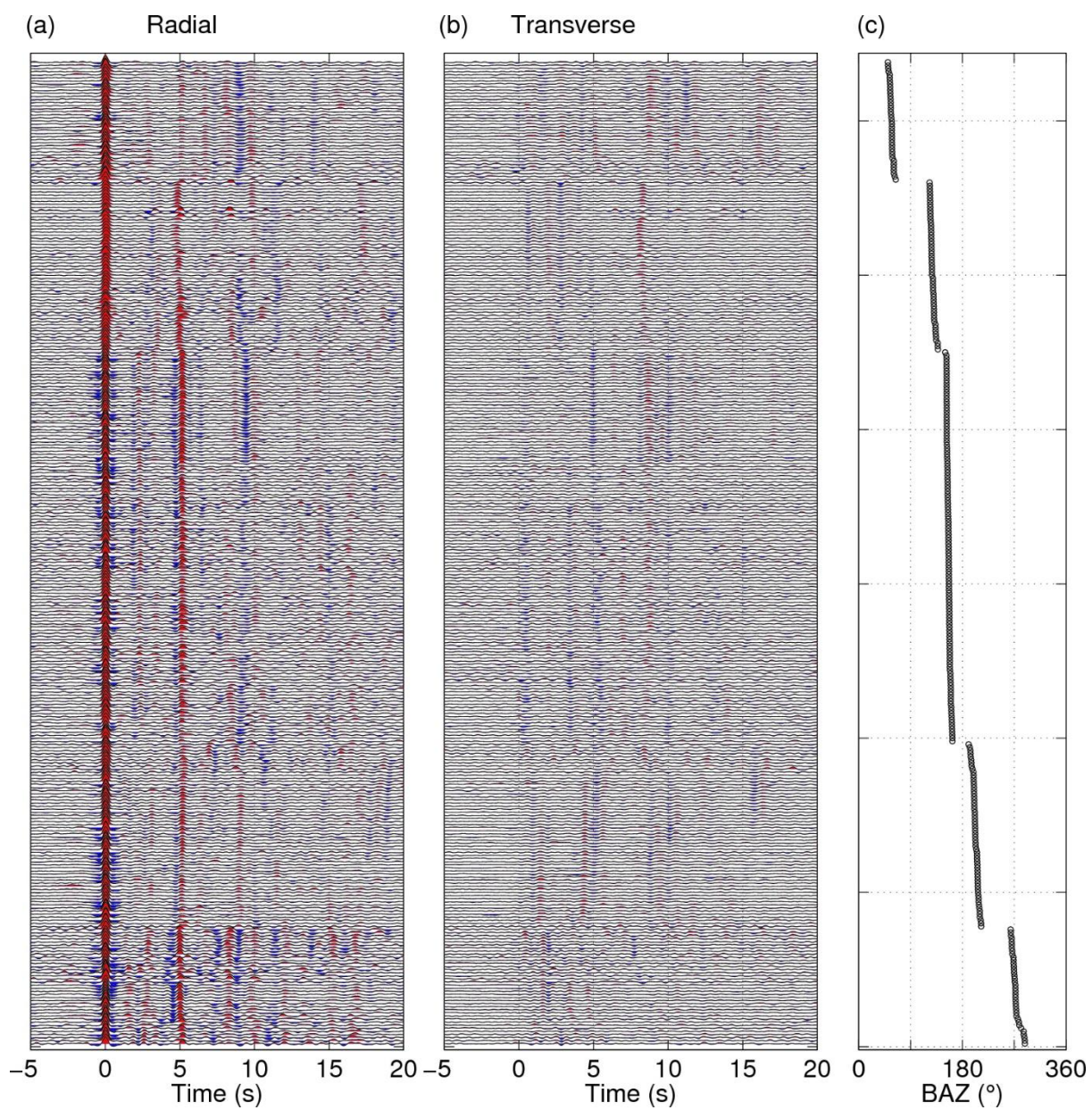


Зураг 13. Хүлээн авагчийн функцийн анализаар тодорхойлсон AL31, DM31 болон ER31 станцуудын доорх царцдас мандлын зузаан. Шар өнгөтэй гурвалжингаар газар хөдлөлт бүртгэх станцуудыг тэмдэглэв. Станц бүрийн доорх царцдас мандлын зузааныг тоогоор үзүүлэв.

ХАВСРАЛТ-А: AL31 болон ER31 станцуудын ажиглагдсан хүлээн авагчийн функцүүд

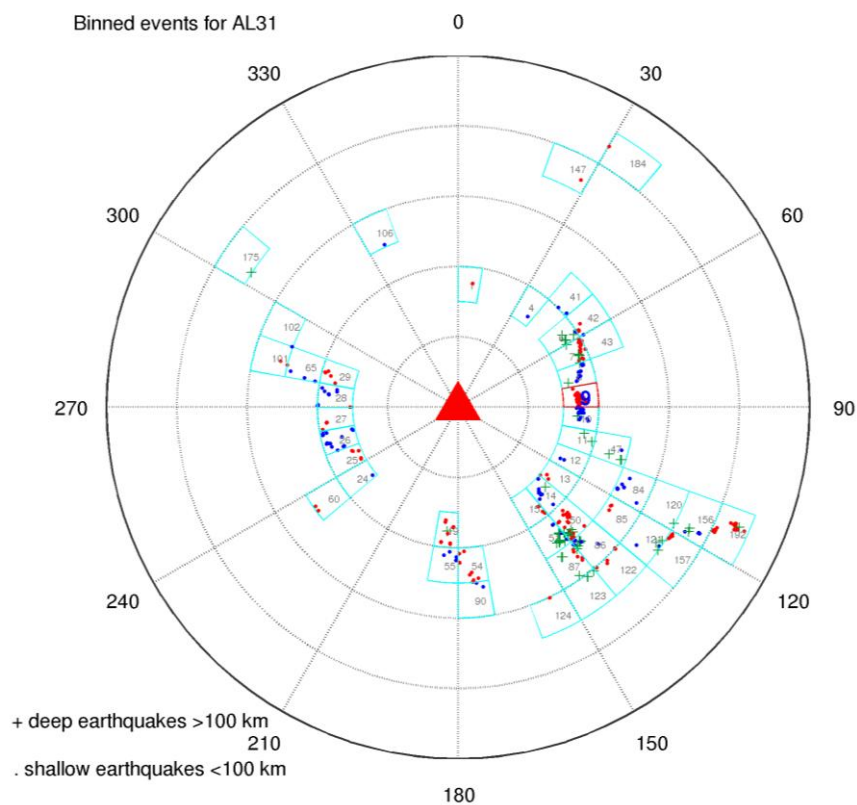


Зураг А-1. AL31 станцад ажиглагдсан радиал (а) болон тангенциал (b) хүлээн авагчийн функцүүд. Дугуй тойргуудаар (c) хүлээн авагчийн функц тус бүрийн азимутыг үзүүлэв.

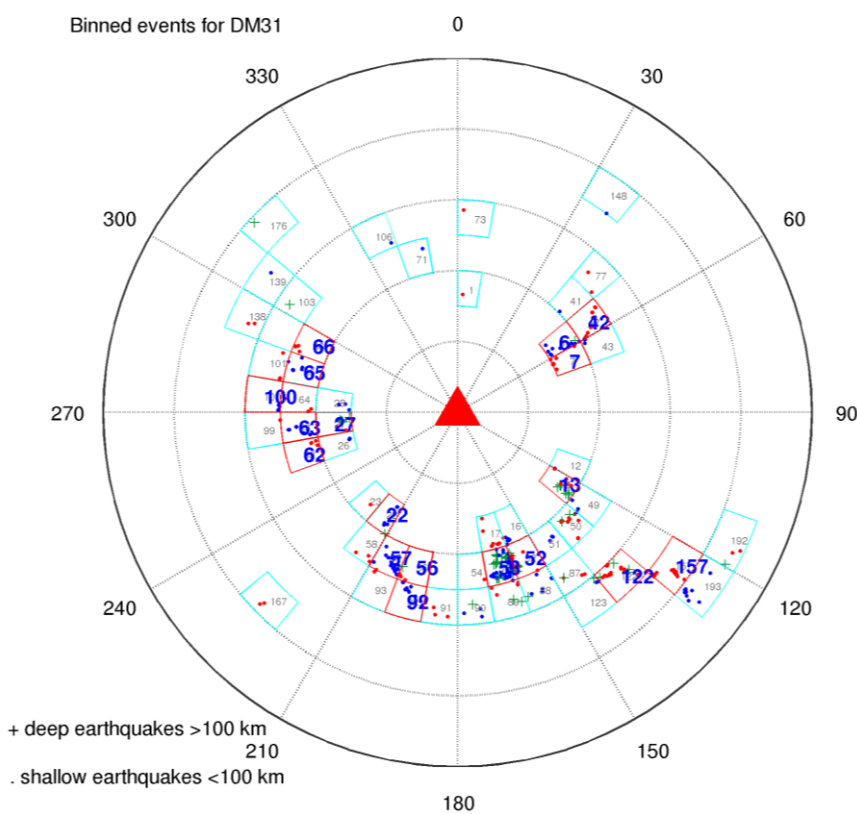


Зураг А-2. ER31 станцад ажиглагдсан радиал (а) болон тангенциал (b) хүлээн авагчийн функцүүд. Дугуй тойргуудаар (c) хүлээн авагчийн функц тус бүрийн азимутыг үзүүлэв.

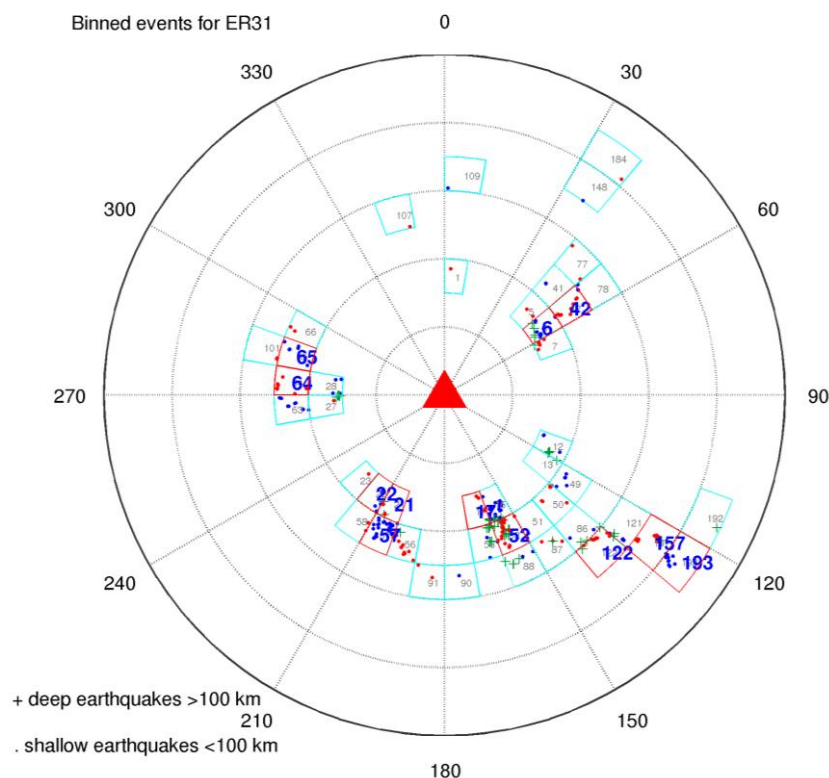
ХАВСРАЛТ-Б: Холын газар хөдлөлтүүдийн тархалт



Зураг Б-1. AL31 станцын холын газар хөдлөлтүүдийн туйлын координатын систем дээрх тархалт. Улаанаар инверсийн үр дүнг нь тайлалд оруулсан үүрийг тэмдэглэв.



Зураг Б-2. DM31 станцын холын газар хөдлөлтүүдийн туйлын координатын систем дээрх тархалт. Улаанаар инверсийн үр дүнг нь тайлалд оруулсан үүрийг тэмдэглэв.



Зураг Б-3. ER31 станцын холын газар хөдлөлтүүдийн туйлын координатын систем дээрх тархалт. Улаанаар инверсийн үр дүнг нь тайлалд оруулсан үүрийг тэмдэглэв.

1. Ammon, C. J., Randall, G. E., and Zandth, G., 1990, On the non-uniqueness of receiver function inversions, J. Geophys. Res., 95, 15303-15318.
2. Clayton, R.W., Wiggins, R. A., 1976, Source shape estimation and deconvolution of teleseismic body waves, Geophys. J. R. astr. Soc., 47, 151-177.
3. Crotwell, H. P., Owens, T., and Ritsema, J., 1999, The TauP Toolkit: Flexible seismic travel-time and ray-path utilities, Seismological Research Letters 70, 154-160
4. Goldstein, P., A. Snoke, 2005, "SAC Availability for the IRIS Community", Incorporated Institutions for Seismology Data Management Center Electronic Newsletter.
5. Kurita, T., 1973, Regional variations in the structure of the crust in the central United States from P-wave spectra, Bull. Seism. Soc. Am., 63, 1663-1687
6. Langston, C. A., 1979, Structure under Mount Rainier, Washington, inferred from teleseismic body waves, J. Geophys. Res., 84, 4749-4762.
7. Owens, T. J., Zandt, G., and Taylor, S. R., 1984, Seismic evidence for an ancient rift beneath the Cumberland Plateau, Tennessee: A detailed analysis of broadband teleseismic P waveforms, J. Geophys. Res., 89, 7783-7795.
8. Park, J., Lindberg, CR., Vernon, FL., 1987, Multitaper Spectral-Analysis of High-Frequency Seismograms. Journal of Geophysical Research-Solid Earth and Planets. 92:12675-12684.
9. Park, J., and Levin, V., 2000, Receiver functions from multiple-taper spectral correlation estimates, Bull. Seismo. Soc. Am., 90, 1507-1520.
10. Sambridge, Malcolm., and Drijkoningen, Guy., 1992, Genetic algorithms in seismic waveform inversion, Geophys. J. Int., 109, 323-342.
11. Shibutani, T., Sambridge, M., and Kenneth, B., 1996, Genetic algorithm inversion for receiver functions with application to crust and uppermost mantle structure beneath Eastern Australia, Geophys. Res. Lett., 23, 1829-1832.
12. Shibutani, T., Ueno, T., and Hirahara, K., 2008, Improvement in the extended-time multitaper receiver function estimation technique, Bull. Seism. Soc. Am., 98, 812-816, 2008, doi:10.1785/0120070226.
13. Turcotte, D. L., and Schubert, G., 2002, Geodynamics, 219 p.

Abstract

Crustal and upper mantle shear wave velocity structure beneath AL31, DM31 and ER31 broadband stations was estimated using receiver function technique. Receiver functions were calculated from about 400 teleseismic event for every station, respectively. Stacked receiver functions were inverted for 1D shear wave velocity model with genetic algorithm. Crustal thickness under stations estimated as 53.6 km, 35.7 km and 39.3 km. Difference in crustal thickness can be explained by isostatic compensation. There is no low velocity layer in velocity structure.

Эмээлт Орчмын Талбайн Сейсмик Долгионд Үзүүлэх Нөлөөлөл

М.Дэмбэрэлдулам (M.S) Ч.Одонбаатар (Ph.D)

Монгол улс, ШУА-ийн Одон Орон, Геофизикийн хүрээлэн

m_demberel@iaq.ac.mn

Газар хөдлөлтийн долгион нь сэвсгэр хурдсанд тодорхой давтамжийн мужид өсгөлт болдог. Энэхүү резонанс болох давтамжийн мужлалын зургийг зохиох зорилгоор Эмээлт судалгааны талбайд инженер геологи болон геофизикийн судалгаанаас гадна 90 цэгт сейсмик шумын хэмжилт, 8 цэгт сул газар хөдлөлийн хэмжилт хийв. Зонхилох давтамжийн мужлалыг сул газар хөдлөлт болон микротреморын хувьд спектр харьцааны аргаар тодорхойлов. Харин хөрсний өсгөлтийг тооцоолохдоо сейсмик хайгуул, гравитайгуул болон онолоор тооцоолон гаргасан синтетик сейсмограмыг хэрэглэв. Судалгааны ажлын үр дүнгээс харахад Эмээлт орчмын талбай нь 2- 4 Гц, 4- 8 Гц, 8- 12 Гц болон зонхилох давтамжгүй гэсэн 4 давтамжийн бүсэд хуваагдаж байна. Эдгээр давтамжийн бүс бүрийн хувьд хөрсний оргил хурдатгалын өсгөлтийн хэмжээг онолын болон эмпирик аргаар тооцоолон гаргав.

Түлхүүр үг: газар хөдлөлтийн аюулын үнэлгээ, хөрсний оргил хурдатгал, зонхилох давтамж

PACS numbers: 91.30.Bi, 91.30.Px

I. УДИРДТГАЛ

Газар хөдлөлтийн аюулын үнэлгээ нь дараах 3 хэсгээс хамаардаг. Үүнд: Голомтод үүсэх үйлчлэл, долгионы тархалтын зайнаас хамаарах замхрал болон үнэлгээ хийж буй газрын орчны геологийн долгионд үзүүлэх нөлөөлөл гэсэн үндсэн гурван параметр орно. Энэхүү орчны геологийн газар хөдлөлтийн долгионд үзүүлэх үйлчлэлийг Site effect буюу талбайн нөлөөлөл гэнэ. Талбайн нөлөөлөл нь тухайн орчны инженер геологийн нөхцөл, хөрсний усны гүн болон сэвсгэр хурдасны зузаан, түүгээр тархах сейсмик долгионы хурд, орчны топограф зэргээс хүчтэй хамаардаг. Талбайн нөлөөллийг судлахдаа олон улсын практикт олон янзын аргачлал хэрэглэж байна. Тухайн орчны инженер геологи болон усны түвшнээс хамаарах баллын зөрүүг бодох аргыг [1] Улаанбаатар хотын бичил мужлалын ажлыг хийхэд ашиглаж байсан байна. Түүнчлэн Америк, Турк зэрэг оронд 30 метр хүртэлх хөрсөөр тархах хөндлөн долгионы дундаж хурдны утгаар нь (V_s30) долгионы амлитудын дундаж өсгөлтийг үнэлэх аргачлалыг бичил мужлалын норм дүрэмд тусган оруулсан байдаг. [4] Сүүлийн жилүүдэд сэвсгэр хурдасны хариу спектрийг хадан болон сэвсгэр хурдсанд бичигдсэн газар хөдлөлтийн спектр харьцаагаар тодорхойлох [2], тухайн орчны физик параметрийг тодорхойлсноор онолын хувьд сэвсгэр хурдасны өсгөлт болон өсгөлт болж буй давтамжийг тодорхойлох арга түгээмэл болсоор байна. Түүнчлэн хөрсний зонхилох давтамжийг хөндлөн долгионы босоо болон хэвтээ байгуулагчийн спектр харьцааны аргаар тодорхойлж байна. [3] Энэхүү

судалгааны ажилд талбайн нөлөөллийг тогтоохдоо микротремор болон сул газар хөдлөлтийн спектр харьцааны арга болон шууд бусаар онолын хувьд тооцоолох аргачлалыг сонгон ажилласан. Онолын хувьд газар хөдлөлтийн долгионд хөрсний үзүүлэх нөлөөллийг тооцоолохын тулд хөрсний үе давхаргын зузаан болон сейсмик долгионы хурд, нягт зэрэг физик параметрууд хэрэг болдог. Эдгээр параметруудийг судалгааны талбайд хийсэн чичирхийлэл болон гравиметрийн судалгааны ажлуудын үр дүнгээс авсан болно.

II. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Хөрсний зонхилох давтамж буюу резонанс болох давтамжийг үнэлэхдээ стандарт спектр харьцааны (SSR) арга, микротреморын босоо болон хэвтээ байгуулагчийн спектр харьцааны (HV) аргаар тодорхойлсон [2]. Харин тухайн хөрсний сейсмик долгионы максимум утгын өсгөлт болгох хэмжээг үнэлэхдээ онолын хувьд хэвтээ үелсэн орчинд тархах долгионы тархалтыг шугаман аргаар тооцоолон гаргасан болно. Энэхүү гарсан үр дүнг 30 метр хүртэлх хөрсөнд тархах хөндлөн сейсмик долгионы хурднаас эмпирик аргаар тооцоолсон үр дүнтэй харьцуулан үнэлгээг хийсэн болно.

A. Стандарт спектр харьцааны арга:

АНУ-ын эрдэмтэн Борчерд сэвсгэр ба эталон (хадан) хөрсөн дээр нэгэн зэрэг бичигдсэн газар хөдлөлийн далайцын спектрийг харьцуулснаар тухайн долгион нь сэвсгэр хурдсанд хадан хөрстэй харьцангуйгаар ямар давтамжийн мужид хэд

дахин өсгөж байгааг тодорхойлж болно гэсэн санааг гаргасан байна [2]. Хүчтэй газар хөдлөлтийн хувьд шугаман бус процесс явагддаг тул энэхүү спектр харьцаа нь хөрсний өсгөлтийг үнэн зөв илэрхийлж чаддаггүй байна. Харин өсгөлт болох давтамжийг нарийн тодорхойлох боломжтой юм. Энэхүү аргачлалыг Стандарт Спектр Харьцааны (SSR-Standard Spectral Ratio) [CCX] арга гэнэ. Хэрвээ давтамжийн тооллын систем (f)- д, j-р газар хөдлөлт i-р цэгт бичигдсэн гэвэл түүний далайцын спектрийг “convolution” теоремоор илэрхийлбэл:

$$A_{ij} = O_j(f) * P_{ij}(f) * S_i(f) \quad (1.1)$$

Үүнд: $O_j(f)$ - голомтын спектр

$P_{ij}(f)$ - зайнаас хамаарах замхралын параметр

$S_i(f)$ - талбайн нөлөөлөл.

Хэрвээ хадан болон сэвсгэр хөрсөнд нэг л газар хөдлөлт бичигдсэн гэвэл эхний хэсэг болох $O_j(f)$ - нь буюу голомтын нөлөөлөл нь тус хоёр хөрсний хувьд адилхан байна. Түүнчлэн газар хөдлөлийн зайтай харьцангуйгаар хадан болон талбайн цэгийн хоорондох зай маш бага гэж үзвэл $P_{ij}(f)$ -буюу долгионы зайнаас хамаарсан замхрал нь мөн л ижилхэн гэж үзэж болно.

Дээрх 2 нөхцөлийг хангасан тохиолдолд хадан (эталон) хөрсний сейсмик долгионд үзүүлэх нөлөөллийг 1 гэж үзвэл талбайн нөлөөлөл нь:

$$S_i(f) = A_{ij} / A_j \quad (1.2)$$

болно.

В. Н/V спектр харьцааны арга:

Микротреморын хэвтээ ба босоо чиглэлээр тархаж буй сейсмик долгионы далайцын спектрийн харьцаа (Н/V)- гаар талбайн нөлөөллийг судлах аргыг далаад оны эхээр японы эрдэмтэд анх танилцуулсан. 1989 онд Накамура Н/V харьцаагаар талбайн нөлөөллийг тодорхойлж болно гэж үзсэн байна. [3]. Сүүлийн үеийн судалгааны үр дүнгээс харахад энэхүү арга нь зонхилох давтамж тодорхойлоход тогтвортой сайн үр дүн өгч байгаа боловч тухайн сейсмик долгионы далайцын өсгөлтийн хувьд янз бүр байгааг тодорхойлсон байна. [5],[6] Хөрсний микросейсмыг, гадаргуун ба эзлэхүүний долгионд задалж авч үзвэл:

$$S^{NH}(f) = S_b^H(f) + S_s^H(f) = H_T(f) \cdot R_b^H(f) + S_s^H(f) \quad (1.3)$$

$$S^{NV}(f) = S_b^V(f) + S_s^V(f) = H_V(f) \cdot R_b^V(f) + S_s^V(f) \quad (1.4)$$

гэж илэрхийлж болно.

Үүнд: индекс N- Накамура, Н- хэвтээ байгуулагч, V- босоо байгуулагч, b- эзлэхүүний долгион, S- гадаргуугийн долгион, f- давтамж, R_b^V —эталон цэгт бичигдсэн

эзлэхүүний долгионы спектр, Н_T-давтамжаас хамаарсан хөрсний далайцын өсгөлтийн функц. Дээрх томъёоноос микросейсмын хэвтээ ба босоо байгуулагчийн харьцааг тодорхойлбол:

$$\beta = S_s^V(f) / R_b^V(f) \quad (1.5)$$

Үүнд: A_r^{NHV} - эталон цэгийн босоо ба хэвтээ байгуулагчийн харьцаа.

β - гадаргуун долгионы босоо байгуулагчийн харьцангуй харьцаа

A_s — гадаргуун долгионы босоо ба хэвтээ байгуулагчийн харьцаа.

(1.5) томъёонд дараах нөхцөлийг аксиом болгон авч үзвэл:

1. босоо байгуулагч дээр өсгөлт байхгүй.

2. Эталон цэгийн микросейсмын хэвтээ ба босоо байгуулагчийн харьцаа 1.

3. резонанс болох давтамж (f_{HO}) хувьд $\beta \ll 1$

4. $A_s(f_{HO}) \ll H_T(f_{HO})$

$$\text{Эндээс } A^{NHV}(f_{HO}) = H_T(f_{HO}) \quad (1.6)$$

Энэ томъёоноос хөрсний хэлбэлзлийн далайцын өсгөлт резонанс болох давтамж дээрх утга нь хөрсний микросейсмын Н/V спектрын харьцаатай тэнцүү байна.

IV. ТАЛБАЙН ХЭМЖИЛТ:

Судалгаанд 8 ширхэг Guralp 3EPSC өргөн зурвасын 3 байгуулагч бүхий сейсмометр хэрэглэв. Газар хөдлөлт бүртгэх багажийг Зураг 1 -д үзүүлэв.

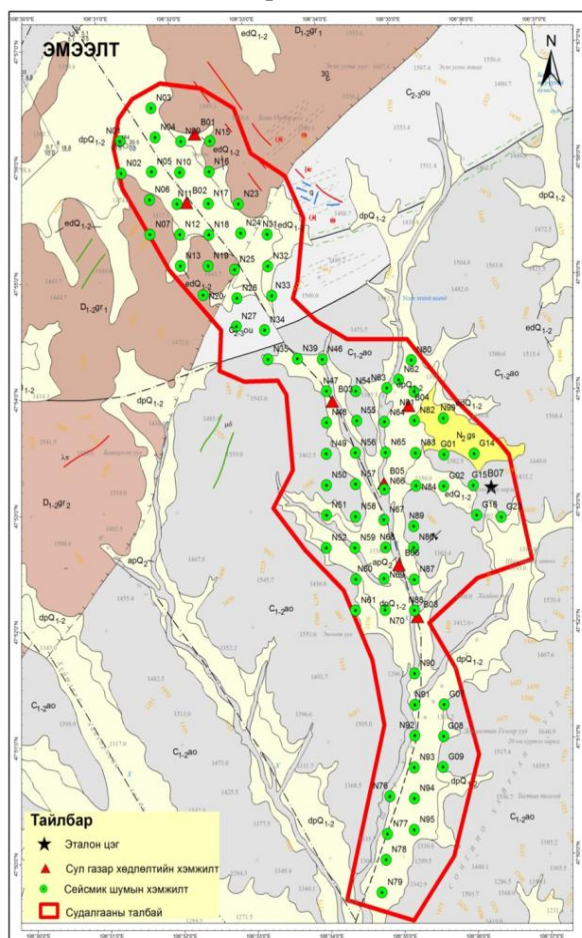


Зураг 1. Газар хөдлөлт бүртгэх багаж.

Судалгааны талбай нь Улаанбаатар хотоос 25 км зайтай болно. Талбайд хоёр төрлийн хэмжилт хийсэн ба хэмжилтийн цэгүүдийн байрлалыг Зураг 2-т үзүүлэв.

А. Сул газар хөдлөлтийн хэмжилт (weakmotion survey): Энэхүү хэмжилтийн зорилго нь газар хөдлөлт болон уурхайн тэсэлгээнээс үүссэн сигналыг бүртгэж авахад оршино. Хэмжилтийг 8 цэг дээр хийсэн ба В07 цэгийг эталон цэг болгон хадан хөрсөнд станцыг суурилуулав. Бусад цэгийг инженер геологийн нөхцөлөөрөө өөр өөр хөрстэй газарт суурилуулсан болно. Хэмжилтийг тасралтгүй 14 хоногийн турш хийсэн. Хэмжилтийн хугацаанд манай багажид магнитуд нь ($M > 2$) 2- оос дээш 28 газар хөдлөлт бүртгэгдсэн (Хүснэгт 1).

В. Сейсмик шумын хэмжилт (Noise survey): Хэмжилтийг судалгааны талбайд 500 м тор татан нийт 90 цэг дээр хийсэн.



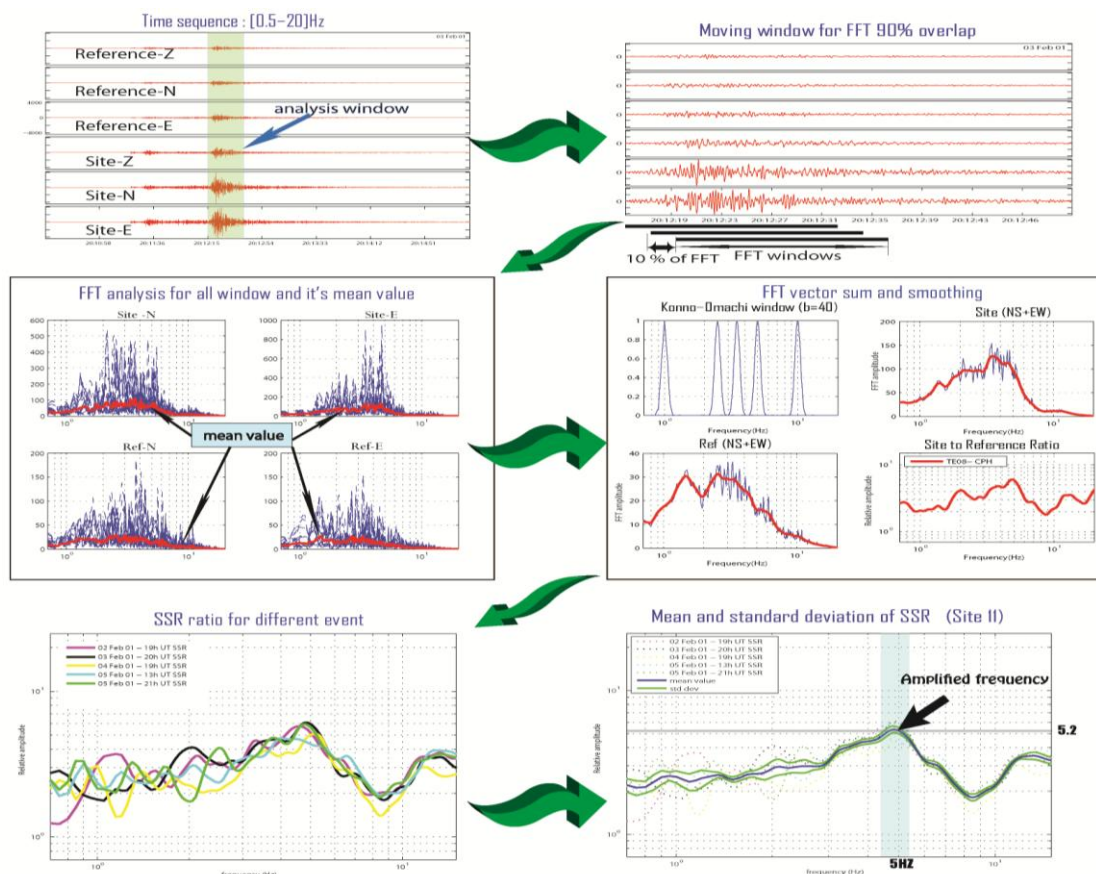
Зураг 2. Хэмжилтийн цэгүүдийн байрлал.

Хүснэгт 1. Судалгаанд ашигласан газар хөдлөлтийн жагсаалт.

Он сар өдөр	Эхэлсэн хугацаа (t ₀)	UTMX	UTMY	Магнитуд (M)	Газрын нэр
2013.02.07	18:59:16	568787.53	1233743.99	5.75	Honiara
2013.02.08	11:12:14	485823.26	1272374.53	6.19	Honiara
2013.02.09	1:57:03	462022.56	5326429.20	3.12	Төв Жаргалант
2013.02.09	3:08:20	461262.90	5324211.25	3.12	Булган Баяннуур
2013.02.09	21:02:21	559981.43	1271322.98	6	Honiara
2013.02.10	14:19:26	513157.74	5430806.34	2.76	Сэлэнгэ Орхонтуул
2013.02.10	21:10:26	323125.15	4633094.77	3.39	Баян-овоо тэсэлгээ
2013.02.11	19:12:59	466873.92	4263581.06	5.05	Hami China
2013.02.11	19:43:31	289721.41	5342402.61	2.05	Төв Мөнгөнморьт
2013.02.12	22:24:58	785021.15	781170.79	5.87	Darwin
2013.02.13	3:57:47	667926.49	3376601.90	5.38	Seoul
2013.02.13	11:00:19	717809.94	350589.91	5.78	Singapore
2013.02.14	1:51:11	595161.57	5466078.39	3.88	Увс Цагаанхайрхан
2013.02.14	13:13:54	568884.70	7499169.37	6.57	Хөвсгөл Цагаанхайрхан
2013.02.14	20:26:15	562176.56	7548073.80	4.47	Хөвсгөл Цагаан-Уул
2013.02.14	21:37:15	296927.74	5737329.03	2.97	Хөвсгөл Ханх
2013.02.15	15:31:39	473901.68	5318582.39	2.5	Tov Jargalant
2013.02.15	16:32:42	486830.62	7583036.14	4.78	Huvsgul Tsagaan-Uul
2013.02.16	5:42:56	560058.94	5128787.16	2.94	dundgovi Adaatsag
2013.02.16	18:29:29	429062.86	1249229.74	5.26	Honiara
2013.02.16	22:17:25	507323.84	4771923.64	5.55	Tokyo
2013.02.18	6:09:53	464994.39	5325298.77	2.85	Төв Жаргалант
2013.02.19	10:07:58	525414.21	5127433.33	2.78	Дундговь Адаацаг
2013.02.19	15:06:39	532089.29	5565412.41	2.79	Сэлэнгэ Цагааннуур
2013.02.19	23:37:31	290586.84	5345709.33	3.04	Төв Мөнгөнморьт
2013.02.21	0:54:25	469031.83	4761995.32	3.45	Өмнөговь Номгон

У. БОЛОВСРУУЛАЛТ

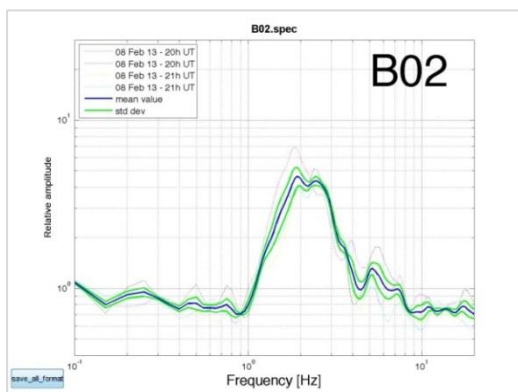
Сул газар хөдлөлтийн хэмжилт, сейсмик шумын хэмжилтийн боловсруулалтыг хийхдээ МАТЛАБ програмчлалын орчинд бичсэн “SITE EFFECT” программыг хэрэглэсэн болно. Тооцоолол хийсэн ерөнхий схемийг Зураг 3 -т үзүүлэв.



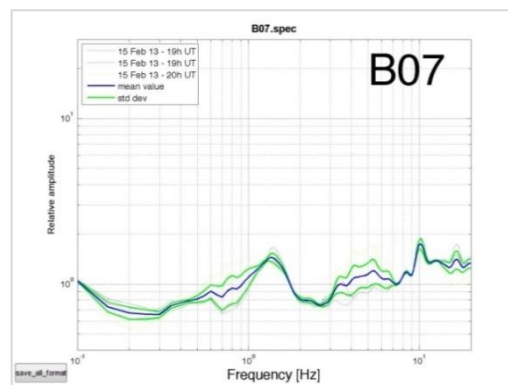
Зураг 3. Site effect программ- Спектр харьцааг тооцоолох схем.

Сейсмик шумын хэмжилтийн Н/В харьцааг тодорхойлохдоо нийт бичигдсэн сейсмик шумын бичлэгээс хамгийн тогтвортой 10-15 минутын 2-3 хэсэг бичлэг дээр анализ хийж тэдгээрийн дундаж утгыг тооцоолон гаргаж авсан болно. Жишээ болгон В02 цэг В07 цэгт (хадан хөрсөн) хийсэн НВ спектр харьцааны үр дүнг Зураг 4, Зураг 5 -д үзүүлэв.

Зураг 5-аас харахад хадан хөрсөн дээр ямар нэгэн өсгөлт ажиглагдахгүй байна.



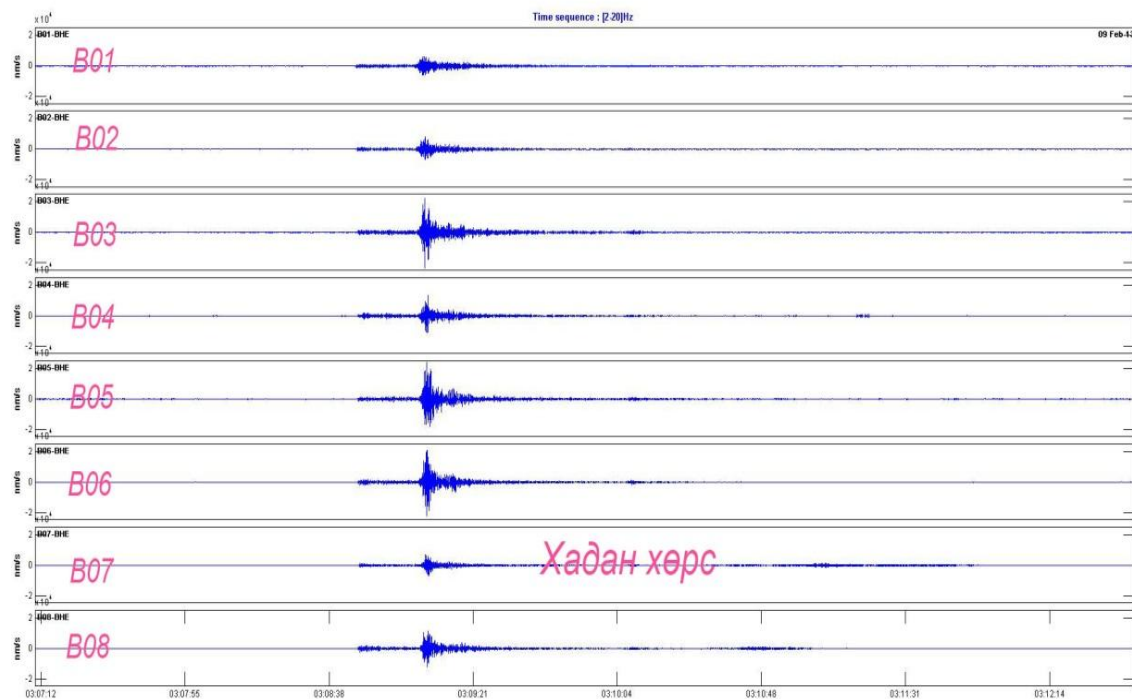
Зураг 4. НВ спектр харьцааны үр дүн



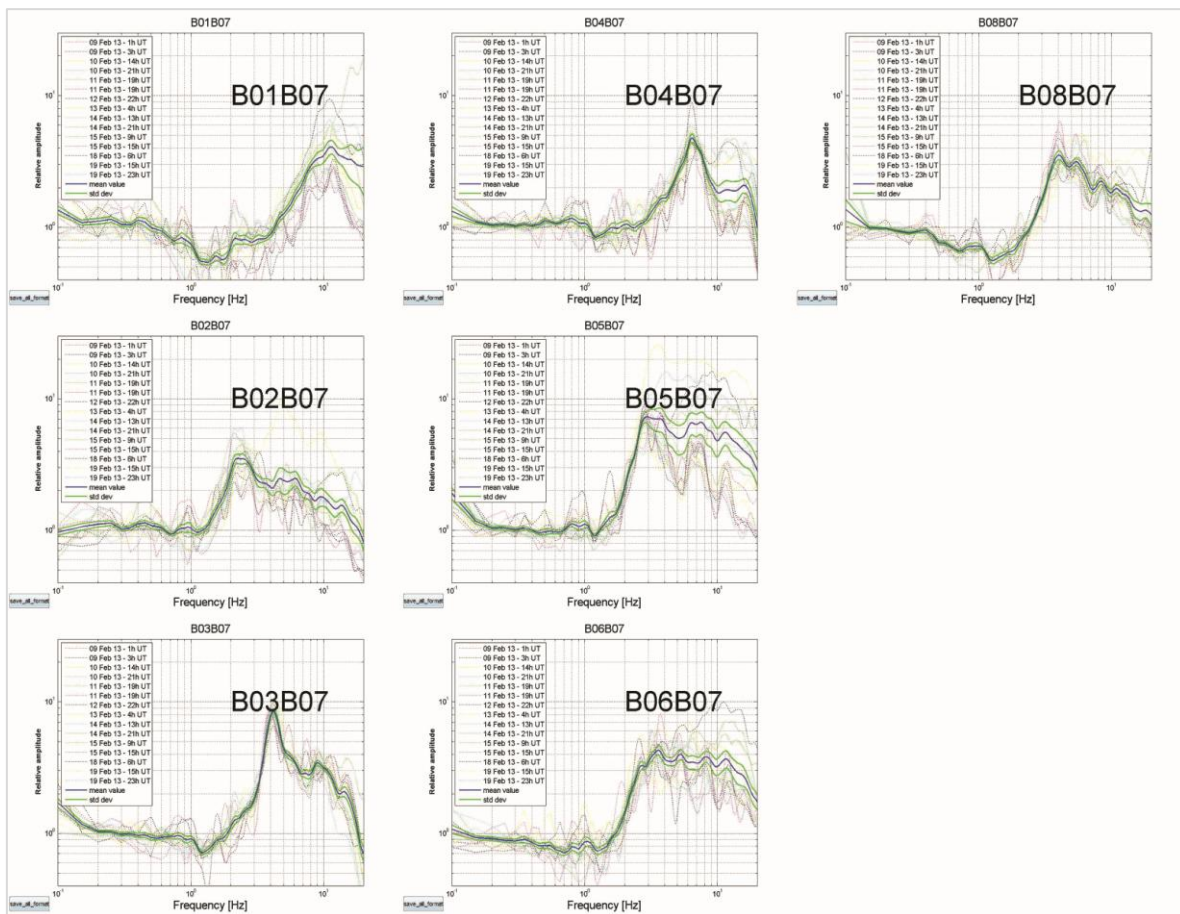
Зураг 5. Хадан хөрсөн дээр хийсэн НВ спектр харьцааны үр дүн

Харин сул газар хөдлөлийн бичлэгт SSR анализ хийхдээ нийт бичлэгээс бүртгэгдсэн газар хөдлөлтүүдийн жагсаалтыг гарган авсан ба үүний дараа газар хөдлөлт бүрийн судалгааны талбай дахь S долгионы бичлэгийг эталон цэгийн газар хөдлөлийн S долгионы бичлэгтэй харьцуулсан болно.

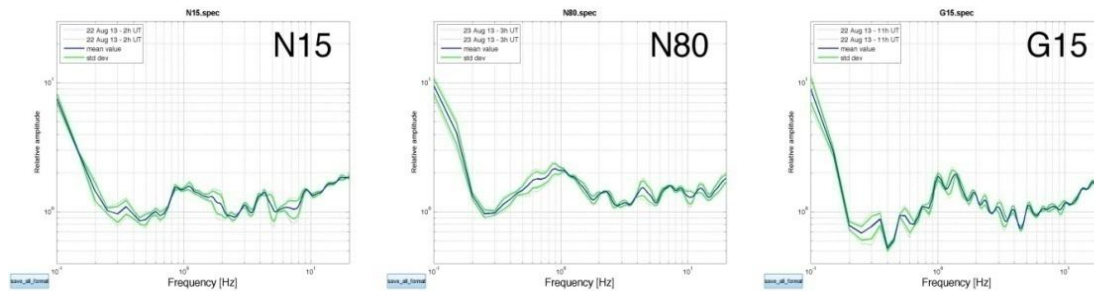
Зураг 6-аас харахад, хадан хөрсөн дээр бичигдсэн долгионы амплитудын өсгөлт нь харьцангуйгаар бага амплитудтай бичигдсэн байгаа нь бусад цэг нь энэ цэгтэй харьцангуйгаар долгионыг өсгөж байна гэсэн үг юм.



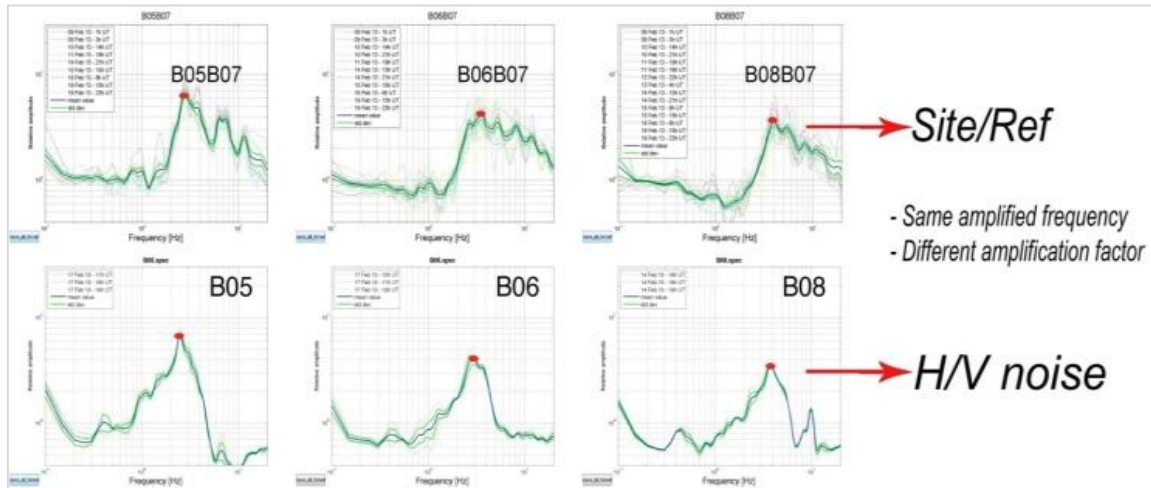
Зураг 6. Хадан болон сэвсгэр хөрсөн дээр нэгэн зэрэг бичигдсэн газар хөдлөлтийн бичлэг.



Зураг 7. Хэд хэдэн газар хөдлөлтөөр хийсэн SSR спектр харьцааны үр дүн



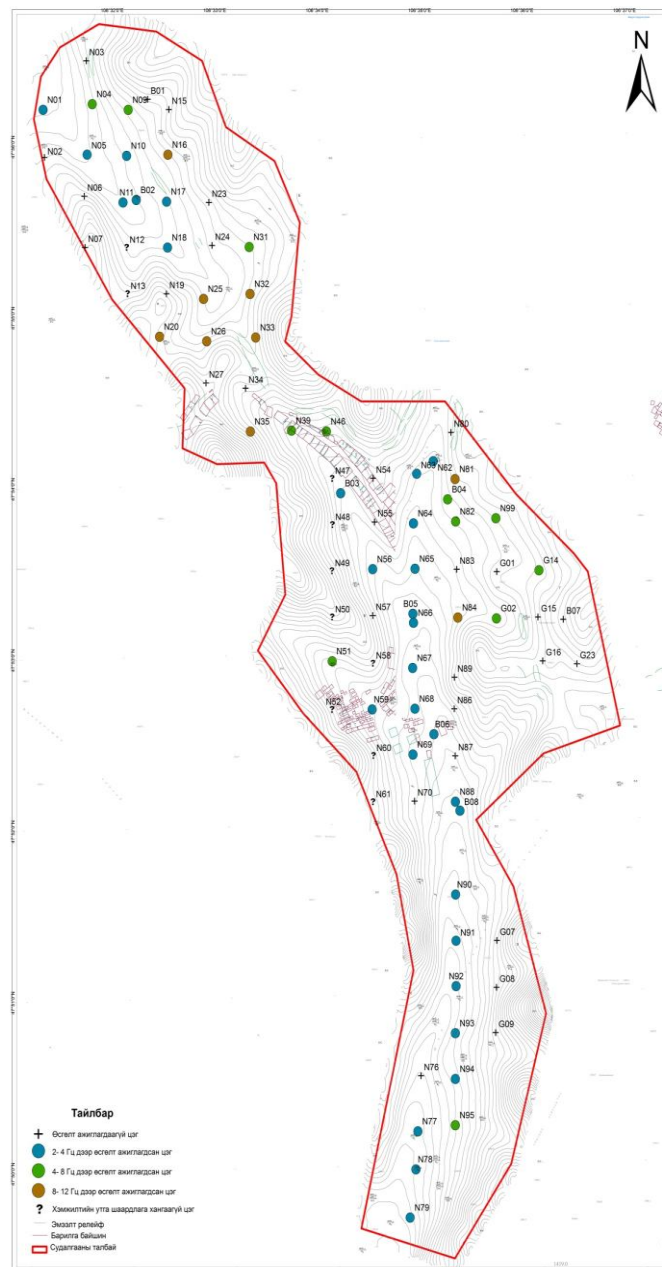
Зураг 11. Хадан хөрсөн дээр хийсэн HV спектр харьцаа.



Зураг 12 Иижил цэгт SSR, HV харьцуулсан байдал.

Нийт хийсэн цэгүүдийн HV спектр харьцааны пик болох давтамжийг Зураг 13- д үзүүлээ. Цэгүүдэд ажиглагдсан утга буюу зонхилох давтамжаар нь ангилсан болно. Түүнчлэн талбайд суурилуулсан ихэнх цэгүүдэд HV спектр харьцааны анализаар 1 Гц- ээс бага (жишээлбэл, N88, N06, G08 гэх мэт) давтамжийн хувьд огцом өсөлт ажиглагдаж байв. Энэхүү сейсмик шумын спектр харьцаанд үзүүлж байгаа 1 Гц орчмын утга нь сул газар хөдлөлтийн хадан болон сэвсгэр хурдасны спектр харьцаанд ажиглагдахгүй байна. Харин илүү өндөр давтамжид өсгөлт болж байгаа давтамж нь сул газар хөдлөлтийн хувьд ижилхэн долгионыг өсгөж байлаа. Тиймээс давтамжийн мужлалд энэхүү 1 Гц орчим үзүүлж байгаа пикийг тооцоонд оруулаагүй болно. Энэхүү 1 Гц дээрх давтамжийн хувьд сейсмик сигнал өсгөлт болохгүй байгаа боловч чухам яагаад HV харьцааны хувьд пик үзүүлж байгаа нь ихээхэн

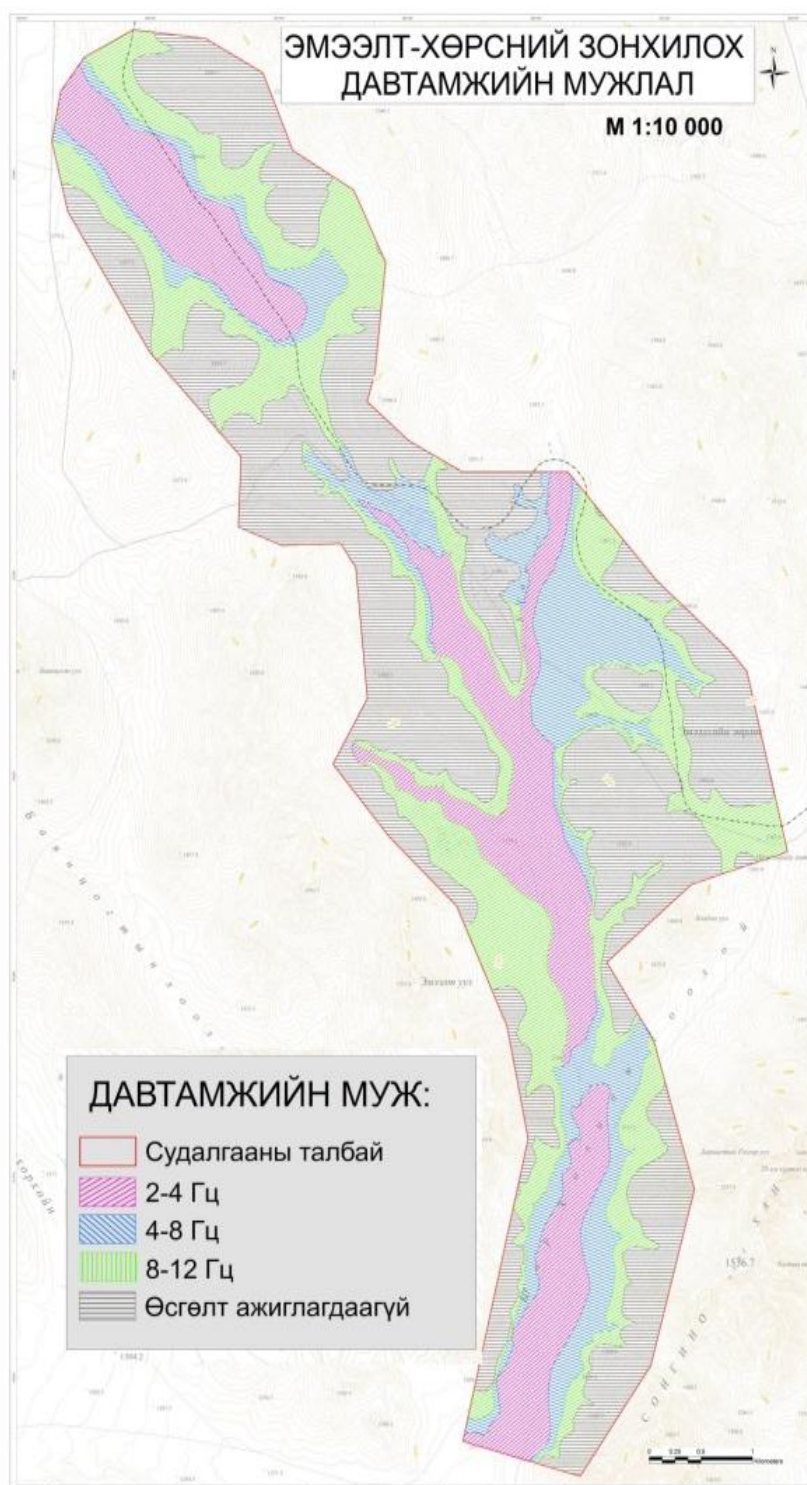
сонирхол татаж байна. Учир нь сейсмик шумыг бид олон үүсгүүрээс ирж байгаа сейсмик сигналын нийлбэр гэж үзэх боломжтой юм. Энэ тохиолдолд зарим голомтоос ирэх долгионд өсгөлт үзүүлээд, заримд нь өсгөлт үзүүлэхгүй байна гэж үзэх үндэслэлтэй болж байгаа юм. Эмээлтийн талбайн хувьд Улаанбаатар хотоос холгүй орших Эмээлт уулаар хязгаарлагдаж байгаа бөгөөд ихэнх шум, үүсгүүр нь Улаанбаатар хотын зүгт байгаа билээ. Энэ тохиолдолд бид цаашид сейсмик шумын ирж байгаа чиглэл болон замд байгаа уулын хэмжээ зэргийг оролцуулан загвар гарган тооцоолол хийж үзэх хэрэгтэй юм. Нөгөө талаас сейсмик сүлжээ станц суурилуулан нарийвчилсан судалгаа хийж 1 Гц орчим хэвтээ болон босоо байгуулагчид ирж буй сигналын эх үүсвэрийг нарийвчлан судлах шаардлага урган гарч байна.



Зураг 13. Сейсмик шум ба сул газар хөдлөлт бичсэн цэгүүдийн HV спектр харьцааны тик болох давтамж.

Эдгээр ажиглагдсан утгыг геофизикийн хэмжилтийн үр дүн, топоо зурагт тулгуурлан Эмээлтийн талбайг 2- 4 Гц, 4- 8 Гц, 8- 12 Гц болон зонхилох давтамж үгүй хэсэг гэж 4 бүсэд хуваасан болно. Эдгээр давтамжийн

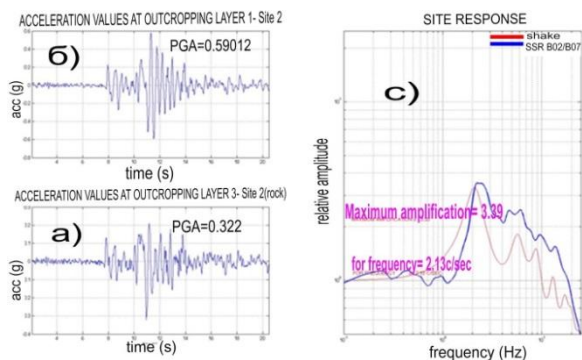
бүсүүдийн хил хязгаарыг “ОРХОНГИДРОГЕО” ХХК- ны гүйцэтгэсэн инженер геологийн мужлалын зургийн хилтэй давхцуулах замаар тодорхойлсон болно.[7] (Зураг 14- Зонхилох давтамжийн мужлал)



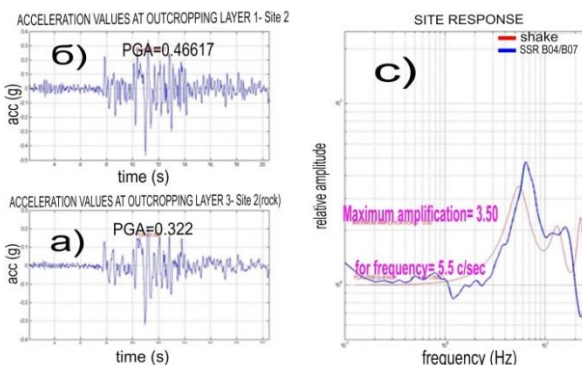
Зураг 14. Эмээлт талбайн зонхилох давтамжийн мужлалын зураг.

Давтамжийн муж бүрийн хувьд сейсмик долгионы хөрсний оргил хурдатгалын өсгөлтийг онолын хувьд болон эмпирик аргаар тодорхойлов. Онолын хувьд тооцоолол хийхдээ, хөрсний үе давхарга болон түүгээр тархах S- долгионы хурдыг сейсмик хайгуулын ажлын үр дүнгээс, оролтын долгионыг стохастик Грийний функцийн аргаар Хустайн хагарал, Эмээлт хагарлаас тооцоолсон үр дүнг ашигласан. Хөрсний оргил хурдатгалын

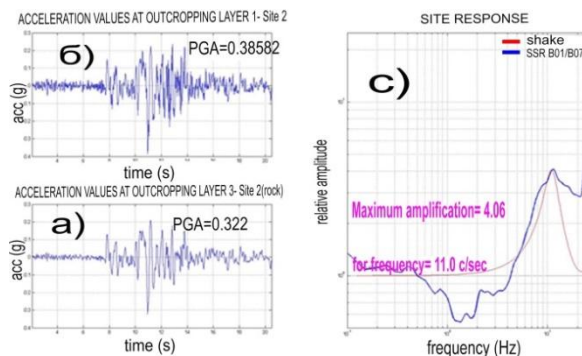
өсгөлтийг онолын хувьд үнэлэхдээ тухайн давтамжийн муж бүрийн хувьд инженер геологи, гравихайгуул болон сейсмик хайгуулын үр дүнд тулгуурлан зохион гаргасан хэд хэдэн хөрсний загварын хувьд тооцооллыг хийсэн болно. Жишээ болгон оролт гаралтын сейсмик долгион болон давтамжийн муж бүрийн респонс спектрийн зургийг *Зураг 15*, *Зураг 16*, *Зураг 17*- т үзүүлээ.



Зураг 15. Хөрсний 1 хэмжээст загварчлал(2- 4 Гц): а- хадан хөрсөнд ирэх долгион, б- талбайд ирэх долгион, с- хөрсний респонс спектр



Зураг 16. Хөрсний 1 хэмжээст загварчлал (4-8 Гц): а- хадан хөрсөнд ирэх долгион, б- талбайд ирэх долгион, с- хөрсний респонс спектр



Зураг 17. Хөрсний 1 хэмжээст загварчлал(8-12 Гц): а- хадан хөрсөнд ирэх долгион, б- талбайд ирэх долгион, с- хөрсний респонс спектр

Эмпирик аргаар хөрсний өсгөлтийг тодорхойлохын тулд бид хөрсний төрлийг Vs30 –аар ангилж өсгөлтийг тооцоолсон.

Энэхүү эмпирик аргаар тооцооллыг хийхэд 2- 4 Гц- ын бүс нь D ангилалд, 4- 8 Гц болон 8- 12 Гц- ын бүс нь C ангилалд, харин өсгөлт ажиглагдаагүй бүс нь B ангилалд багтаж байна. Харин онолын тооцооллоор ХОХ нь хадан хөрсөнд 2- 4 Гц бүсэд 400- 566 см/сек², 4- 8 Гц бүсэд 283- 400 см/сек², 8- 12 Гц бүсэд 200- 283 см/сек², зонхилох давтамжгүй бүсэд 149- 200 см/сек² байв.

Хүснэгт 2. Хөрсний зонхилох давтамж бүрийн амлитудын өсгөлт

Давтамжийн мужлал	Онолын тооцоолол	Эмпирик тооцоолол
2- 4 Гц	1,6- 1,9	1,2- 1,4
4- 8 Гц	1,15- 1,5	1- 1,2
8- 12 Гц	1- 1,18	1- 1,2
Өсгөлтгүй	1	1

Эмпирик хамаарлын хувьд хөрсний өсгөлт нь суурь хөрсөнд ирэх долгионы хөрсний оргил хурдатгалаас хамаана.

VII. ДҮГНЭЛТ

Манайд бүртгэгдсэн газар хөдлөлтийн статистик тоон үзүүлэлтээс харахад Эмээлт орчимд болж байгаа газар хөдлөлтийн тоо сүүлийн жилүүдэд өсөж байгаа нь уг талбайд нарийвчилсан судалгааг хийх, цаашлаад болзошгүй хүчтэй газар хөдлөлтийн аюулаас урьдчилан сэргийлэхэд чухал ач холбогдолтой юм. Энэхүү өгүүлэлд Эмээлт орчмын талбайн газар хөдлөлтийн сейсмик долгионд үзүүлэх нөлөөллийг тооцоолон гаргалаа. Эмээлтийн талбайг хөрсний хэлбэлзлийн зонхилох давтамжаар нь 2- 4 Гц, 4- 8 Гц, 8- 12 Гц болон зонхилох давтамжгүй (хадан хөрс) гэсэн 4 бүсэд хуваагдаж байна. Давтамжийн бүс бүрийн хувьд долгионы өсгөлтийг онолын болон эмпирик аргаар тооцоолон гаргасан болно. Уг судалгааны ажил нь дараа дараагийн судалгааны ажлын үндэс, суурь материал болохоос гадна анх удаа хийгдэж байгаагаараа давуу талтай юм

- [1] Медведев, 1971. Сейсмическое районирование Улан-Батора.
- [2] Borchardt R. D., (1970), “Effect local geology on ground motion near San Francisco Bay”, Bulletin of the Seismological Society of America, 60, 29-81.
- [3] Nakamura Y., (1989), “A Method for Dynamic Characteristics Estimation of

Subsurface using Microtremor on the Ground Surface”, Quarterly Report of Railway Technical Research Institute (RTRI), Vol. 30, No.1

- [4] Moss, R. E. S. [2008]. “Quantifying measurement uncertainty associated with thirty meter shear wave velocity ()”, Bull. Seismol. Soc. Am., Vol. 98, pp. 1399-1411.

- [5] SESAME (2004)., "Guidelines For The Implementation Of The H/V Spectral Ratio Technique On Ambient Vibrations Measurements, Processing And Interpretation, 62 pp.
- [6] Odonbaatar Ch., 2011. "Site effect estimation Ulaanbaatar basin",. thesis at EOST, Strasbourg University, France.
- [7] Инженер-геологийн тайлан, 2014. "ОрхонГидрогео" ХХК.

ABSTRACT

Site effect estimation of the Emeelt region

Seismic wave is amplified certain frequency in sedimentary basin. In order to determine this amplified frequency, beside engineer geological map and geophysical survey, we measured seismic noise survey at 90 sites and weak motion survey at 8 sites. An amplified frequency map produced using standard spectral ratio of weak motion and HV spectral ratio of microtremor. Site amplification calculation, we used seismic and gravimeter survey results and synthetic seismograms. Consequently, we produced Emeelt regions amplified frequency map that divided by 2- 4 Hz, 4- 8 Hz, 8- 12 Hz and non- amplified zones. All this amplified frequency zone, we estimated site amplifications using empirical Vs30 approach and theoretical 1D calculation.

Улаанбаатар Хот Орчмын Газар Хөдлөлийн Идэвхжилт ба Горимын Судалгаа

Д. Мөнгөнсүрэн, Д. Анхцэцэг

ШУА-ийн Одон Орон, Геофизикийн Хүрээлэн

mongon@iaq.ac.mn, ankhaa@iaq.ac.mn

Монгол орны нутаг дэвсгэрийн газар хөдлөлийн идэвхжилт нь Евро-Ази болон Энэтхэгийн хавтангийн шахалтын деформацитай шууд холбоотой юм. Иймээс нутгийн баруун хэсэг газар хөдлөлийн идэвхжилт өндөртэй, харин зүүн болон зүүн өмнөд хэсгээр идэвхжилт багатай байдаг. Улаанбаатар хот нь дээрх бүсүүдийн дунд, 1983 онд хийгдсэн ерөнхий мужлалын зургаар VII баллын бүсэд оршино [2]. Улаанбаатар хот болон түүний орчмын газар хөдлөлийн идэвхжилт Монголын баруун бүстэй харьцангуйгаар бага боловч уг бүсэд (300 км-ийн радиуст) орших идэвхтэй хагарлууд болон сулавтар газар хөдлөлтийн бөөгнөрөлтэй холбоотойгоор газар хөдлөлийн идэвхжилттэй бүсэд зүй ёсоор тооцогдоно.

I. УДИРТГАЛ

Монгол орны газар хөдлөлийн идэвхжилт нь Евро-Азийн болон Энэтхэгийн хойгийн шахалтын бүсэд оршдогтой холбоотой юм. Монголд газар хөдлөлтийг шинжлэх ухааны үндэслэлтэйгээр судлах судалгаа 1957 онд анхны газар хөдлөлтийг бүртгэх “Улаанбаатар станц” байгуулагдсанаар эхэлсэн түүхтэй. Монгол орны нутаг дэвсгэр нь Төв Азийн газар хөдлөлийн идэвхтэй бүсэд оршдог болохыг багажийн судалгаанаас хойшхи 50 гаруй жил хийсэн эрдэм шинжилгээний ажлын үр дүн нотолсон. Өнгөрсөн зуунд Монгол оронд магнитуд нь 7 ба түүнээс дээш 30 гаруй газар хөдлөлт болсны дөрөв нь 8 ба түүнээс дээш магнитудтай болсон ба энэ нь тус бүс нутаг газар хөдлөлийн идэвхтэй бүс болохыг батлан харуулдаг. Монгол орны нутаг дэвсгэрт явуулсан тектоник, геологи, газар хөдлөлийн түүхэн болон багажийн судалгаа, хүчтэй газар хөдлөлийн голомтын бүсэд

хийсэн сейсмогеологийн судалгааны үр дүнг нэгтгэн “Монголын нутаг дэвсгэрийн ерөнхий мужлалын зураг” (М1:2500000, 1983)-аар нийт нутаг дэвсгэрийн 75% хувь нь VII ба түүнээс дээш баллын газар хөдлөлт болох магадлалтай бүсэд оршиж байна. Энэхүү VII баллын бүсэд Улаанбаатар хотын нутаг дэвсгэр мөн багтаж байна [1].

II. УЛААНБААТАР ХОТ ОРЧМЫН ГАЗАР ХӨДЛӨЛИЙН ИДЭВХЖИЛТ

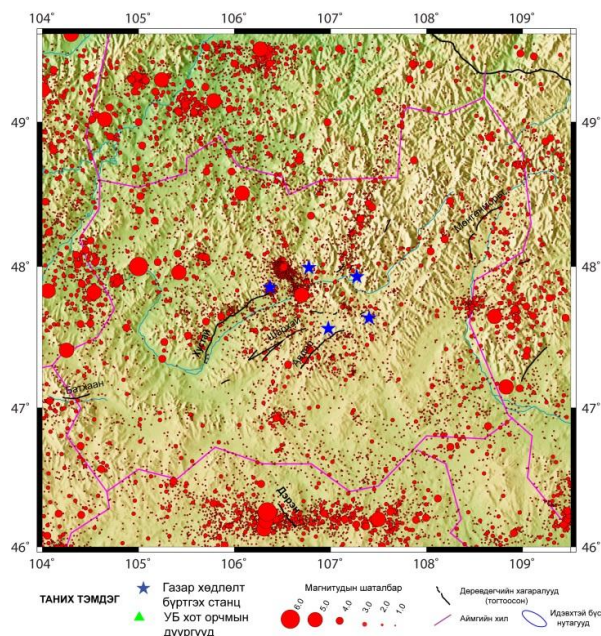
Тухайн бүс нутгийн хувьд хүчтэй газар хөдлөлтийн голомтуудыг тодорхойлох нь газар хөдлөлийн бүсчлэлийг гаргахад чухал байр суурийг эзэлдэг. Онолын хувьд газар хөдлөлийн голомтын судалгаа нь газар хөдлөлтөөс үүссэн хагарлын тухай ухагдахуун байдаг. Газар хөдлөлийн төвийн ихэнх тархалт нь газрын гадаргуу дээрх хагарал дээрээ давхцдаггүй учир тухайн хөдлөлтийн голомтын налуу нь хагарлыг үүсгэх ба газар хөдлөлтийн төв нь налууугийн

проекцоор, газар хөдлөлтийн голомтот бүсүүд нь түүхэн сейсмшил болон бүс нутгийн хагарлын нөхцлүүдээр тус тус тодорхойлогддог. Газар хөдлөлтийн голомтын судалгааг газар хөдлөлийн үндсэн мэдээллийн сангаас тухайн судалгаа хийж буй бүс нутгийн мэдээллийг бүрдүүлэн улмаар төвийн тархалтын зургийг зохион, томоохон газар хөдлөлтүүдийн голомтыг тодорхойлох ажлаар эхэлдэг.

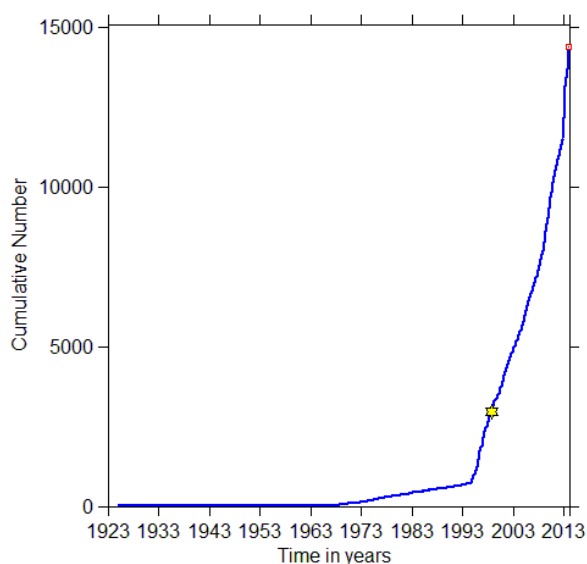
Улаанбаатар болон түүний орчмын нутаг дэвсгэрт нөлөөлөх газар хөдлөлтийн голомтын бүсийг тогтоохын тулд 300 км-ийн радиуст болсон газар хөдлөлтийн төвийн тархалтын зургийг 1925-2014 оны мэдээллийн сангийн материалд дүн шинжилгээ хийж зохиосон болно (Зураг 1). Энэ бүс нутагт нийт 14432 газар хөдлөлт бүртгэгдсэнээс магнитуд нь 3.5 ба түүнээс дээш мэдэгдэм хүчтэй, хүчтэй хөдлөлт 374 болсон байна. Эдгээр хөдлөлтүүдийн төвийн тархалтыг Зураг 1-д, тоон үзүүлэлтүүдийг Зураг 2-г тус тус үзүүлэв.

Эдгээр хамаарлаас харахад газар хөдлөлтийн тоо нь 1968 болон 1994 онуудад харьцангуй өссөн байгаа нь ажиглагдаж байна (Зураг 2).

1994 оны сүүлээс ажиглагдаж буй өсөлт нь Улаанбаатар хот орчимд сүлжээ станцыг байгуулсантай холбоотой. 1994 оны X сараас Улаанбаатар хот орчимд орчин үеийн, өндөр мэдрэмжийн газар хөдлөлтийг бүртгэх сүлжээ 5 станцыг суурилуулсан юм. Өөрөөр хэлбэл, тус бүс нутагт болж буй сулавтар хүчтэй ($M < 3.5$) газар хөдлөлтүүдийг бүртгэх хүчин чадал өссөнтэй холбоотой.



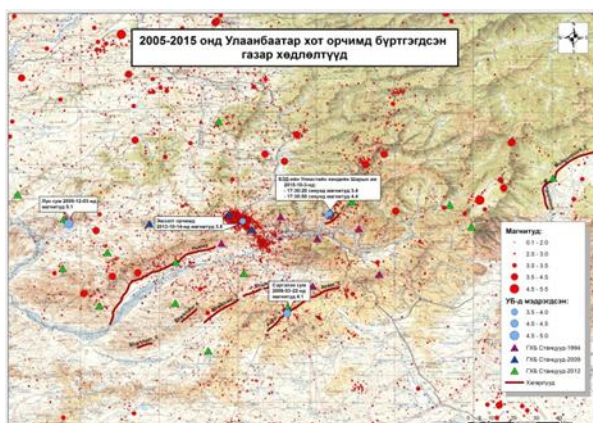
Зураг 1. Улаанбаатар хот орчмын газар хөдлөлтийн төвийн тархалт



Зураг 2. Улаанбаатар хот орчмын газар хөдлөлтийн тоо ба хугацааны хамаарал (1925-2014),

Харин 2012 оны XII сараас ажиглагдаж буй өсөлт нь Эмээлт, Сонгино-Сонсголонгийн бүсийн газар хөдлөлийн идэвхжилттэй шууд холбоотой. Энэхүү идэвхжилт нь 2005 оноос эхэлсэн хэдий ч хүчний хувьд сул хөдлөлтүүд их болж байсан учраас Улаанбаатар орчмын суурин станцуудад бүрэн бүртгэгдэх боломж муу байсан.

Тиймээс 2008 оны XII сараас эхлэн тус идэвхжилт ажиглагдсан бүс нутагт газар хөдлөлт бүртгэх нүүдлийн станцуудыг нэмж суурилуулан ажиллуулсан болно. Эмээлтийн идэвхжилтийн бүсэд 1947 оны магнитуд 4.7-той газар хөдлөлтөөс хойш магнитуд нь 4 хүрсэн хөдлөлт болоогүй байсан [2]. Сүүлийн 5 жилд тус бүс нутагт нийт 5400 орчим газар хөдлөлт болсноос хүнд мэдрэгдсэн газар хөдлөлт 2008 онд Улаанбаатар хотоос хойд зүгт 44 км-ийн зайд Төв аймгийн Батсүмбэр сумын нутагт магнитуд 4.2, баруун тийш 80 км зайд Хустайн нуруунд магнитуд нь 3.9, 2009 онд Улаанбаатар хотоос урагшаа 70 км зайд Төв аймгийн нутагт магнитуд нь 4.0, 2013 онд Улаанбаатар хотоос баруун тийш Эмээлт өртөө орчимд магнитуд нь 3.7, 2015 оны X сарын 3-нд Гүнжийн идэвхтэй хагарлын бүсэд магнитуд нь 4.4 хүрсэн хүчтэй газар хөдлөлтүүд тус тус болоод байна. Уг бүс нутгийн газар хөдлөлтийн идэвхжилт ба төвийн тархалтыг Зураг 3-д үзүүлэв.



Зураг 3. 2005–2015 онд Улаанбаатар хот орчимд бүртгэгдсэн газар хөдлөлтийн төвийн тархалт

Улаанбаатар хот орчимд хамгийн ойрхон байрладаг, мөн газар хөдлөлтийн аюул учруулж болохуйц голомтын бүс нь Дэрэн

юм. Энэ бүсэд болсон газар хөдлөлтүүд (24/09/1998, $M_l=5.5$ ба 09/01/2010, $M_l=5.6$) нь Улаанбаатар хотод IV-V баллаар мэдрэгдсэн байдаг. Мөн түүнчлэн магнитуд нь $M_w=4.7$ -той түүхэн газар хөдлөлт (07/12/1947) Төв аймгийн Алтанбулаг сумд болсон байна. Дээрх газар хөдлөлтүүдийн баллын хэмжээ Улаанбаатар хотын барилга байшинд эвдрэл үзүүлэх боломжтой баллын заагт байна. Хэрвээ уг голомтуудад хүчтэй газар хөдлөлт болсон тохиолдолд Улаанбаатар хотод аюул учруулах нь тодорхой. Газар Хөдлөлийн Аюулын Үнэлгээ (ГХАҮ)-нд зөвхөн хүчтэй газар хөдлөлтийн хувьд бус ойрын зайд тохиолдож болзошгүй сул болон дунд зэргийн хүчтэй газар хөдлөлтүүдийг тооцож оруулах нь зайлшгүй шаардлагатай. Улаанбаатар хотын бүсэд (300 км-ын радиус бүхий нутаг дэвсгэр) мэдэгдэм хүчтэй буюу магнитуд (M_s) нь 4 болон түүнээс дээш газар хөдлөлт 305 удаа болсон байна.

III. ГОРИМЫН СУДАЛГАА

Тухайн бүс нутгийн газар хөдлөлийн идэвхжилт болон давтагдалтын хугацааг түүний хүч ба газар хөдлөлтийн тоонд дүн шинжилгээ хийх замаар тогтоох боломжтой байдаг. Давтагдалтын хамаарал нь тухайн сейсмик долгионы далайцын динамик ангиллаар (M) тодорхойлогдсон газар хөдлөлтийн тооны логарифм утгын шулуун хамаарал юм. Давтагдалтын графикийн налалтын өнцөг b утга нь хүчтэй ба сул хөдлөлтүүдийн хоорондын харьцааг тодорхойлох өөрөөр хэлбэл тухайн бүс нутгийн хүчдэл хуримтлагдах нөхцлийг тодорхойлдог бөгөөд сейсмотектоник

хөдөлгөөний төрлөөс хамаарна. Давтагдалтын графикийн a утга нь газар хөдлөлтийн идэвхжилтийн зэргийг харуулна [3]. Дээрх илэрхийллийг томъёолбол:

$$\text{Log}(N)=a - bM$$

Үүнд: N – газар хөдлөлтийн тоо, M – магнитуд.

Хүчтэй газар хөдлөлтийн давтагдалтыг илэрхийлдэг b - утга нь “1”-тэй тэнцүү буюу ойролцоо байдаг. Харин тус утга багасах нь тухайн бүс нутаг дахь идэвхтэй хагарлын дагуу хүчдэл хуримтлагдах үзэгдэл нь хүчтэй явагдаж буйг илэрхийлэх буюу өөрөөр хэлбэл хүчтэй газар хөдлөлт болох магадлал өндөр гэсэн үг. Монгол орны нутаг дэвсгэрт болсон газар хөдлөлтүүдийн мэдээллийг ашиглан магнитуд-давтамжийн утгыг тодорхойлсон байдаг бөгөөд b -ийн утга нь 0.8, харин газар хөдлөлтийн идэвхжилт нь харьцангуй их буюу 6 орчим байдаг. Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд Улаанбаатар хот орчмын газар хөдлөлийн идэвхжилтэй

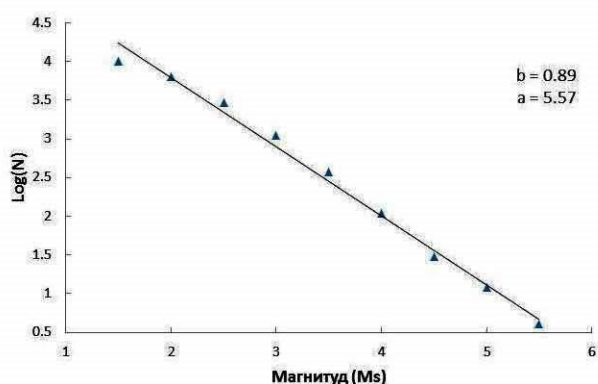
бүсийн магнитуд-давтамжийн утгуудыг тооцож үзэхэд газар хөдлөлтийн давтагдалт нь 0.89, идэвхжилт 5.57 байгаа нь газар хөдлөлийн идэвхжилт их байгааг харуулж байна (Зураг 4).

IV. ДҮГНЭЛТ

Улаанбаатар хот орчмын газар хөдлөлийн идэвхжилт ба горимын судалгаагаар тус бүс нутаг нь газар хөдлөлийн идэвхжилт өндөртэй байна.

Энэхүү идэвхжилт нь геофизикийн олон талт судалгааны үр дүнгээр тогтоогдсон идэвхтэй хагаралууд болох Гүнж, Эмээлт, Хустай, Авдар уул, Шархай болон Мөнгөнморьтийн бүсэд ажиглагдсаар байна.

Газар хөдлөлийн идэвхжилт ба горимын судалгааны үр дүн нь ГХАҮ-ний тооцооны үндэс суурь болдогоороо чухал ач холбогдолтой юм.



Зураг 4. Улаанбаатар хот орчмын бүс нутгийн газар хөдлөлтийн давтагдалт

-
1. Хилько, С. Д., Р. А. Курушин, В.М. Кочетков, Л. А. Мишарина, В. И. Мелникова, Н. А. Гилева, С. В. Латочкин, И. Балжинням, Д. Мөнхөө, 1985, “Землетрясения и Основы Сейсмического Районирования Монголии”, Наука, Москва
 2. Adjia, M., Ankhtsetseg, D., Baasanbat, Ts., Bayar, G., Bayarsaikhan, Ch., Erdenezul, D., Mungunsuren, D., Munkhsaikhan, A., Munkhuu, D., Narantsetseg, R., Odonbaatar, Ch., Selenge, L., Tsembel, B., Ulziibat, M., Urtnasan, Kh, One Century of Seismicity in Mongolia (1900 - 2000), RCAG - DASE, Ulaanbaatar, 2003.
 3. Gutenberg, B., and C. F. Richter (1956). Earthquake magnitude, intensity, energy, and acceleration (second paper), *Bull. Seism. Soc. Am.*, 46, 105-145.

- Íàeóó ààààðáóá ààeðeóóenàí ñíàeòð ðààèíàððeéí 10 ìeíóò áóòìúí ààòíìàò òýìæèèð
- Õýáòýý áà íàeóó ààààðàà áýýðò èíðáàðàè òàððààeéí 10 ìeíóò áóòìúí ààòíìàò òýìæèèð
- Ààààðáúí àeúáíáíàeéí 10 ìeíóò áóòìúí ààòíìàò òýìæèèð
- Ààààðúí òàìíàðàòðð, ñàeðeíú òóðä,÷eä áà ààààðúí ðàðüòàíáíóé ÷eäeéí 10 ìeíóò áóòìúí ààòíìàò òýìæèèð
- 12 ò°ðeéí íàðíú ýéàíáíðeéí ààðàeòúí ãéáýè,ðç÷áýè, òýáýýðeéí ÷ààè òççíèé ìàèñèíòì çýðýá 12 ççççýèðeéí 10 ìeíóò áóòìúí ààòíìàò òýìæèèð

Ḑċēýìæēí yô ôâêð çýðyá óóð àìüñâäë, Ḑċýýéýí
 áääääà îð÷èíä íîòîé ċð äääââð áċðëé
 çýããëçä æëääääâæ áääääëéí äàìøëð
 çýããëéí äââðàìæ, òâð Ḑċýýí °ñæ áääääà
 ìýáyÿëçä °ðã°í òâðàğдах болов.

II. СУДАЛГААНЫ ҮР, ДҮН

Ааааа ð íàíàëûí éíðáãðàè öóíàäëää
н судалгааг МУИС-ийн Геофизикийн
аны төв (ГСТ)-д олон жилийн турш
ажиглалт, хэмжилт болон Ус цаг уурын
актинометрийн станцууд дээрх олон
ажиглалтын материалд тулгуурлан
Монгол орны зарим нутагт агаар мандлын
агийн коэффициентийн олон жилийн
стадееñòèé çç¿¿ëýèò¿¿äèéå äãðããæ áõñãä
ðèéñýíí ñóããèääààíû ä¿ìòýé æèøñýíí ä¿íã
ò 1-д çç¿¿ëýã [1]. Монгол орны нутаг
дээр тодорхойлсон тунгалагийн
ал коэффициентийн утгууд нь ойролцоо
гт орших ОХУ-ын хотуудын утгатай
улахад жишихүйц байна.

Хэнийгэд 1. Агаар мандлын тунгалагийн интеграл коэффициент (P_2) –ийн олон жилийн дундаж, түүний харьцуулсан үзүүлэлт

д.д	Бүс нутаг	P ₂				Олон жилийн дундаж утга
		Өвөл	Хавар	Зун	Намар	
1	Улаанбаатар (МУИС ГСТ 1978-2010)	0.770	0.746	0.722	0.762	0.750
2	Дорноговь (Сайншанд)	0.818	0.768	0.748	0.786	0.780
3	Дархан (Хонгор)	0.804	0.774	0.759	0.787	0.781
4	Төв (Угтаал)	0.780	0.797	0.776	0.802	0.788
5	Говь-Алтай (Алтай)	0.824	0.780	0.764	0.795	0.791
6	Хөвсгөл (Мөрөн)	0.809	0.767	0.766	0.789	0.783
7	Хөвсгөл (Ханх)	0.840	0.794	0.779	0.810	0.806
8	Өмнөговь (Даланзадгад)	0.809	0.758	0.753	0.781	0.775
9	Москва	0.741	0.711	0.690	0.746	
10	Владивосток	0.786	0.737	0.727	0.773	
11	Одесса	0.763	0.740	0.713	0.757	
12	Карадаг	0.797	0.753	0.717	0.717	

Д.д	Бүс нутаг	$\lambda_{\text{эфф}}=640\text{нм}$	$\lambda_{\text{эфф}}=540\text{нм}$	$\lambda_{\text{эфф}}=400\text{нм}$
1	Улаанбаатар	0.864	0.801	0.756
2	Ховд	0.891	0.842	0.778
3	Говь-Алтай (Цогт, Баянтоорой)	0.877	0.818	0.781
4	Хөвсгөл (Ханх)	0.910	0.860	0.784

Àãàð ìàìäëúí ñîäêðàëü äòíàäèà ÷àìäðúí òöàäèààààìàí îðíý õóâä 1970-аад оны дунд үеэс Москвагийн УИС-д хийсэн ореолын фотометр, өөрсдийн бүтээсэн фотоцахилгаан фотометр, шилэн фильтр бүхий актинометр, Фейснерийн актинометр зэрэг багаж төхөөрөмжөөр МУИС-ээр ÃÑÐ áûõ àíð явуулж эхлэсэн ба агаар мандлын тунгалагээр спектраль коэффициентийг спектрийн 3 мужид тодорхойлсон дүнг Хүснэгт 2-д үзүүлэв [1].

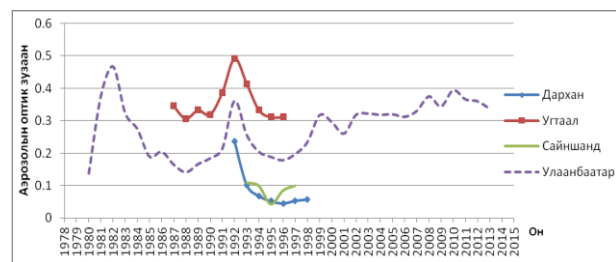
В. Аэрозолийн оптик зузааны судалгаа

МУИС-ийн Геофизикийн судалгааны төвөөс Улаанбаатар хотод 1984-2004 онд, Монгол орны төвийн бүсэд орших Угтаалцайдам сумын нутагт 1987-1996 онуудад өдөр бүр цаг дутамд БС-8, КС-19 шилэн шүүлтүүр бүхий актинометрээр хийсэн нарны шулуун цацрагийн 16900 орчим хэмжилтийн материалыг ашиглан Москвагийн Их Сургуулийн Цаг Уурын Хүрээлэнд боловсруулсан аргачлалаар фотосинтезийн идэвхит цацрагийн муж дахь нарны цацрагийн утгаар аэрозолийн оптик зузаан (АОЗ)-ыг тодорхойлон

- Улаанбаатар хотын ба хөдөөгийн нутаг дэвсгэр дэх $\text{A}^{\text{I}}\text{C}-\text{i}\hat{\text{u}} \quad \text{i}\grave{\text{a}}\text{d}\text{i}\hat{\text{u}} \quad \text{^}\text{o}\text{i}\grave{\text{a}}\text{d}^{\text{o}}\text{n} \quad \text{o}\grave{\text{a}}\text{i}\grave{\text{a}}\text{d}\text{a}\text{o} \quad \text{c}\grave{\text{e}}$ $\text{z}\text{i}\acute{\text{y}}\text{e}\acute{\text{y}}\text{d}$,
- $\text{A}^{\text{I}}\text{C}-\text{i}\hat{\text{u}} \quad \text{i}\grave{\text{a}}\text{d}\text{i}\hat{\text{u}} \quad \text{^}\text{o}\text{i}\grave{\text{a}}\text{d}^{\text{o}}\text{n} \quad \text{o}\grave{\text{a}}\text{i}\grave{\text{a}}\text{d}\text{a}\text{o} \quad \text{c}\grave{\text{e}}$ тогтолыг судлах
- Агаар мандлын аэрозолийн оптик зузааны(АОЗ) хоногийн болон жил, олон жилийн явцыг тогтоох

зэрэг судалгааны ажлууд хийж гүйцэтгэв. Ўйўċċ ŋóààēāāāī ū āċīā ĀÎÇ-ī ū īēīī æēēēēī ūāō āāđū харьцангуй огцом өөрчлөлт нь агаар мандлын дээд давхрага (стратосфер дэх) дахь аэрозолийн хэмжээтэй буюу галт уулын дэлбэрэлтээс үүсэх аэрозолийн хэмжээнээс

ᠳᠠᠢ᠋ᠠᠭᠤᠨ ᠠᠳᠠᠭᠡᠰᠢ ᠶᠡᠬᠡᠭᠡᠰᠢᠲᠦᠭᠡ ᠳᠠᠳᠣᠮᠥᠷᠪᠡᠳᠠᠳᠠ
2 ᠠᠠᠳᠡᠢ ᠲᠦᠳᠦᠭᠡ ᠲᠦᠢᠶᠦᠭᠦᠭᠦ °ñ÷ ᠠᠠᠭᠠᠠᠠ ᠳᠠᠠᠳᠠᠠ.
Зоддāа 1-д Оёāāᠠᠠᠠᠠᠠᠳ, Дархан, Угтаал āа
Сайншандад ᠲᠦᠢᠶᠦᠭᠦᠭᠦ хугацааны А Î Ç-ы
олон жилийн явцыг харуулав [3,4].



Зураг 1. Аэрозолийн оптик зузааны олон жилийн
явц (Дархан, Угтаал, Сайншанд, Улаанбаатар
станцуудын хэмжилтийн өгөгдлөөр)

Зураг 1-д үзүүлсэн стратосфер дэх АОЗ
ны өөрчлөлтүүд нь 1982 оны 03-р сарын 29-
í°°ñ 4-р сарын 04-íá áíēñíí Ìâēñēēēí Ýēü-
Чичон галт уулын болон 1991 оны 06-р сарын
12-íá áíēñíí Õēēēííēíēēí Ìēíàððáí ââēð
óóēûí äýéáýðýēðтэй холбоотой бөгөөд
стратосферийн давхрага хүртэл шидэгдэн
гарсан ĸíñ íððìáí ĸĸē íü тэндээ 3-4 æēēēēí
ðððð íððēí ñððàðññðâðēēí äýðîĸíēēēí
давхрагыг үүсгэн ажмаар тунасан болохыг
харуулж байгаа юм.

Н0ааеāāāīū аᠵīāýŋ ᠵᠰᠣᠶа ᠠᠶīāᠶᠢᠨ
 īᠳīū í0āā āýāñāýᠳ āýᠣᠳ āýᠳīᠴīᠶᠢᠶᠢ īī0ᠶᠢ
 ᠵᠣᠵāāīū īᠶīī æᠶᠢᠶᠢ āᠣīāā 0ᠶā ᠐°ā° í0āā0
 0.13±0.4 īᠳ÷ᠶᠢ, 0ᠶāāīāā0āᠳ 0ᠶīā 0.26±0.5
 īᠳ÷ᠶᠢ āāᠶааг тогтоолоо.

С. Нарны цацрагийн спектр бүтцийн судалгаа

судалгааны хүрээнд фотосинтезийн идэвхит (380-710нм), биологийн идэвхит ($\lambda < 510\text{нм}$), инфра улаан туяаны муж ($\lambda > 710\text{нм}$) болон нарны цацаргалтын спектрийн максимум орчмын (510-640нм) гэсэн спектрийн 4 мужид

Москвагийн УИС-ийн мэргэжилтнүүдийн боловсруулсан аргачлалаар ГСТ-д үйлдсэн улаан-цагаан пиранометрээр нарны интеграл шулуун, сарнисан ба нийлбэр цацрагийн сарын нийлбэрээс фотосинтезийн идэвхит цацрагийн сарын нийлбэрт шилжих C_s , C_D , C_Q коэффициентийн утгуудыг тодорхойлсон (X_2 3) нь таримал ургамлын

Эдгээр коэффициентийн утгыг ашиглан Монгол орны нутаг дэвсгэр дээрх актинометрийн станцуудын мэдээлэлд үндэслэн фотосинтезийн идэвхит цацрагийн сар, жилийн нийлбэрийг анх удаа тодорхойлон гаргасан $\alpha\beta\epsilon\eta\gamma$ (Хүснэгт 4) [5].

МУИС-ийн Геофизикийн судалгааны төвөөс Цогт, Баянтоорой, Улаанбаатар, Хантайшир, ᠒᠔᠔᠔᠗᠗, Хужиртад хийсэн БС-8, ЖС-18, КС-15, КС-19 шилэн шүүлтүүр бүхий актинометрийн хэмжилтээр спектрийн 380 нм< λ <710 нм буюу фотосинтезийн идэвхит цацраг, λ >710 нм буюу инфра улаан цацраг, λ <510 нм буюу биологийн

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII	IX	X	XI	XII
C _S	30	34	36	38	40	40	41	39	37	35	33	32
C _D	56	58	59	58	60	59	57	60	58	58	57	57
C _Q	43	45	47	48	49	48	49	48	48	47	46	45

Газрын нутгийн íýĎ, φ		ᠣᠠᠳᠠᠭᠠ	ÑàĎ											
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
ᠠ᠋ᠣᠳᠠᠭᠠᠢ ᠣᠶ᠋ᠨ	43 ⁰ 14	ΣQ _ϕ	82	123	211	255	313	306	276	262	212	252	97	75
ᠠᠠᠭᠠᠢᠴᠠᠠᠠᠠᠠᠠ	43 ⁰ 35	ΣQ _ϕ	91	136	217	267	340	322	281	266	219	160	109	83
ᠨᠠᠭᠠᠢ ᠋᠋ᠠᠢᠠ	44 ⁰ 53	ΣQ _ϕ	85	125	222	280	342	330	303	278	222	160	97	81
ᠣᠢᠳᠠᠭᠠᠢ	44 ⁰ 56	ΣQ _ϕ	74	105	204	248	311	293	269	253	204	136	93	63
ᠢᠠᠢᠠᠠᠭᠠᠢᠠᠠ	45 ⁰ 46	ΣQ _ϕ	82	120	211	238	325	294	284	269	208	152	94	77
ᠠᠠᠭᠠᠳᠠᠭ	46 ⁰ 06	ΣQ _ϕ	75	114	194	243	306	302	286	259	208	140	87	66
ᠠᠭᠠᠳᠠᠭ	46 ⁰ 24	ΣQ _ϕ	75	118	202	247	313	299	279	266	201	144	94	66
ᠠᠠᠶᠢᠣᠳᠢᠠᠢᠠᠳ	46 ⁰ 46	ΣQ _ϕ	72	117	213	255	315	299	279	254	200	151	87	69
ᠣᠶᠣᠶᠣᠳᠡᠶᠠ	47 ⁰ 27	ΣQ _ϕ	78	113	210	249	308	300	277	255	202	141	92	68
ᠣᠠᠭᠠᠳᠠᠭ	47 ⁰ 37	ΣQ _ϕ	81	138	207	252	308	305	284	254	201	154	94	70
ᠣᠭᠡᠠᠨᠠᠳᠠᠭ	47 ⁰ 45	ΣQ _ϕ	76	120	209	243	298	297	276	255	197	145	88	62
ᠣᠭᠠᠢᠠᠠᠠᠠᠠᠠᠳ	47 ⁰ 56	ΣQ _ϕ	75	118	215	253	305	308	285	253	197	143	92	71
×ᠢᠭᠠᠠᠭᠠᠢ	48 ⁰ 04	ΣQ _ϕ	75	116	197	244	312	299	281	258	185	144	90	66
ᠠᠠᠭᠠᠢᠠᠢ	48 ⁰ 48	ΣQ _ϕ	63	109	164	230	285	282	260	232	173	123	72	52
ᠴᠢᠴᠢᠠᠠᠠᠠᠠᠠ	48 ⁰ 55	ΣQ _ϕ	70	113	201	225	289	283	265	238	176	126	74	57
ᠠᠠᠭᠠᠳᠠᠭ	48 ⁰ 58	ΣQ _ϕ	72	126	193	245	303	314	273	267	201	147	84	63
ᠢᠠᠳᠠᠭᠠᠢ	49 ⁰ 38	ΣQ _ϕ	63	105	183	226	287	294	267	226	180	144	71	53
ᠣᠭᠠᠢᠠᠢᠠᠢ	49 ⁰ 58	ΣQ _ϕ	69	119	201	232	292	300	267	243	186	130	76	59

идэвхит цацраг, 510 нм< λ <650 нм буюу нарны цацаргалтын спектрийн максимум орчмын мужуудад тодорхойлон гаргаж, олон жилийн явц, өөрчлөлт хувьслын зүй тогтлыг тодорхойлсныг Хүснэгт 5-д үзүүлээ.

III. ДҮГНЭЛТ

1. Улаанбаатар хот орчимд тодорхойлсон тунгалагийн интеграл коэффициентийн утга хөдөө орон нутгийн пунктуудад тодорхойлсон уг коэффициентын утгын дунджаас ойролцоогоор 5-6% бага байна. Монгол орны нутаг дэвсгэр дээр тодорхойлсон тунгалагийн интеграл ба спектраль коэффициентийн утгууд нь ойролцоо өргөрөгт орших ОХУ-ын хотуудын утгатай харьцуулахад жишихүйц байна.
2. Улаанбаатар, Дархан, Угтаал ба Сайншандад тодорхойлсон АОЗ-ы олон

жилийн явцаас үзэхэд $\Delta \hat{I}_{\Sigma}$ -ны огцом өөрчлөлт нь агаар мандлын дээд давхрага (стратосфер дэд) $\hat{a}\hat{a}\hat{o}\hat{o}$ аэрозолийн хэмжээтэй буюу галт уулын дэлбэрэлтээс үүсэх аэрозолийн хэмжээтэй хүчтэй хамаардаг нь харагдаж байна.

3. Нарны цацрагийн спектрийн 4 мужид тусах нарны шулуун цацрагийн дундаж утга болон фотосинтезийн идэвхит нийлбэр цацрагийн утгыг жилийн улирал бүрээр тодорхойлж үнэлгээ өгсөн нь ургамлын ургацыг тооцоолох, $\hat{a}\hat{a}\hat{o}\hat{o}\hat{a}\hat{a}\hat{a}\hat{e}\hat{e}\hat{i}\hat{i}\hat{y}\hat{y}\hat{e}\hat{y}\hat{a}$, $\hat{a}\hat{e}\hat{i}\hat{e}\hat{i}\hat{a}\hat{e}\hat{e}\hat{i}\hat{i}$ $\hat{z}\hat{e}\hat{e}\hat{e}\hat{e}\hat{e}\hat{e}\hat{a}$ $\hat{a}\hat{o}\hat{e}\hat{a}\hat{e}\hat{a}\hat{o}$ $\hat{y}\hat{y}\hat{a}\hat{y}\hat{a}\hat{o}$ $\hat{o}\hat{a}\hat{a}\hat{d}\hat{a}\hat{e}\hat{a}\hat{a}\hat{o}\hat{a}\hat{e}$ $\hat{a}\hat{i}\hat{o}\hat{a}\hat{a}\hat{a}\hat{e}$ $\hat{i}\hat{y}\hat{a}\hat{y}\hat{y}\hat{e}\hat{e}\hat{e}\hat{e}\hat{i}\hat{i}$ $\hat{i}\hat{y}\hat{a}$ $\hat{p}\hat{i}$.

Хүснэгт 5. Зарим нутагт тусах спектрийн 4 муж дахь нарны ш $\hat{o}\hat{e}\hat{o}\hat{o}\hat{i}$ $\hat{o}\hat{a}\hat{o}\hat{d}\hat{a}\hat{a}\hat{e}\hat{e}\hat{i}\hat{i}$ $\hat{a}\hat{o}\hat{i}\hat{a}\hat{a}\hat{e}$ $\hat{o}\hat{a}\hat{a}$, $\hat{A}\hat{o}/i^2$

$\hat{N}\hat{i}\hat{a}\hat{e}\hat{o}\hat{d}\hat{e}\hat{e}\hat{i}\hat{i}$ $\hat{i}\hat{o}\hat{a}, \hat{i}\hat{i}$	Газар нутгийн $\hat{i}\hat{y}\hat{d}$		$\hat{I}\hat{a}\hat{d}\hat{i}\hat{u}^{\circ}\hat{i}\hat{a}^{\circ}\hat{d}, h_0$ (градус)									
			10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60
$\lambda<510$	$\hat{O}\hat{i}\hat{a}\hat{o}$	9- $\hat{d}$ $\hat{n}\hat{a}\hat{d}$	70	97	114	125	149	159	170	175	180	187
	$\hat{A}\hat{a}\hat{y}\hat{i}\hat{o}\hat{i}\hat{d}\hat{i}\hat{e}$	8- $\hat{d}$ $\hat{n}\hat{a}\hat{d}$	68	87	98	122	141	146	154	160	170	176
	$\hat{O}\hat{e}\hat{a}\hat{a}\hat{i}\hat{a}\hat{a}\hat{o}\hat{a}\hat{d}$	$\hat{a}\hat{o}\hat{i}\hat{a}\hat{a}\hat{e}$	70	84	95	112	122	128	132	139	135	145
	$\hat{O}\hat{a}\hat{i}\hat{o}\hat{a}\hat{e}\hat{o}\hat{e}\hat{d}$	3- $\hat{d}$ $\hat{n}\hat{a}\hat{d}$	80	101	130	147	158	185	177			
	$\hat{O}\hat{a}\hat{o}\hat{a}\hat{a}\hat{e}$	8- $\hat{d}$ $\hat{n}\hat{a}\hat{d}$	63	89	106	124	134	146	146	150	161	170
	$\hat{O}\hat{o}\hat{a}\hat{e}\hat{e}\hat{d}\hat{o}$	7- $\hat{d}$ $\hat{n}\hat{a}\hat{d}$	87	103	112	123	138	148	156	156	164	176
$\lambda<525$	$\hat{I}\hat{i}\hat{n}\hat{e}\hat{a}\hat{a}$	$\hat{A}\hat{o}\hat{i}\hat{a}\hat{a}\hat{e}$	48.8	69.8	76.7	90.7	197.6	111.6	118.6	125.6	139.5	146.5
510-650	$\hat{O}\hat{i}\hat{a}\hat{o}$	9- $\hat{d}$ $\hat{n}\hat{a}\hat{d}$	108	128	148	164	174	186	191	200	204	205
	$\hat{A}\hat{a}\hat{y}\hat{i}\hat{o}\hat{i}\hat{d}\hat{i}\hat{e}$	8- $\hat{d}$ $\hat{n}\hat{a}\hat{d}$	95	129	141	154	165	175	190	196	213	199
	$\hat{O}\hat{e}\hat{a}\hat{a}\hat{i}\hat{a}\hat{a}\hat{o}\hat{a}\hat{d}$	$\hat{A}\hat{o}\hat{i}\hat{a}\hat{a}\hat{e}$	78	105	124	137	154	160	179	201	198	192
	$\hat{O}\hat{a}\hat{i}\hat{o}\hat{a}\hat{e}\hat{o}\hat{e}\hat{d}$	3- $\hat{d}$ $\hat{n}\hat{a}\hat{d}$	131	160	174	170	189	199	189			
	$\hat{O}\hat{a}\hat{o}\hat{a}\hat{a}\hat{e}$	8- $\hat{d}$ $\hat{n}\hat{a}\hat{d}$	106	127	139	147	157	164	178	183	184	186
	$\hat{O}\hat{o}\hat{a}\hat{e}\hat{e}\hat{d}\hat{o}$	7- $\hat{d}$ $\hat{n}\hat{a}\hat{d}$	121	145	149	150	163	172	186	190	190	201
525-630	$\hat{I}\hat{i}\hat{n}\hat{e}\hat{a}\hat{a}$	$\hat{A}\hat{o}\hat{i}\hat{a}\hat{a}\hat{e}$	83.7	97.7	97.7	104.7	104.7	110.6	118.9	118.9	125.6	139.5
380-710	$\hat{O}\hat{i}\hat{a}\hat{o}$	9- $\hat{d}$ $\hat{n}\hat{a}\hat{d}$	171	238	275	307	326	341	368	382	390	390
	$\hat{A}\hat{a}\hat{y}\hat{i}\hat{o}\hat{i}\hat{d}\hat{i}\hat{e}$	8- $\hat{d}$ $\hat{n}\hat{a}\hat{d}$	173	227	255	286	319	337	355	363	375	381
	$\hat{O}\hat{e}\hat{a}\hat{a}\hat{i}\hat{a}\hat{a}\hat{o}\hat{a}\hat{d}$	$\hat{A}\hat{o}\hat{i}\hat{a}\hat{a}\hat{e}$	158	190	231	268	298	309	335	351	353	364
	$\hat{O}\hat{a}\hat{i}\hat{o}\hat{a}\hat{e}\hat{o}\hat{e}\hat{d}$	3- $\hat{d}$ $\hat{n}\hat{a}\hat{d}$	244	302	338	355	386	423	400			
	$\hat{O}\hat{a}\hat{o}\hat{a}\hat{a}\hat{e}$	8- $\hat{d}$ $\hat{n}\hat{a}\hat{d}$	177	199	250	259	271	305	324	349	344	350
	$\hat{O}\hat{o}\hat{a}\hat{e}\hat{e}\hat{d}\hat{o}$	7- $\hat{d}$ $\hat{n}\hat{a}\hat{d}$	183	242	258	259	272	311	344	346	354	352
	$\hat{I}\hat{i}\hat{n}\hat{e}\hat{a}\hat{a}$	$\hat{A}\hat{o}\hat{i}\hat{a}\hat{a}\hat{e}$	167.4	202.3	209.3	237.2	244.2	265.2	279.1	293.1	314.0	341.9
$\lambda<710$	$\hat{O}\hat{i}\hat{a}\hat{o}$	9- $\hat{d}$ $\hat{n}\hat{a}\hat{d}$	417	485	513	522	536	547	557	568	575	574
	$\hat{A}\hat{a}\hat{y}\hat{i}\hat{o}\hat{i}\hat{d}\hat{i}\hat{e}$	8- $\hat{d}$ $\hat{n}\hat{a}\hat{d}$	368	422	435	464	475	472	500	501	520	520
	$\hat{O}\hat{e}\hat{a}\hat{a}\hat{i}\hat{a}\hat{a}\hat{o}\hat{a}\hat{d}$	$\hat{A}\hat{o}\hat{i}\hat{a}\hat{a}\hat{e}$	300	341	370	386	407	418	425	425	440	446
	$\hat{O}\hat{a}\hat{i}\hat{o}\hat{a}\hat{e}\hat{o}\hat{e}\hat{d}$	3- $\hat{d}$ $\hat{n}\hat{a}\hat{d}$	490	519	525	542	556	556				
	$\hat{O}\hat{a}\hat{o}\hat{a}\hat{a}\hat{e}$	8- $\hat{d}$ $\hat{n}\hat{a}\hat{d}$	390	397	423	444	463	485	487	493	505	516
	$\hat{O}\hat{o}\hat{a}\hat{e}\hat{e}\hat{d}\hat{o}$	7- $\hat{d}$ $\hat{n}\hat{a}\hat{d}$	392	415	428	448	477	496	510	520	513	540
$\lambda<710$	$\hat{I}\hat{i}\hat{n}\hat{e}\hat{a}\hat{a}$	$\hat{A}\hat{o}\hat{i}\hat{a}\hat{a}\hat{e}$	404.7	404.7	411.7	425.6	411.7	418.7	425.6	425.6	446.6	453.5

-
1. Á.Áààñàíæàâ, Á.Áýõð°ð, Ä.Äàòñçõ, Ä.Äàíáààðàð, Í.Òçãæñçðýí, “Одон орон судлал”, Ìîíãîëüí øèíæëýð óðààí 108 áîðëéí 71 äàðü ÷îðü, Óëààíáààðàð ðîð, 2005 îí
 2. Тарасова.Т.А., Абакумова.Г.М., Ярхо.Е.В “Определение аэрозольной оптической толщины атмосферы по прямой фотосинтетически активной радиации”, Метеорология и гидрология, 1992, №10
 3. М. Sato, J.E. Hansen, M.P. McCormick, and J.B. Pollack, Stratospheric aerosol optical depth 1850-1990, J.Geophys. 22987-22994
 4. Ä.Î÷èðáààíü, Ä.Äàòñçõ, Ìîíãîëüí îðíü çàðëè íóðàà äàðü äààð ìàíæëüí áýðíçíëëéí îððë çóçààí, ÌÓËÑ-ëéí ýðáýì øèíæëëãýýíëé áè÷ëã, 2005, ¹ 225(12),75-77
 5. Ä.Äàòñçõ, Ëññëãáíáàíëã ñíãëððàëüííî ñîðààà ñîëíã÷íëé ðààëàðëë ä íãëîððüò íóíëðàð ÌÍ, Äëññãððàðëý íà ñîëñëáíëã ó÷áííë ñàíãíë èàíæëðàðà ôèçèê-íàðáíàðë÷ãñëëð íàóë, Óëààíáààðàð, 1989ã, 154х

Abstract

In this review article we have presented main outcomes of researches on atmospheric optical parameters and spectral composition of solar radiation of Mongolian territory which have been done during last 40 years at Research Center of Geophysics of National University of Mongolia.

365±12 нм Долгионы Муж дахь Нарны Нил Ягаан Цацрагийн Эрчим

Б.Түвшинжаргал, Д.Батмөнх, Г.Даваахүү, Д.Мөнхманлай

ШУА, Одон Орон, Геофизикийн Хүрээлэн
tuvshinjargal@iag.ac.mn

В последнее время из-за уменьшения количества озонов в атмосфере Земли усиливается влияние солнечного ультрафиолетового излучения (УФИ) на живой организм на земной поверхности, в том числе на человека, и увеличилось число случаев кожных, глазных болезней и других заболеваний. Чтобы уберечь и предохранять людей от вредного влияния солнечного УФИ необходимо постоянно контролировать УФИ определяя его интенсивность.

В этой работе приведены некоторые результаты измерения интенсивности УФИ в области 365 ± 12 нм спектра на территории Монголии. Построены кривые интенсивности солнечного УФИ в зависимости от высоты Солнца, и оценены коэффициенты прозрачности атмосферы в области УФИ в разных точках территории.

Түлхүүр үгс: Нарны цахилгаан соронзон долгион, Нил ягаан цацраг, Дэлхийн агаар мандлын шингээлт ба цацаргалт

I. ОРШИЛ

Агаар мандалд сүүлийн хэдэн арван жилд хлор, фтор, нүүрстөрөгчийн нэгдлүүдийн агууламж бүхий бодисууд ихээр цацагдсанаар озоны давхаргад нөлөөлж озоны сийрэгжилтийг үүсгэснээр нарны нил ягаан цацрагийн (НЯЦ) тун хэмжээ ихсэж байгаа билээ.

Цацрагийн нөлөөнөөс болж дэлхий дээр жилд олон сая хүн нүдний болор цайх болон арьсны өвчинд нэрвэгдэж байна. Үүнээс сэргийлэх үүднээс дэлхийн олон оронд НЯЦ-ийн индексийг цаг агаарын мэдээтэй хамтатган мэдээлдэг болсон. Манай орны хувьд НЯЦ-ийн эрчим, индексийг тухайн цэгт тодорхойлж байх шаардлагатай юм. Газрын гадаргад ирж байгаа НЯЦ-ийн эрчим нь нарны өндөр буюу агаар мандлын зузаанаас хамаарахаас гадна тухайн газар нутгийн төлөв байдал, агаар мандлын шингээлт, сарнилт зэргээс хамаардаг.

Одон орон, геофизикийн хүрээлэн нь 2000 оноос эхлэн 365 ± 12 нм долгионы муж дахь нарны нийлбэр болон шулуун цацрагийн эрчмийг VLX-3W маркийн багажаар Хүрэл Тогоот дахь хэмжилтийн байнгын цэгт, мөн хөдөө орон нутгуудад

явуулын хэмжилт хийж мэдээллийн санг өргөтгөж байгаа болно [3, 4].

Энэхүү судалгааны ажилд 2000-2015 онуудад хэмжигдсэн 365 ± 12 нм долгионы муж дахь нарны НЯЦ-ийн эрчмийг нарны өндрөөс хамааруулан хавар, зун, намрын улирал тус бүрт тодорхойлов. Мөн агаар мандлын тунгалагжилтын коэффициентийг тооцоолсон дүнг харуулав.

II. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

A. Нарны нил ягаан цацрагийн эрчим ба нарны өндрийн хамаарал

Тухайн цэг дэх НЯЦ-ийн эрчмийн нарны өндрөөс хамаарах хамаарлыг эхний дөхөлтөөр шугаман хамаарлын хэлбэрээр авч үзье. Ингэхдээ хамгийн бага квадратын аргыг хэрэглэж болно [1].

$$y = a + bx + cx^2 \quad (1)$$

$(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n), \quad n \geq 3$ гэж мэдэгдэж буй хэмжигдэхүүнүүдэд хамгийн сайн дөхөж очих $f(x)$ муруйн хазайлтын квадрат нь хамгийн бага байх ёстой. Өөрөөр хэлбэл,

$$P = \sum_{i=1}^n [y_i - f(x_i)]^2 = \sum_{i=1}^n [y_i - (a + bx_i + cx_i^2)]^2 \rightarrow \min \quad (2)$$

Энд: a, b, c - үл мэдэгдэх коэффициентууд,
 x_i, y_i - тухайн тохиолдолд нарны өндөр
ба эрчим.

В. Агаар мандлын тунгалагжилтын коэффициентийг тодорхойлох

Агаар мандлын тунгалагжилтын коэффициентийг газрын гадаргад ирэх нарны цацрагийн эрчмийн сулралыг илэрхийлэх Буге-Ламбертийн хууль (3)-аар тодорхойлно:

$$S_{\lambda} = S_{0,\lambda} \cdot P^m \quad (3)$$

Энд: S_{λ} - газрын гадаргад тусах тухайн долгионы урттай нарны шулуун цацрагийн эрчим,

$S_{0,\lambda}$ - тухайн долгионы урт дахь нарны тогтмол,

P - агаар мандлын тунгалагжилтын коэффициент,

m - агаар мандлын оптик масс.

Агаар мандлын тунгалагжилт нь агаар мандалд явагдаж буй физик процесстэй нягт уялдан агаар мандлын оптик төлөвийг тодорхойлох нэг чухал үзүүлэлт бөгөөд цаг агаарын хувьсал өөрчлөлтийг үүсгэгч ерөнхий синоптикийн болон нутаг орны байдал цаг уурын өвөрмөц онцлогтой холбогдон хувьсаж байдаг.

Бидний хийсэн НЯЦ-ийн хэмжилтээр 2007 он хүртэл зөвхөн нарны нийлбэр цацрагийн эрчим, 2007 оноос хойш нарны нийлбэр болон шулуун цацрагийн эрчим тодорхойлогдсон тул нийлбэр цацрагийн хэмжилтээс шулуун цацрагийг тодорхойлох шаардлагатай болсон. Иймд дараах аргыг хэрэглэв.

Хэвтээ гадаргууд θ -өнцгөөр налсан хавтгайд тусах нарны нийлбэр цацрагийн хувьд дараах томъёог бичиж болно [2]:

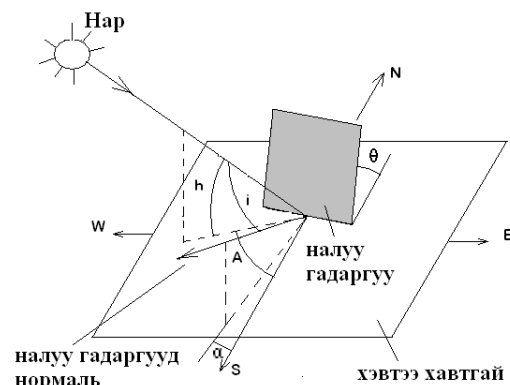
$$S_{NT} = S_{ND} \cos i + \frac{1}{2}(1 + \cos \theta) S_s + \frac{1}{2} \rho (1 - \cos \theta) S_{HT} \quad (4)$$

Энд: S_{NT} - налуу гадаргууд тусах нарны нийлбэр цацрагийн эрчим,

S_{ND} - перпендикуляр гадаргууд тусах шулуун цацрагийн эрчим, S_s - сарнисан цацрагийн

эрчим, S_{HT} - хэвтээ гадаргууд тусах нарны нийлбэр цацрагийн эрчим, ρ - альбедо,

i -нарны чиглэл ба налуу гадаргуугийн нормаль хоёрын хоорондох өнцөг (Зураг 1).



Зураг 1. Хавтгайн байрлал, өнцгүүд.

Налуу гадаргуу нь нарыг дагах системээр хөдлөх тохиолдолд (4) томъёог дараах хэлбэртэй бичиж болно:

$$S_{NT} = S_{ND} + \frac{1}{2}(1 + x) S_s + \frac{1}{2} \rho (1 - x) S_{HT} \quad (5)$$

Нөгөөтэйгүүр, (4) томъёоноос хэвтээ гадаргууд тусах цацрагийн хувьд

$$S_{HT} = S_{ND} \cdot x + S_s \quad (6)$$

гэж бичиж болно. Энд $x = \sin h$ бөгөөд h нь нарны өндөр.

Сарнисан цацраг S_s нь цаг уурын нөхцөл, үүлшилт, тоосжилтоос хамаарч өргөн хязгаарт өөрчлөгддөг. Тэнгэр цэлмэг байх тохиолдолд Релейн сарнил зонхилж байна гэж үзвэл сарнисан цацрагийг Берляжегийн тэгшитгэлээр тооцоолж болно:

$$S_s = \frac{S_0 \cdot x (1 - R)}{2(1 - 1.4x \cdot \ln R)} \quad (7)$$

Энд дараах тэмдэглэлүүдийг хэрэглэе.

$$R = S_{ND}/S_0, \quad R' = S_{NT}/S_0, \quad R'' = S_{HT}/S_0 \quad (8)$$

S_0 - нарны тогтмол. R нь агаар мандлын нэвтрүүлэх чадвар бөгөөд нарны тухайн өндөр дэх тунгалагжилтын коэффициент (P_x)-тэй дараах томъёогоор холбогдоно:

$$P_x = R^x \quad (9)$$

(5), (6) ба (7) томъёоноос агаар мандлын нэвтрүүлэх чадвар R -ийн хувьд дараах хялбар томъёонд хүрнэ. Үүнд:

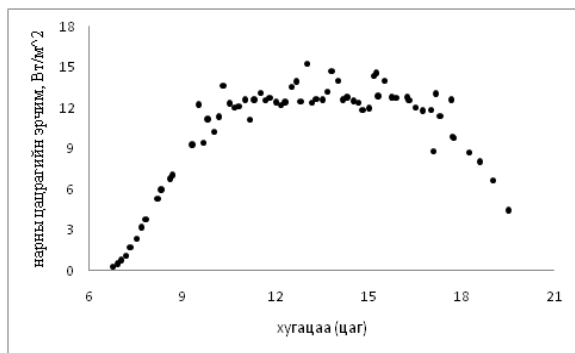
$$R = \frac{R' - x_3}{x_1 - x_3} \quad (10)$$

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= 1 + \frac{1}{2}x(1-x)\rho \\ x_2 &= \frac{1}{2}(1+x+\rho(1-x)) \\ x_3 &= \frac{1}{2}x \cdot x_2 \frac{1}{1-1.4x \cdot \ln R} \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Илэрхийлэл (11) дэх x_3 нь R -ээс хамаарч байгаа тул итерацийн аргыг хэрэглэнэ. Ийнхүү S_{NT} хэмжигдсэн тохиолдолд R -ээр P_x -ийг нарны өндрөөс хамааруулан тодорхойлно. Дараа нь нарны өндрийн хэд хэдэн утгуудад тодорхойлсон P_x -ийн утгуудаар шулуун байгуулснаар нарны өндрийн 90° дахь P_x -ийг олох ба энэ нь агаар мандлын тунгалагжилтын коэффициент P юм.

III. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

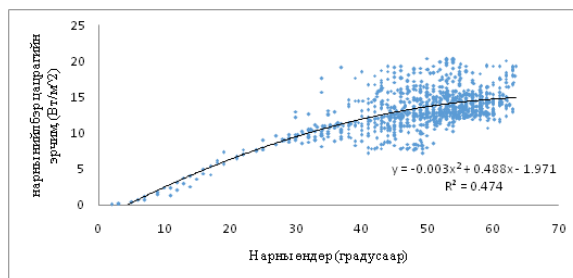
Хүрэл Тогоот дахь Одон орныг судлах оргилд хийгдсэн хэмжилтийн дүнг ашиглан 365 ± 12 нм долгионы муж дахь нарны НЯЦ-ийн эрчмийн муруйн өдрийн явцыг Зураг 2-д харуулав.



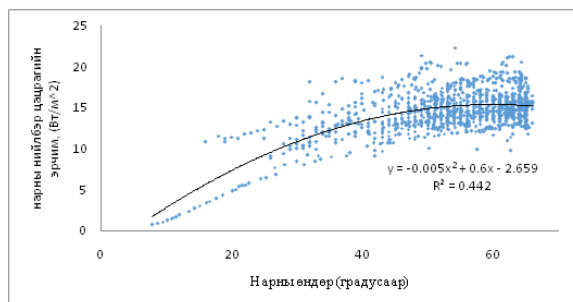
Зураг 2. Улаанбаатар орчмын нарны НЯЦ-ийн эрчмийн өдрийн явц.

Зураг 2-оос харахад НЯЦ-ийн эрчим нь өглөө, оройн цагт буурч, үд дундад ихэссэн буюу дундажаар 13.5 Вт/м^2 байна.

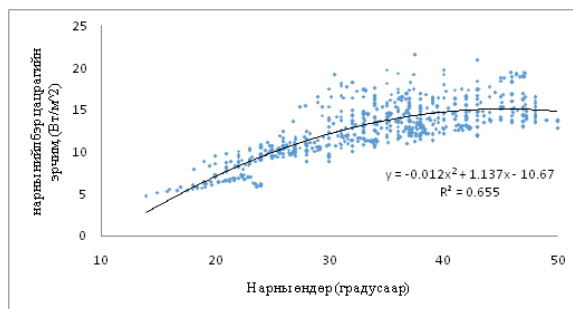
Тэнгэр цэлмэг байх үеийн 100 гаруй өдрийн хэмжилтийг түүвэрлэн НЯЦ-ийн эрчим ба нарны өндрийн хамаарлыг хамгийн бага квадратын аргаар хавар, зун, намрын улирал тус бүрт тодорхойлов (Зураг 3, 4, 5) [3]÷[5].



Зураг3. Хаврийн улиралд нормаль гадаргад тусах 365 ± 12 нм долгионы муж дахь нарны нийлбэр цацрагийн эрчмийн нарны өндрөөс хамаарах хамаарал.



Зураг 4. Зуны улиралд нормаль гадаргад тусах 365 ± 12 нм долгионы муж дахь нарны нийлбэр цацрагийн эрчмийн нарны өндрөөс хамаарах хамаарал.

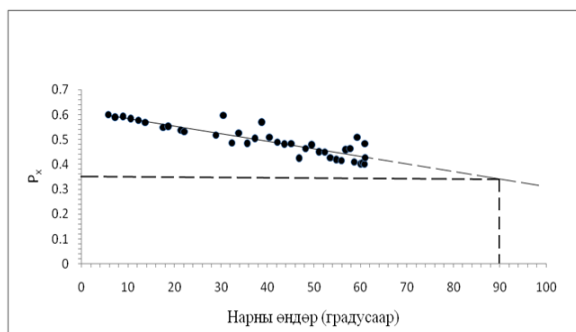


Зураг5. Намрын улиралд нормаль гадаргад тусах 365 нм долгионы муж дахь нарны нийлбэр цацрагийн эрчмийн нарны өндрөөс хамаарах хамаарал.

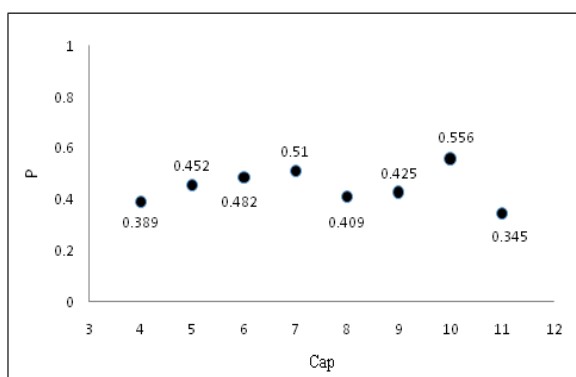
Дээрх үр дүнгээс үзэхэд нарны НЯЦ-ийн эрчим нь нарны өндөр дээшлэх тутамд ихэсдэг зүй тогтолтой бөгөөд хавар, зун болон намрын улиралд харгалзах утга нь дундажаар 19 Вт/м^2 , 20 Вт/м^2 ба 18 Вт/м^2 хүртэл ихэсдэг байна.

НЯЦ-ийн 365 ± 12 нм долгионы мужид Улаанбаатар хот орчмын агаар мандлын тунгалагжилтын коэффициент P -ийг тодорхойлохдоо нарны тогтмолыг $S_{0,\lambda} = 25.76 \text{ Вт/м}^2$ гэж [5] ажлаас авсан. Боловсруулалтыг Фортран програмчлалын хэл дээр алгоритм бичиж гүйцэтгэсэн бөгөөд үр дүнд тухайн хугацаанд харгалзах шулуун

цацрагийн эрчим (S_{ND}), нарны өндөр (h) ба нарны тухайн өндөр дэх тунгалагжилтын коэффициент (P_x)-ийн утга тодорхойлогдоно. Нарны өндрөөс хамаарсан P_x –ийн утгуудаар агаар мандлын тунгалагжилтын коэффициент (P)-ийг тодорхойлж (Зураг 6), түүний сар бүрийн дундаж утгуудыг Зураг 7-д харуулав.



Зураг 6. Нарны тухайн өндөр дэх тунгалагжилтын коэффициент P_x –ийн утгуудаар тодорхойлсон агаар мандлын тунгалагжилтын коэффициент P .



Зураг 7. Улаанбаатар хот орчмын P коэффициентийн сар бүрийн дундаж утга.

IV. ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны ажлын үр дүнд дараах дүгнэлтүүдийг хийж байна. Үүнд:

- Нарны нил ягаан цацрагийн эрчим нь нарны өндрөөс хамаарч дараах илэрхийллээр тодорхойлогдоно:

Хаврын улиралд: $S_{NT} = -0.003h^2 + 0.488h - 1.971$

Зуны улиралд: $S_{NT} = -0.005h^2 + 0.6h - 2.659$

Намрын улиралд: $S_{NT} = -0.012h^2 + 1.137h - 10.67$

- Эдгээр илэрхийлэл нь өндөр нарийвчлал шаардагдахгүй практик хэрэглээнд ашиглагдах боломжтой. Өөрөөр хэлбэл, тухайн газар нутагт нарны өндрийн тодорхой утгад НЯЦ-ийн эрчмийг олох боломжтой. Улс орнуудад цаг агаарын мэдээний хамтаар НЯЦ-ийн хэмжээг индексжүүлэн мэдээлдэг бөгөөд манай оронд ч үүнийг хэрэгжүүлэх боломжтойг энэхүү ажлаар харуулав. Ингэхдээ НЯЦ-ийн эрчим нь зөвхөн нарны өндрөөс гадна агаар мандлын тунгалагжилт, газар зүйн байрлал зэрэг олон хүчин зүйлээс хамаардаг тул эдгээр хүчин зүйлсийг тооцож илүү нарийвчлалтайгаар цацрагийн эрчмийг тодорхойлох зорилт тавигдаж байна.

- Улаанбаатар орчмын агаар мандлын тунгалагжилтын коэффициент нь хавар, зун ба намрын улиралд $0.345 \div 0.556$ хүртэл утгын хооронд хэлбэлзэж байна.

- http://www.efunda.com/math/least_squares/least_squares.cfm.
- Hiromy Baba and Kimio Kanayama, “Studies on Measurement and Estimation of Solar Radiation”.
- “Нарны Н-альфа ба хэт ягаан цацрагийн ажиглалт, спектрийн судалгаа” сэдвийн эрдэм шинжилгээний тайлан, 2007-2010 он

- Нарны идэвхжлийн үеийн идэвхт муж, үзэгдлүүдийн бүтэц, динамикийн судалгаа” сэдвийн эрдэм шинжилгээний тайлан, 2011-2013 он
- Solar Constant and Zero Air Mass Solar Spectral Irradiance Tables1
<http://www.patarnott.com/atms749/pdf/SolarConstantZeroAirMass>

Олаанбаатар Өотын Ёутаг Аэвсгэр дээрх Өүйтэн Агаарын Оунарал ба Хөдлөлзүй

Ё.Озэаагдүй

Өёй аёйö Оддái, Одóйíеíдеей Ёд Њоддóоёу
tugjsurn@must.edu.mn

Ўйүдзз ааеёа Оёааíааòдò òíòuí íóðàà áýàñáýð áýýð °аеёеí беедäеä òзёóýí
ааааò òóíàðàí òíàðíæ áóе ааеäае, òззí áýýð òóòñàí áíðеèäñíí ааааòuí
хөдлөлзүйд зохих дүн шинжилгээ хийх зорилгоор Дэлхийн Хиймэл Дагуул
(NOAA, AVHRR)- ùí ìýäýüá ашиглан çàðдèì äçáíýеòеéä òеéä.

Озёоççд çä: òáííäðäòòòuí òííáíðóó çä, òзёóýí ааааòuí òóíàðäе, ò°ае°еçзé,
ааааòuí áíðеèäíе

I. ОРШИЛ

Оёааíааòдò òíòuí ааааòuíä
áíðеèäòóоёä÷ áíäеñuíä äàðäàò ýð ççñäççðççä,
òýäáýýðеёеí ò°ð°е, áаеðеäе, òàððäеòuí
ííöеíäеёеí òäеäàð òóääеääá üáóóеæ çàðдèì
òíáíðòíе äçáíýеòзçäеéä òеéäýüä áаеíä [1-
13].

Улаанбаатар хотын агаарыг бохирдуулж буй
гол эх үүсгүүр нь жилдээ 2,5 сая гаруй тонн
нүүрсээр галладаг цахилгааны станцууд,
хотын захын хорооллыг дулаанаар хангагч
400 мянга гаруй тонн нүүрс хэрэглэдэг
гурван зуун хориод халаалтын зуухнууд, 350
орчим мянган тонн нүүрс 290-ээд мянган
шоометр мод түлдэг гэр хорооллын 80 гаруй
мянган айл өрхийн галладаг зуухнууд, хөдөө
орон нутгаас байнга орж гардагтай нийлээд
үргэлж зорчиж байгаа 70 орчим мянган
тээврийн хэрэгслийн хөдөлгүүрээс гарах
утаа, хотын нутаг дэвсгэрийн талхлагдсан
хөрс болоод гудамж талбайгаас босох тоос
шороо, үйлдвэрлэлийн явцад агаарт гарах
элдэв дэгдмэлүүд (аэрозоль) зэрэг болно. [2-
6]

Улаанбаатар хотын хувьд агаарыг
бохирдуулагч эдгээр үүсгүүрүүдийн зэрэгцээ
цаг уур, газар зүйн байрлалтай холбогдох
гадаад таагүй нөхцөл, тухайлбал; өвлийн
улиралд үүсэх агаар мандлын газрын
гадаргуу орчмын “температурын тонгоруу”
(инверс), хот бүхэлдээ эргэн тойрон уулаар
хүрээлэгдсэн хонхор хотгорт байрласан
онцлог зэрэг нь бохирдсон агаар сарнин

замхрахгүй доош тунан тогтвортой орших
бодит нөхцлийг бүрдүүлж байна [3].
Íеēñеýе òíòuíä ааааòuí áíðеèäеíñ
òðüä÷еēäí òýðäеéеýò, áóòðóоёäòää þóíú
°íí° áýð áíēííä ääеääáàðäе òóóòáíä
çíðеóеæ øàðäеò òäеòäе, äóääáíää òäеí
äàðüäää çóóò òеéò, òðää ääää äàðäàò òзёø
зéеäáýðеýò, òàðеéääáí äóääáíú òðáíòóóäää
òòäáíú áíēíñðííäóе øççёòççð òääеò,
øеíäýðççēñýí òеéí òзёøýýð üääää
äàðííäøеíóóäüä íеøðóóеäò, òзёøíеé
÷áíäòuíä òäеæðóóеäò çýðýä íēíí ò°ðеéеí äðää
òýíæýüä òíñеóóеäí òýðýäæççёýðýýð çíðüæ
áäеíä. Áýðáýý òàðóó, øеíäýí, òеéí äеü ÷
ò°е°àð ääеéää äýñýí íççðñò°ð°ä÷èð òðäääçé
òзёø äýæ áаеòäçéä òäíàò òòíе. Í°ä° òäеäñ
òзёøíеé øàðäеòääñ äàðñàí íççðñò°ð°ä÷еéí
äáí еñýе (CO)-еéä òðää áíеæ òóíàðíä, ääàðä
еñýе (CO₂)- íü °íä°, çíýðäçé áíēíðííð òðää
äеø þìøеäýýð íеēäíäíе ёðýýòýí äеääáíä
òçðíý. Оёааíааòдò òíòuí òää òòð, äàçàðççéí
áäеðøеúí ííöеíä, òзёóýí ааааòuí òóíàðäе,
ò°ае°еçзéä íàðдéä÷еäí òóääеñíú äçíä
áíðäеòíе äðää òýíæýüä ää÷ òýðýäæççёýò
øäàðäеäää äàð÷ áäеíä. Þóíú °íí° òеéíýе
äääóóеúí íàðдéä÷еäе òäеòäе ìýäýüä
áíēíñðòóоёäí øóòððäе çíýēäýüíä àøеäеäò,
òðüä÷еēñàí ìýäýüä äàðäàò, òíòuí òýíæýüíä
ааааòuí áíðеèäеúä òóäеäò еæ äçðýí
еäáíðàòíð áíēííä òýíäеò, çíýēäýý,
ìýäýýеéеéí òäí, òзæäýý áäеäóóеäò üäääе
÷òдеäàð øäàðäääääæ áäеíä [14].

II. ТЕМПЕРАТУРЫН ТОНГОРУУ YE

Íð÷èð ààààðûí ðàííàðàóðð °íàð°ñ° òóð÷ ààéàà çë ðíàðèèðíé áóðó 100ì áýðýð áóðàì 0.6°N –ýýð áóóðíà. Áýðýé óóèñûí ð°íàèé ðíðàíðð àààðûí ðàííàðàóðð °íàð°ñ° íýíäàäýä óðàóó çýääýé áíàèðíéàíð ìðèè ààéàà. Àààðûí ðàííàðàóðð ðóðàéí ààçðûí °íà°ð èðñýðýä °ñà° íýðçç çзгдлийг “температурын инверс” буюу “температурын тонгоруу” õýìýýí íýðýýý [3].

Àààðûí ðàííàðàóððûí ðííàíðóó ààçðûí àààðàà ìð÷èìà áíèí ðèéí ààéàà àèü àèéíà íü çñýí ðíðàíðà ðóè ààçðûí àààðàà ìð÷ìí àà ðèéí àíàèñûí äýä ðíð àíàèéíà. Áíè ð°è°à ààçðûí àààðàààñ çàèàí ýðýð ðàííàðàóððûí èéí çà ààðàðàñ çóçààí õýäýí àðààñ õýäýí çóóí ìàðð òçðýð á°à°à òççèé äýä àííà ðèè äýýðð ðàííàðàóððûí ýèàà íýäýñ àðàí õýäýí àðàóñ òçðýý [3].

Óóðàéí ààçàð íóðàèéí ðíðàíð àçäýðèéí ýèàà èðñýð áóðàì ðàííàðàóððûí ðííàíðóó çàèéí ýð÷èì íýíäàäýä íü ýðäýí ðíèðííàí °íà°ð óóè íóðóóààð òçðýýäñýí ðííðíð ð°íàèé ààçàðð òçèðýí àààð ðóíàí ðíðàíè óààí ðóàðààààð õýíäýý ðàààèèàààí ààçðûí àààðàà ð°ð°èðèéà èðýñäýä óèìààð ðó÷èð àààðûí ðàííàðàóðð òççèéà àààí áóóðàààðè ðíèíðíèè òì.

Áýðíèíàèéí íèíí æèèèéí õýìèèð ñóàèèààíàñ, Óèààíààðð ðíðàíà àààðûí ðàííàðàóððûí ðííàíðóó çà æèèèéí ðóððèè ìðèè á°à°à áóèàí óèèðàèà 30-60% -èéí ààðààààèðàé, 500-580ì çóçààí ààðàðàñ ýçýè ààéàà áíè æèèèéí òçèðýí óèèðàèà ààðààààè íü èðñýä 80-96%, çóçààí íü 500-920ì, ðííàíðóó çàèéí äýä àà àííà ðèè äýýðð ðàííàðàóððûí ç°ð° 6.0-11.7° ìð÷èì ààéíà (6 áóààð çóðàà) [3].

Óèààíààðð ðíðûí ààèðèàð ààçðûí òçàèéíà I ñàðà ðàííàðàóðð 22°N òçèðýí ààéàà 2 èì-èéí °íà°ð ðííàíðóó çàèéí çóçààí 600ì, äýä àííà ðèè äýýðð ðàííàðàóððûí ç°ð° 15°N ìð÷èì ààéíà. Í°à° ðàèàñ Óèààíààðð ðíðûí ìð÷èìà

àààðûí ðàííàðàóðð -27.4°N ààéàà ààèéí òçàèýñ äýð 1665ì °ðà°àñ° Óçðýèðííàíðûí Íàíí Íðíí Nóàèàð Íðàèèà – 19.6°N ààéàà íü ýýðçç ðíðèíàèèà 100ì °àñ° áóðàì àààðûí ðàííàðàóðð 1.95°N-ýýð °ññ° áíèð íü ðàðààààè ààéíà.

Óýìèèð ðíðííííí çýðýä àààðûí ðàííàðàóðð Óçðýèðííàíðûí Íðàèèè ð°àèèà°ñ äýð 500ì °àñ°à 3°N-ýýð, 1000ì °àñ°à 5.9°N-ýýð ðóñ ðóñ °ñ° áóðó Óèààíààðð ðíðûí ààèðèè ààçðûí áóíààè ð°àèèà°ñ ýäýð °íà°ð ðàðààèçàð óàà 8.4°N àà11.4°N ðóñ ðóñ ààð÷ ààéàà áíèí [3].

Àààðûí ðàííàðàóððûí ðííàíðóó çà ààðàðàñ çóçààí, òççèé ýð÷èèè àíàèðíè çíýð íü áíðèðàíè ðíðñíí àààðûí õýäýð, áíðèðàèèà ñààðóèèàð, ðóðàéí ààçàð òçèé ýðçç íýäýä ñ°ð°à°ð í°è°è°ð õýìèèà òçäýèà çàðíèèèà çýðýà ìàðèé àðàà ðàðíèèèèèà ñííàíè àíèíàðòóèèàà èðýðýí à÷ ðíèíàíèèèèè òì.

III. УЛААНБААТАР ХОТЫН НУТАГ ДЭВСГЭР ДЭЭРХ ХҮЙТЭН АГААРЫН ТУНАРАЛ, ХӨДЛӨЛЗҮЙ

Óèààíààðð ðíðûí íóðàà äýàñäýð äýýð ðóíàðñàí òçèðýí àààðûí ààèðèèèà Áýèèéí Óèèíýè Ààáóóè (NOAA, AVHRR)- ñí íýäýä àèèèè àíèíàðòóèèèà ñàíñðûí çóðààèèèàð ààðààð 4 áçýàð óóààà çýäè áíèðííð ààéíà:

1.Налайхын өндөрлөг (h≈1300m)

ð°íàèéí ðóíàñàí òçèðýí àààð

2.Áíàà óóèí àð,Óóóè áíèí ð°íàèéí

ðóíàñàí òçèðýí àààð

3. Áóýíð óàà, Ñàðíààèéí ð°íàèéí

ðóíàñàí òçèðýí àààð

4. Íàððèçàí, Ñííàèíí ðàèððàíí óóàà

ð°íàèéí ðóíàñàí òçèðýí àààð

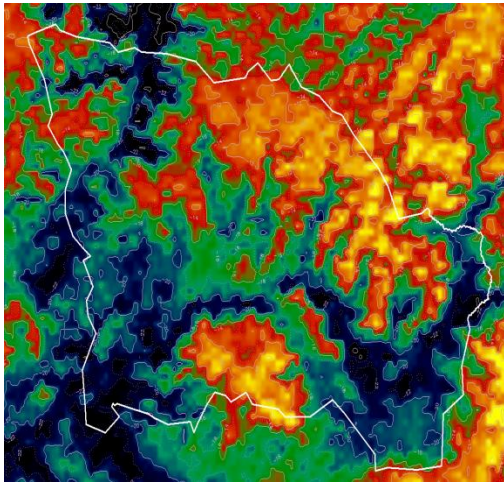
Óèààíààðð ðíðûí ààèðèàð óóèñûí

ð°íàèéí òçèðýí àààðûí ðóíàðàèè

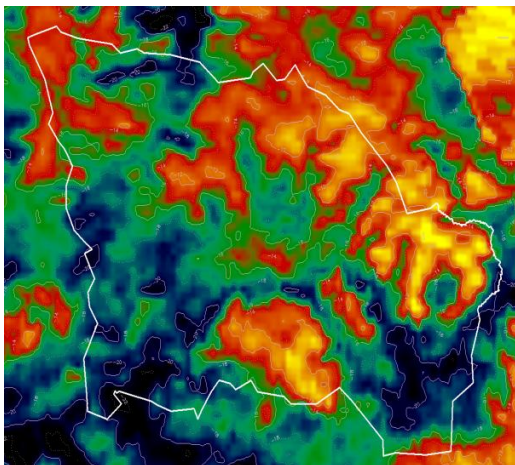
àð°íèèè àçð çóðàèèà Зүрэг 1-ээс ðàðè

áíèí.

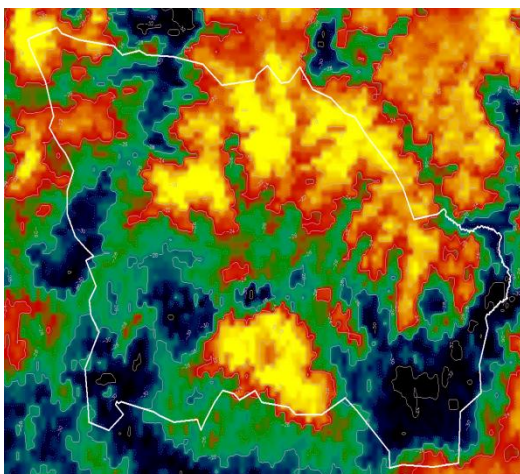
òàèáàèã òàìðàí òàððààá áíëíð íü xèèìýë
ðààóóëüí çððàñèèààñ òíàíððíé áàéíà.



Зоддаа 5. Өгчэдүй ааааадын òóíàððë. I cap. 13.00 òàà



Зоддаа 6. Өгчэдүй ааааадын òóíàððë. I cap. 16.00 òàà



Зоддаа 7. Өгчэдүй ааааадын òóíàððë. I cap. 22.00 òàà

IV. ДУГНЭЛТ

1. Өëààíàààðð òíðóí äççðäççä àíððííñ Íàèàèðóí ðàéíí áíðèðàííí òçéóýí ààààðóí òóíàððè òàíàèéí èð òóàèèã ýçýæ áàéíà. Íàèàèð äççðäèéí íóðàà äýàñäýð òàðüòàíàóé °íà°ðð áàéðèàð òóé °àèèéí òçéóýí òçíà ààààð áííð àóèñàí áóóæ ìàññààðàà áàðóóí, áàðóóí òíéð òçðýí øèèæäýà òàíàèàààðàé þì. Энэ нь Амгалан станцын өвлийн улирлын салхины чиглэлээр бүрэн баталгаажина.
2. Áàýíççðð äççðäèéí Àà÷óóðð, Àíàèàíààñ Ìààðóóðð òíèàíé òçðóýè òàðüòàíàóé °ðà°í çððàñ ààçàðð Àà÷óóððóí ççäýýñ ççíýýñ áàðóóíàà ÷èèýñýí òçéóýí òðñààè ààààíàèèæ áàéíà. Áýðäýý òðñààèüí òóðä òàðüòàíàóé áààà òóé òíàðíðèéí òóíàð ìààààèàè èððýé þì. °àèèéí øèèðàèä Ìííàíè ìðíü íóðàà äýýð Àçèéí ýñäýà øèèèíí íí,æ ñàèèèüí òóðä áààà áàéààà ííèíà ýíà í°è°èí°.
3. Ñçðàààðð äççðäèéí Áàýíäçäýýñ Áíèííí áóóààè, Ààíàààððàà òçðóýè òýñýà, ×èíäýèðýé äççðäèéí °íí°à òýñýà, Áàýíàíè äççðäèéí íóðàà äçðýèäýý °íí°ñ, áàðóóí áà ççíí °íí°ñ òíéð, òíéííñ òðààø ÷èèýñýí ààààðóí òðñààèüí ìàðèèèéí äýýð áóþó òçéóýí ààààðóí òóíàðèüí äçñýà ìðèæ áàéíà. Өëààíàààðð òíðóí ýíý òýñýàð òóíàðàí òíàðò òçéóýí ààààð Õàí-Õóè äççðäèéí áàðóóí áà °íí°à øèèýñ äýýøýý çðäýèæýð òçéóýí ààààððàé çàèààààí òíðíéð÷ øèíààð Àà÷óóðð, Íàèàèðóí òçéóýí ààààððàé íèèýýð òàíàèàà òíà àæèèèàààæ áàéíà. Áýðäýý òàííàðàððóóí òóàüà Íàèàèð, Ñííàèíí ìð÷íüí ààààð íýäýàäýðòçéò òçéóýí áàèààà òóé òí,ð òàèüí òçéóýí ààààðóí òçðýà Өëààíàààðð òíðóí ò°à ðçç íóí ççñäýí øàðàæ òçðýð òàíàèàààðàé áàéíà.
4. Ìàððèçàíü ò°íàèéí òíéííñ òðààø ÷èèýý çðäýèæèñýí òçéóýí ààààðóí

᠗ᠣᠶᠢ ᠲᠣᠨᠭᠢᠰᠦᠷᠦᠨ ᠨᠢᠶᠢᠭᠡᠢᠢ ᠳᠠᠭᠡᠳᠣᠠᠢ ᠣᠣᠡᠭᠢ
ᠠᠳᠠᠠᠳ ᠴᠢᠴᠢ ᠳᠡᠡᠭ ᠰᠡᠭᠡᠭᠢᠨᠢ ᠳᠢᠭᠡᠭᠢ
ᠠᠠᠠᠠᠳ ᠨᠢᠶᠢᠭᠡᠢᠢ ᠳᠠᠭᠡᠳᠣᠠᠢ, ×ᠡᠢᠶᠡᠳᠡᠭᠡ,
ᠠᠶᠢᠶᠢᠭᠡ, ᠣᠠᠢ ᠣᠣᠡ ᠠᠴᠢᠳᠠᠭᠡᠢ ᠢᠣᠳᠠᠠ
ᠠᠶᠢᠨᠠᠶᠡᠳᠡᠢ ᠳᠡᠡ ᠢᠳᠦᠢᠨᠢ ᠠᠠᠠᠠᠳᠣᠠᠭᠡ
ᠢᠡᠡᠡᠭᠣᠳ ᠠᠴᠢ ᠴᠣᠳᠠᠠ ᠠᠭᠡᠭᠡᠠᠠᠠᠠᠠᠠᠠᠠ ᠠᠡᠡᠢᠠ.

5. ᠠᠶᠡᠳᠡᠭᠡᠢ ᠣᠡᠡᠢᠭᠡ ᠠᠠᠠᠠᠠᠠᠠᠠᠢ ᠢᠶᠢᠶᠢᠶᠢ
ᠠᠢᠡᠢᠠᠨᠳᠣᠣᠡᠠᠢ ᠠᠠᠠᠠᠳᠣᠢ ᠠᠢᠳᠡᠳᠠᠭᠡᠨᠠ
ᠰᠣᠳᠣᠳᠠᠭᠡ ᠴᠢᠶᠡᠭᠣᠳ, ᠲᠦᠶᠢᠠᠳ ᠨᠡᠨᠣᠠᠢᠡᠡᠠ ᠠᠡᠡ
ᠠᠢᠡᠠᠢᠢ ᠢᠳᠠᠡᠳᠡᠨᠡᠳ ᠢᠶᠠᠳᠣᠳᠢᠴᠢᠶᠣᠳ ᠢᠦ ᠢᠠᠢᠠᠡ
ᠢᠳᠢᠦ ᠳᠣᠠᠨᠠᠠ ᠡᠳᠦᠶᠣᠳᠢᠶᠢ ᠴᠢ ᠠᠰᠡᠠᠳᠠᠭᠡ ᠫᠢ.

1. “Улаанбаатар хотын экологи-тогтвортой хөгжил” Илтгэлийн эмхэтгэл №6, Улаанбаатар, 2000
2. Ж.Цэен-Ойдов, Г.Туваансүрэн, З.Нэрмөнх, П.Гомболүүдэв, Улаанбаатар хотын дөрөвдүгээр цахилгаан станцын ашиглалтын үед үүсч байгаа агаар мандлыг бохирдуулагч бодисын судалгаа, ШУТИС-ийн Эрдэм шинжилгээний бичиг, №1/47/ х 161-171, Улаанбаатар, 2000
3. Ё.ᠳᠡᠭᠡᠨᠴᠢᠳᠢ. ᠣᠡᠠᠠᠢᠠᠠᠠᠠᠠᠳ ᠳᠢᠳᠣᠢ ᠠᠠᠠᠠᠳᠣᠢ ᠠᠢᠳᠡᠳᠠᠭᠡᠨᠠ ᠠᠣᠳᠣᠳᠣᠳᠡᠳ ᠠᠳᠠᠠ ᠴᠠᠢ ᠠᠠ ᠳᠢᠴᠢᠡᠡ ᠳᠡᠴᠡᠡ ᠴᠢᠶᠢᠨᠡᠭᠡ, ᠰᠣᠣᠡᠨᠡᠡᠢ ᠶᠳᠠᠶᠢ ᠰᠡᠢᠠᠡᠡᠡᠶᠢᠡᠡ ᠣᠳᠣᠳᠡᠨᠢ ᠠᠴᠢᠳᠢᠶᠡ, 2004, No1(71), 232-240
4. Н.Түгжсүрэн, Улаанбаатар хотын экологи ба агаарын бохирдлын зарим асуудал, ШУТИС, ДТҮЭХ-ийн Эрдэм Шинжилгээний Бичиг, №6, 2001, х 126-133
5. З.Батжаргал, Т.Булган, Улаанбаатар хотын агаарын бохирдол, “Улаанбаатар хотын экологи тогтвортой хөгжил” эрдэм шинжилгээ-үйлдвэрлэлийн бага хурлын илтгэлийн эмхэтгэл, Экологи-Тогтвортой Хөгжил, №6, ᠣᠡᠠᠠᠢ ᠠᠠᠠᠠᠠᠠᠳ, 2000, х 162-176
6. N.Tugjsuren. Latitudinal distribution of solar radiation at clear and cloudy conditions on the territory of Mongolia, Proceeding of the CEReS, International Symposium on RS, Chiba, Japan, 2003, p 129-134
7. N.Tugjsuren, G.Batsukh, D.Ganbaatar, S.Lantuu, Ts.Baatarchuluun. The results of atmospheric optical thickness in Ulaanbaatar city, within the some spectral regions, Proceeding of First International Workshop On Land cover study of Mongolia using Remote Sensing, 2004, p 84-89
8. G.Bulgan., P.Galsan., N.Tugjsuren, 2004: Desertification study in Gobi-steppe region by integrated optical and radar satellite images, Proceeding of First International Workshop On Land cover study of Mongolia using Remote Sensing, 2004, p 67
9. N.Tugjsuren, J.Batbayar, S.Tuya. Review of the aerosol remote sensing, ШУТИС. ᠠᠳᠦᠨᠶᠣᠨ-ийн Эрдэм Шинжилгээний ᠠᠴᠢᠳᠢᠶᠡ, №7-8, 2004, ᠳ 166-176
10. N.Tugjsuren, J.Batbayar, S.Tuya. Applying of modis data for aerosol detection over Mongolia, ШУТИС-ийн Эрдэм Шинжилгээний Бүтээл, №5(67), 44-51
11. Batbayar and N.Tugjsuren. Net radiation estimation using MODIS-TERRA data for clear sky days over homogeneous areas in Mongolia, Proceeding of the CEReS International Symposium, Chiba, Japan, 2005, p 206-213
12. N.Tugjsuren, J.Batbayar. Satellite detection of the atmospheric aerosol for some region of Mongolia, First National Conference on RS and GIS applications, Ulaanbaatar, 2005, May 02-03, p 77-82
13. ᠠ.Namkhai, D.Enkhbayar, Air pollution in the Capital Ulaanbaatar, <http://www.iges.or.jp/en/pub/pdf/asial> 2001/79-836

Монгол Улсын Их Сургуульд геофизикийн шинжлэх ухааны сургалт судалгааны ажлын салбар үүсгэн байгуулагдсаны 50 жилийн ойд

Ашигт Малтмал, Эрэл Хайгуулын Геофизикийн Мэргэжлийн Сургалт, Үйлдвэрлэл, Судалгааны Ажлын Тулгамдсан Асуудлууд, Шийдвэрлэх Арга Замууд

П.Дугараа

ШУТИС – ГУУС, Геофизикийн сургалт, үйлдвэрлэл, судалгааны төвийн захирал

I. ОРШИЛ

Аливаа шинжлэх ухааныг хөгжүүлэх, нутагшуулах, дэлхийн түвшинд авч явахад эдийн засгийн хүчин чадавхиас гадна алсын хараатай бодлого, түүнийг хэрэгжүүлэгч мэргэжлийн хүчирхэг хамт олон бүрэлдэн тогтсон байх ёстой.

Монгол орны улс ардын аж ахуйн олон салбарт, нэн ялангуяа геологи, ашигт малтмал, барилга, уул уурхайн салбарт эрэл, хайгуулын геофизикийн судалгаа чухал байр суурь эзэлдэг.

II. ТҮҮХЭН ЗАМНАЛ

1958 онд МАХН-ын Төв хорооны нарийн бичгийн дарга нарын зөвлөлгөөний шийдвэрээр тухайн үеийн Мал аж ахуйн яаманд инженерийн хийцтэй гүний худаг гаргах ажилд геофизикийн арга хэрэглэх нь эдийн засгийн хувьд үр ашигтай гэж үзээд МУИС-ийн төгсөх ангийн оюутан Т.Дамдинсүрэн, М.Сүрэнхорлоо, Ш.Туваан, тоо-физикийн багш Г.Хандай, Ц.Намжил нарыг Орос-Унгарын геофизикийн мэргэжилтэнгүүдийг дагалдуулсан нь энэ чиглэлийн үндэсний боловсон хүчин бэлтгэх ажлын эхлэл болсон гэж үздэг [1].

Үе үеийн Монгол Улсын Их сургуулийн Ректорат, тухайлбал Академич Н.Содном, Д.Батсуурь, профессор Д.Үүлтэн, Д.Халтар нар Монгол улсад геофизикийн шинжлэх ухааныг хөгжүүлэх боловсон хүчнээр бэхжүүлэх ажилд байнга анхаарч байсан.

1970-аад оноос НҮБ-ийн ЮНЕСКО-ийн MON-1 төслөөр Монгол улсад Политехникийн дээд сургуулийг байгуулахад

“Хайгуулын геофизикийн лаборатори”-ийг байгуулсан.

Энэ лабораторийн материаллаг бааз, манай физикчдийн хүчин чармайлт, төр засгийн бодлого дэмжлэгтэйгээр МУИС-д “Геофизикийн мэргэжлийн бүлэг” нээгдсэн (Зураг 1).



Зураг 1. МУИС-ын геофизикийн ангийн оюутнууд. 1971

Ийнхүү МУИС-ийн физик, цаг уур, геологи, газарзүйн салбарын мэргэжлээр дээд мэргэжлийн боловсон хүчин бэлтгэхэд эрэл, хайгуулын геофизикийн аргуудын онолын үндэс, практик хэрэглээний талаар сургалт, судалгаа, үйлдвэрлэлийн ажлыг явуулах үндэс суурь тавигдсан.

Манай улс төлөвлөгөөт эдийн засгийн үеийн геофизикийн мэргэжилтэнг ОХУ, Унгар, Болгар, Польш гэх мэт орнуудын их, дээд сургуулиудаар, дотооддоо мэргэжлийн курс, ТМС, Их дээд сургуулиудаар бэлтгэсэн.

Монгол улсад эрэл, хайгуулын геофизикийн хөгжлийн үе шатыг дараах үндсэн чиглэлүүдээр тодорхойлж болох юм [2].

1. Эхлэлийн үе (1950-1970) буюу геофизикийн судалгааны аргуудыг ОХУ-ын мэргэжилтэн, техникийн тусламжтайгаар Монгол орны геологи, газарзүй, цаг уур, одон орны чиглэлээр хэрэглэж эхэлсэн юм.
2. Хөгжлийн үе (1970-1990) буюу үндэсний мэргэжлийн боловсон хүчин гадаад, дотоодын их, дээд сургуулиудаар бэлтгэгдэж, материаллаг бааз, техник технологийн шинэчлэл хийж, геологи-геофизикийн судалгааг бие даан гүйцэтгэж эхлэсэн үе.
3. Зах зээлийн шинэчлэл (1990 оноос хойш) техник, технологийн дэвшил, цэцэглэлтийн үе гэсэн 3 үе шатанд хувааж авч үзвэл үе шат бүр өөр өөрийн гэсэн онцлогтой.

Зах зээлийн шинэчлэлт, шилжилтийн үеийн хүнд бэрхшээлийг даван туулахад 1992 оноос ШУТИС (ТИС)-д “Ашигт малтмалын эрэл, хайгуулын геофизик” мэргэжлээр мэргэжилтэн (бакалавр, магистр, докторын шаталсан сургалттай) бэлтгэн гаргах болсон нь мэргэжлийн боловсон хүчний залгамж халааг авч үлдсэн төдийгүй, монголын геологи, ашигт малтмалын судалгаанд гадаад, дотоодын хөрөнгө оруулалттай компаниудад геофизикийн эрэл, хайгуулын ажлыг явуулахад чухал үүрэг гүйцэтгэсэн [3].

Улмаар Монгол Улсын Техникийн Их Сургуулийн Ректорын 1997 оны 243 тоот тушаалаар Геологийн сургуулийн бүрэлдэхүүнд “Геофизикийн сургалт, үйлдвэрлэл, судалгааны төв”-ийг тэнхимийн статустайгаар байгуулсан нь өнөөгийн манай профессорын багийн үндэс болсон (Зураг 2). Энэхүү төв анх байгуулагдахдаа 3 багш, хичээлийн туслах ажилтан, сургалт, судалгааны 3 лаборатори, кабинеттайгаар үйл ажиллагаагаа эхэлж, өнгөрсөн 23 жилд 18 удаагийн төгсөлтөөр бакалавр 195, магистр

13, доктор 5 мэргэжилтэнг бэлтгэж гаргаад байна.



Зураг 2. “Ашигт малтмалын эрэл, хайгуулын геофизик” мэргэжлийн анхны төгсөлт багш нарын хамт, 1997 он

2014-2015 оны хичээлийн жилийн байдлаар бакалаврын түвшинд 128, магистрантурт 8, докторантурт 3 оюутан суралцаж байна. Энд тэмдэглэхэд, 1988 оны 7-р сарын 31-ний Үнэн сонинд “Эрдэмтэн ярьж байна” буланд “Геофизикийн дэвшилтэт арга” нийтлэлээр тухайн мэргэжлийн ач холбогдол, тэр үеийн байдлыг тодорхойлоод 2010 он гэхэд 280 мэргэжилтэн хэрэгцээтэй (5) гэж тооцоолсон байдаг.

2000 оноос зарим их, дээд сургуулиуд сургалтын багц цагийн тогтолцоонд орсонтой холбогдуулан профессорын багийн бүрэлдэхүүнээр ажиллах болсон. Энэ үеэс манай төв “Ашигт малтмалын эрэл, хайгуулын геофизик” мэргэжлийн сургалтын төлөвлөгөөг шинэчлэн боловсруулж бакалавр, магистр, докторын шаталсан сургалтыг амжилттай явуулж байна.

Төвийн эрхэм зорилго нь Монгол улсад Геофизикийн шинжлэх ухааныг хөгжүүлэхэд бодитой хувь нэмэр оруулна гэж ГСҮСТ-ийн дүрэмд тодорхой зааж өгсөн.

Өнгөрсөн хугацаанд баг, тэнхимийн багшлах боловсон хүчин, материаллаг баазыг бэхжүүлэхэд олон талт арга хэмжээ авч явуулсаар МУИС-д “Хэрэглээний геофизик”, Улаанбаатарын Их сургуульд “Геофизик”, ШУТИС-д “Геофизик, геомэдээллийн профессорын баг”-ийн хамт олон бүрэлдэн тогтлоо (Зураг 3, 4, 5).



Зураг 3. Геофизик, геомэдээлийн профессорын багийн хамт олон 2012 он



Зураг 4. МУИС – ийн геофизикийн тэнхимийн хамт олон



Зураг 5. УБИС – ийн 2009 оны элсэгчид Ангийн багш Дэмбэрэл, Шархүү багш нарын хамт

Төвийн үйл ажиллагааны гадаад, дотоодын их, дээд сургуулиуд, шинжлэх ухааны, үйлдвэрлэлийн байгууллагуудтай хамтран ажиллах хүрээ өргөжиж, хэд хэдэн төсөл: Японы “Жайка”-тай хамтран Замын-Үүдийн усан хангамжийн газрын доорхи усны эрэл, хайгуулын ажил, Наймантын Хөндийд явуулсан Оюу Толгой төслийн усны ажил, Хөх Нуур XVIII, Сүхбаатар - Баруун-Урт, Цайдам XXVI, Төхөм X, Говь-Алтай –

Жинстийн талбайн газрын тосны эрэл, хайгуулын ажилд манай Төвийн эрдэмтэн



Зураг 6. 2004 онд Замын үүдийн усны нөөцийг нэмэгдүүлэх судалгааны семинарт Замын-Үүд чөлөөт бүсийн усан хангамжийг шийдвэрлэх төслийн үр дүнг хэлэлцүүлж байгаа нь

судлаачид, багш оюутнууд төслөөр болон аж ахуйн гэрээгээр хийж гүйцэтгэлээ (Зураг 6). Төвийн үйл ажиллагааг 2009 оноос Ректорын 209-р тушаалаар баталгаажуулж 047 тоот гэрчилгээ олгож, дүрэм журмыг боловсруулан мөрдүүлж байна.

ГСҮСТөвийн хийж гүйцэтгэсэн үйл ажиллагааг товчоор дүгнэвэл:

- “Ашигт малтмалын эрэл, хайгуулын геофизик” мэргэжилтэн бэлтгэх сургалтын төлөвлөгөөг хэрэгжүүлж 18 удаагийн төгсөлтөөр 195 гаруй бакалавр, 22 магистр, 3 доктор (PhD) бэлтгэж, одоо 100 оюутан суралцаж байна.
- Эрдэм шинжилгээ судалгааны ажлын хувьд 1999 оноос “Зах зээл ба геофизикийн судалгаа”, 2004, 2007, 2012, 2014 онуудад “Монголын геофизик, геологийн асуудлууд” сэдэвт эрдэм шинжилгээний бага хурлыг 5 удаа зохион байгуулж 150 гаруй өгүүлэл, гадаад, дотоодын мэргэжлийн сэтгүүлд хэвлэн нийтлүүлээ.
- Үйлдвэрлэлийн ажлын хувьд гадаад, дотоодын хөрөнгө оруулалттай компани, улсын төсөвт ажлуудад аж ахуйн гэрээ, зөвлөх, гүйцэтгэгчээр

оролцож, үйлдвэрлэлийн ажлын 10 гаруй тайлан бичиж, хэд хэдэн төсөл боловсрууллаа.

- Сургалтын ажлын материаллаг баазыг бэхжүүлэх асуудлын гол нэгэн хүчин зүйл болох мэргэжлийн ном, сурах бичиг, гарын авлага боловсруулах асуудлаар “Геофизикийн аргын үндэс”, “Геофизикийн цогцолбор арга, түүний хэрэглээ”, “Монгол орны геологи, ашигт малтмалын судалгааны геофизик”, “Соронзон хайгуулын аргууд”, “Гравихайгуулын аргууд”, “Гидрогеофизик” “Сейсмохайгуул, цахилгаан хайгуул, цооногийн геофизик” зэрэг 10 гаруй сурах бичиг, нэгэн сэдэвт зохиолыг манай багш нарын хүчээр хэвлэн нийтлүүлж, салбарын мэргэжлийн номын санг бүрдүүллээ (Зураг 7).



Зураг 7. Хэвлэн нийтлүүлсэн ном, сурах бичиг

- Сургалтын материаллаг бааз, лаборатори, кабинетийг тохижуулахад төгсөгчдийн дэмжлэг, “АМО дисковер” ХХК, “Гео-Орон” ХХК, “Жи энд Си” ХХК, “Шинэ тайлал” ХХК-ний хандив, хөрөнгө оруулалтаар 10 гаруй сая төгрөгөөр багш нарын ажлын өрөө, номын сангийн болон магистрын сургалтын кабинетүүдийг иж бүрэн компьютержуулах ажлыг хийж байна (Зураг 8).



Зураг 8. Геофизикийн сургалтын лаборатори, хичээлийн танхим

Геологи, газрын тосны сургууль 20 гаруй сая төгрөгийн хөрөнгө оруулалт хийж Петрофизикийн лабораторийн материаллаг баазыг бэхжүүллээ.

- Судалгааны ажлын материаллаг баазыг бэхжүүлэх, техник-технологийн шинэчлэлт хийх ажлын хүрээнд “Петрофизикийн судалгааны лаборатори” байгуулах үндэслэлийг тавьж 20 гаруй сая төгрөгийн шинэ багаж авч судалгааны ажлыг хийж байна (Зураг 9).



Зураг 9. Петрофизикийн багаж

- 2011-2012 оны зааг дээр ЭБЭХЯамны геологийн салбарын мэргэшлийн зэрэг олгох сургалтанд манай ахмад 13 геофизикч (А.Бадарч, С.Гомборагчаа, Т.Батжаргал, Б.Өнөрбаяр, Т.Энхбаяр, Б.Төвд, Я.Уламсайн, Б.Төмөр, П.Очирхуяг, С.Мөнхбаатар, Г.Мөнхсайхан) хамрагдаж “Ашигт малтмалын эрэл, хайгуулын геофизик” мэргэжлээр мэргэшсэн инженерийн зэрэг дэв, болзлыг хангалаа. 2012 онд энэ зөвлөлд профессор П.Дугараа, дэд профессор Д.Лхагвадорж, Ц.Түдэв нар Монгол улсын Зөвлөх инженерийн зэргийг амжилттай хамгааллаа.

- Геофизикийн сургалт, үйлдвэрлэл, судалгааны төвийн үйл ажиллагааг дүгнэж үзвэл, өнгөрсөн хугацаанд гадаад, дотоодын хөрөнгө оруулалттай 30 гаруй компани, аж ахуйн нэгжид Монгол орны геологи, ашигт малтмалын геофизикийн судалгаа явуулахын зэрэгцээгээр хөрш зэргэлдээх болон хөгжиж буй орнуудын судалгаанд амжилттай оролцож байна. Энэ бол сүүлийн 20 гаруй жилийн дотор манай мэргэжлийн боловсон хүчний найдвартай залгамж халаа бүрэлдэн тогтож, манай үндэсний компаниудын хийсэн техник-технологийн шинэчлэлийн үр дүн юм.
- Манай эрдэмтэн багш нарын оюуны үнэлж баршгүй хүч хөдөлмөрөөр сургалтын материаллаг баазын гол үзүүлэлт болсон мэргэжлийн сурах бичиг, гарын авлага, ашиглах материал, хичээлийн стандартуудыг боловсруулан их дээд сургуулиудын бүтцийн шинэчлэлийг хэрэгжүүлж байна.

Геофизикийн сургалт, үйлдвэрлэл, судалгааны төвийн цаашдын зорилт:

Ололт амжилтын зэрэгцээгээр цаашид анхаарах ёстой асуудлууд, авч явуулах арга хэмжээнүүд зүй ёсоор тавигдаж байна.

1. Манай орны геологи, ашигт малтмалын геофизикийн судалгааны түвшин хангалтгүй байна. Монгол орны нутаг дэвсгэрийн гүний тогтцын судалгаа олон улсын судлаачдын анхаарлын төвд байгаа ч судлагдсан түвшин өнөөдрийн байдлаар шаардлагад нийцэхгүй байна.
2. Төрөл бүрийн ашигт малтмалын эрэл, хайгуулын ажлын геологи-эдийн засгийн үр ашгийг нэмэгдүүлэхэд үндсэн үзүүлэлт болсон стратегийн ач холбогдол бүхий орд газруудын физик-геологийн загвар боловсруулах, эрэл хайгуулын ажлын оновчтой хослол үгүйлэгдэж байна.
- Жишээлбэл, газрын тос, байгалийн хий, шатдаг занар, нүүрс, усны эрэл, хайгуулын ажил эрчимтэй хийгдэж байгаа ч эдгээр ашигт малтмалын агуулагч сав нь болох мезокайнозойн хотгоруудын дотоод бүтэц, дүүргэгч хурдасны зузаан, ул чулуулгийн тектоникийн зүй тогтлын талаар геологи-геофизикийн нэгдсэн ойлголтонд хүрээгүй байна.
3. Барилга, хот байгуулалт, инженерийн геофизик, археологийн геофизикийн судалгаа манай орны хувьд эхлэлийн төдий байна.
4. Монгол орны геофизикийн региональ судалгааны ажил 1990-ээд оноос урьд хийгдсэн бөгөөд судалгааны анхдагч материал нь хадгалагдаагүй зөвхөн зураг, тайлан хэлбэрээр байгаа тул орчин үеийн боловсруулалт, тайллын шаардлага хангахгүй байна.
5. 1990 оноос хойш хийгдэж байгаа ихэнхи ажлууд хувийн хөрөнгөөр хийгдсэн ба судалгааны материалын үр дүн улсын геологийн санд бүрэн бүртгэгдээгүй, эрэл, зураглалын ажлын геофизикийн судалгааны материалд хяналт тавиагүй зэрэг дутагдлууд нь геологи-геофизикийн нэгдсэн иж бүрэн тайлал хийхэд учир дутагдалтай, зохих ёсны шаардлагад нийцэхгүй байна.
6. Монгол орны геологи, ашигт малтмалын эрэл, хайгуулын геофизикийн судалгааны ажлын энэхүү дутагдалтай талууд геофизикийн дэвшилтэт арга, аргачлалыг зөвхөн эрлийн нэгэн хэрэгсэл буюу дайвар болгон хэрэглэж ирсэн болохоос түүнийг шинжлэх ухааны судалгааны үндэслэлтэйгээр хөгжүүлэх талаар сул анхаарсных гэж үзэх үндэслэлтэй. Учир нь манай улсад эрэл, хайгуулын геофизикийн аргуудын судалгааны үр дүнг нэгтгэн боловсруулах, судлах,

үнэлэлт дүгнэлт өгөх, албан ёсны мэргэжлийн нэгж, байгууллага, хамт олон, ШУА, үйлдвэрлэл шинжилгээний болон үйлдвэрлэлийн байгууллагуудад байгаагүй.

7. Өнөөдөр манай багш нарын сургалтын ачаалал хэтэрхий их байгаагаас судалгааны ажил хийх боломж хомсхон, нөгөө талаас манай үйлдвэрлэлийн ажлын уялдаа холбоогүйгээс мэргэжлийн боловсон хүчин өсөж өндийх, тэдний мэдлэг боловсролыг дээшлүүлэхэд анхаарал сул байна.

Эдгээр нөхцөл байдалд дүн шинжилгээ хийсний үндсэн дээр геофизикийн сургалт, үйлдвэрлэл, судалгааны ажлын цаашдын үйл ажиллагааг дэмжиж, боловсон хүчин, материаллаг бааз, санхүү эдийн засгийн талаас нь дэмжих асуудал юм. Ийм ажлын эхлэл тавигдаж манай төгсөгчид болон мэргэжлийн компаниуд дэмжин тусалж байна. .

III. ДҮГНЭЛТ

Монгол Улсад геофизикийн шинжлэх ухааны олон салбар чиглэл амжилттай хөгжиж, тэдгээрийг хөдөлгөгч гол хүчин болсон мэргэжлийн боловсон хүчнийг бэлтгэх асуудал, түүний найдвартай залгамж халаа бүрэлдэн тогтсон гэж үзэх бүрэн үндэслэлтэй.

Геофизикийн шинжлэх ухааны тодорхой чиглэлүүдээр техник технологийн шинчлэлт амжилттай хийгдэж төрөл бүрийн багаж хэрэгсэл техник тоног төхөөрөмж программ хангамж, автоматжуулалт зүй ёсоор хэрэглээ болж, нутагших хандлагатай байна.

Монгол улсын геофизикийн техник технологийн шинэчлэлийг хувийн хэвшлийнхэн хийсэн болно.

Эндээс үндэслээд геофизикийн салбарын бэлтгэн гаргаж буй мэргэжилтэнгүүдийн тоо, чанарт болон ажлын үр дүнд эерэг, сөрөг үзэгдлүүдэд дүгнэлт хийх шаардлага тулгарч байна. Эерэг гэдэгт өнөөдөр геофизикийн дэвшилтэт арга аргачлал, технологигүйгээр өдрөөс өдөрт хомсдож буй төрөл бүрийн

ашигт малтмал, эрдэс баялгийг нээж илрүүлэх боломжгүй гэсэн нэгдсэн ойлголтонд хүрч байна. Мөн түүнчлэн байгалийн гамшиг, судалгаагүй хот төлөвлөлт, хүрээлэн буй орчны экологи зэрэг улс ардын аж ахуйн олон салбарт геофизикийн судалгааны аргуудын хэрэглээг хүссэн хүсээгүй ойлгох цаг мөч ирлээ.

Сөрөг тал нь орчин үед мэргэжлийн боловсон хүчний чадавхийг үл тооцон зөвхөн техникийн үсрэнгүй хөгжлийн давуу талыг ашиглан дээрх бүх асуудлыг хялбархан шийдэх гэсэн буруу ойлголт давамгайлснаас үүдэлтэй мэргэжлийн бус байгууллага, хувь хүмүүсийн ашиг сонирхол, мэргэжлийн боловсон хүчнийг зөв зохистойгоор ашиглаж, өсгөн бойжуулж чадаагүй зэрэг хүчин зүйлээс болж геофизикийн дэвшилтэд аргуудын үр дүнг буруугаар ашиглах газрын худалдааны эх үүсгэвэр лицензийн наймааны хэрэглүүр болгон ашиглах боллоо.

Эдгээр тулгамдсан асуудал, зорилтуудыг шийдвэрлэх арга замууд:

1. Монголын зөвлөх, мэргэшсэн, эрдмийн зэрэг цолтой, үйлдвэрлэлийн дадлага туршлага бүхий геофизикчдын нэгдсэн Зөвлөл комисс байгуулан ажиллуулах,
2. Геофизикийн арга, аргачлалын нэгдсэн стандарт боловсруулж улсын хэмжээнд мөрдүүлэх, хяналт тавих,
3. Монголын мэргэжлийн холбоод, нийгэмлэг, төв, хүрээлэнгийн нэгдмэл үйл ажиллагааг төрийн бодлогоор зохицуулахад дэмжлэг үзүүлэх, төрийн бус байгууллагын үүрэг хариуцлагыг дээшлүүлэх

-
1. П.Дугараа, “Монголын геофизикчид”, УБ, 2007, 84х
 2. П.Дугараа, “Монгол орны геологи, ашигт малтмалын судалгааны геофизик”, УБ, 2012

3. Ц.Сарантуяа, Д.Чулуун, П.Дугараа, “Монгол Улсын Техникийн их сургуульд ‘Ашигт малтмалын эрэл, хайгуулын геофизик’ мэргэжилтэн бэлтгэж байгаа байдал, цаашдын зорилт”, “Монголын дээд боловсрол, XXI зууны үзэл баримтлал (Эрдэм шинжилгээний бага хурлын материал), УБ, 1990, х. 50-56
4. П.Дугараа, “Монгол орны геологи, ашигт малтмалын геофизик”, Манай эрдэмтэд, N47, УБ, 2014, х.8-50
5. П.Дугараа, “Геофизикийн дэвшилтэд арга”, Эрдэмтэн ярьж байна, Үнэн сонин, 1988.07.31

Монгол Орны Газрын Тосны Геофизикийн Судалгаа

Б.Дэндэвчулуун

“Монгеофизик” ХХК

Монгол орны газрын тосны эрэл хайгуул, олборлолтын ажил нь нилээд дээр үеэс эхлэлтэй хэдий ч дундаа тасарч бас зарим үед сэргэж ирсэн ээдрээтэй түүхтэй. Мөн тухайн цаг үеэ дагаад хайгуулын арга аргачлал, шийдвэрлэх хүрээ нь ч өөрчлөгдөж байсан. 1950 –аад оны үед газрын тосны эрэл, хайгуулын ажилд геофизикийн судалгаа туслах чанарын үүрэгтэй байсан бол 1980-аад оны дундаас түүний үр өгөөж нь нэмэгдэж заавал ашиглах ёстой хэрэглүүр болсон. Дэлхийн улс оронуудад геофизикийн олон төрлийн аргуудыг хэрэглэж байна. Харин Монгол улсад одоогоор эрэл, хайгуулын эхний үе шатанд соронзон болон хүндийн хүчний судалгааг, хайгуулын шатанд чичирхийлэл хэмжүүрийн ажлыг өргөн хэрэглэж байна. Ингэснээр газрын тосны эрлийн хэтийн төлөвтэй талбайнуудыг шинээр илрүүлэх, үнэлэлт дүгнэлт өгөхөд дорвитой хувь нэмэр оруулж, улмаар улс орны газрын тосны нөөцийг өсгөх, хайгуулын өртөг зардлыг хямдруулах нөхцлийг бүрдүүлсээр байна.

I. УДИРТГАЛ

Монгол оронд 1990 оноос хойш газрын тосны судалгаа маш эрчимтэй хөгжиж, олборлолт үйлдвэрлэл нь улс ардын аж ахуйн тэргүүлэх чиглэл болж байна. Үүнтэй зэрэгцээд түүнийг олж илрүүлэх нэг үндсэн арга болох геофизикийн судалгааны эрэлт хэрэгцээ эрс өслөө. Бүр 1940 онд Дорноговийн Зүүнбаянд газрын тосны анхны цооног өрөмдөж тос илрүүлээд, 1950 оноос олборлолт хийж, 1969 оныг хүртэл нэрэх үйлдвэр ажиллуулж байсан түүх бий [1]. Энэ хугацаанд манай зүүн болон зүүн урд зүгийн нутгаар газрын тосны эрлийн геологи, геофизикийн судалгааны 150 шахам экспедици гарч ажиллан үр дүнгийнхээ тайланг бичиж үлдээсэн. 1969-1989 оны хооронд энэ бүх ажил бүрмөсөн зогсож, Монгол оронд үйлдвэрийн агуулгатай тос байгаа эсэх талаар эсрэг тэсрэг үзэл баримтлал яригдах болсон. 1990-ээд оноос нийгэм үндсээрээ өөрчлөгдөж газрын тосны эрэл хайгуулын ажил ч хөгжлийн шинэ шатандаа гарлаа. Үүний зэрэгцээ хайгуулын арга аргачлал ч өмнөх үеэс эрс өөрчлөгдсөн байв.

Тухайлбал 1950, 60-аад онуудад геофизикийн ажил туслах чанарын үүрэгтэй, бага хэмжээний соронзон болон хүндийн хүчний ажлаар хязгаарлагдаж байлаа. Тэгвэл одоо газрын тосны хайгуулыг геофизикийн судалгаагүйгээр төсөөлөх ч аргагүй болсон бөгөөд энэхүү өгүүлэлд Монгол оронд уг асуудал хэрхэн шийдэгдэж байгаа болон бусад тулгамдсан зарим сэдвийн талаар дурьдах болно.

II. ГАЗРЫН ТОСНЫ ХАЙГУУЛЫН ГЕОФИЗИКИЙН ҮНДСЭН АРГУУД, АЧ ХОЛБОГДОЛ

Олон улсын туршлагаас харахад газрын тосны эрэлд ихэнхдээ чичирхийлэл хэмжүүрийн судалгааг ашиглаж байгаа бөгөөд агаар, сансрын зураг, хэт богино долгион, спектрометр, цахилгаан соронзонметр, хүндийн хүчний болон соронзон хайгуулын ажлууд туслах чанартай ашиглагдаж байна. Хоёр болон гурван хэмжээст чичирхийллийн судалгаа нь газрын гүнд байгаа 30-100 м-ийн зузаантай хэд хэдэн үе давхаргыг ялгаж чаддагаараа

онцлогтой. Тэгэхдээ давхаргуудын гүнийг ойролцоогоор 1%-н нарийвчлалтай тогтоож байгаа нь онцгой ач холбогдолтой. Газрын тос болон хийн ордууд нь тунамал хурдсын дунд 1-6 км-ийн гүнд оршино. Ийм гүнд байгаа ордуудыг өрмөөр олж илрүүлэх нь маш өндөр өртөгтэй. Чичирхийллийн судалгаа ч бас өндөр зардалтай хэдий ч өрөмдлөгийн ажлаас үнээрээ 3-10 дахин хямд, бүтээмжээрээ мөн төдий дахин илүү байна. Чичирхийллийн судалгааг геофизикийн бусад аргуудтай хослуулан хэрэглэснээр дээрхи зардлыг улам багасгаж, цаг хугацааг ихээр хэмнэх боломж бүрдэнэ. Цахилгаан, цахилгаан-соронзонметрийн судалгааг ихэвчлэн газрын гүнд байгаа том хэмжээний биетийг илрүүлэхэд ашиглана. Тийм биетийн хөндлөн хэмжээ нь зузаанаасаа илүү, бас өргөгдлийн далайц нь нийт гүний 10%-иас багагүй байх ёстой. Өөрөөр хэлбэл 3 км-ийн гүнд байгаа биетийн өргөгдлийн хэмжээ 300м-ээс багагүй байх ёстой. Газрын тосны эрлийн ажил нь гадаадын зарим оронд 1:50000 масштабтай агаарын соронзон зураглалын болон хүндийн хүчний судалгаагаар эхлэх бөгөөд энэ нь бүс нутгийн геологийн тогтоцын ерөнхий үнэлгээ гаргах, тунамал хурдаст хотгоруудын байршлыг тодорхойлох зорилготой байна [7]. Хайгуул үнэлгээний үед цооногийн геофизикийн судалгаа маш чухал бөгөөд түүнийг ашигласнаар цооногоос авах дээжний хэмжээг эрс багасгаж улмаар өрөмдлөгийн зардлыг бууруулах нөхцөл бүрдэнэ.

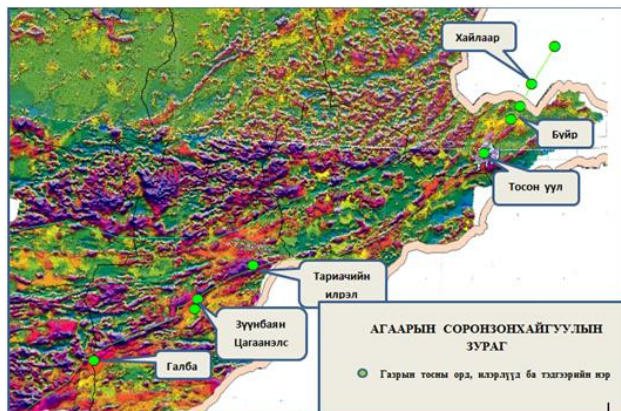
Монгол орны хувьд дээр өгүүлсэн олон арга аргачлалаас цөөн тооны үндсэн ажлуудыг ашиглаж байна. Манай орон өргөн уудам нутагтай хэдий ч тэдгээрийг бүхэлд нь хамарсан геологи, геофизикийн судалгаа маш бага. Газрын тосны геологийн судалгаа гэвэл нутаг дэвсгэрийн зүүн болон өмнө зүгийн хэсгээр нилээд ажил хийгдсэн болохыг дээр өгүүлсэн.

Харин Монголын баруун хэсэгт энэ төрлийн ажил 2010 оныг хүртэл үндсэндээ эхлээгүй байсан. Тэгэхдээ 1990 оноос өмнө геологийн болон хатуу ашигт малтмалын ерөнхий эрэл, зураглалын нилээд ажил хийгдсэний дотор геофизикийн судалгаа ч бий.

III. АГААРЫН СОРОНЗОН ЗУРАГЛАЛ

Манай оронд агаарын соронзон хайгуулын судалгаа бүр 1963 оноос эхэлж нутгийн зүүн хэсгийг бүхэлд нь хамарсан 550 000 кв.км талбайд хийсэн. Дараа нь 1979 оноос дахин сэргэж Хөвсгөл, Завхан, Булган, Сэлэнгэ, Өвөрхангай, Баянхонгор аймгуудын зарим нутгийг хамарч байлаа. Эдгээр ажлууд нь хоорондоо олон жилийн зөрөөтэй хийгдэж, өөр өөр техник хангамжтай байсны улмаас нэгдсэн зураг болж чаддаггүй байсан юм. Тэгвэл 1994 онд манай талын хүсэлтээр Английн Лийдсийн их сургууль дээр уг зургуудыг нэгтгэж Монгол орны ихэнх хэсгийг хамарсан 1:1000 000 масштабтай соронзон орны зургийг гаргасан. Энэ мэдээлэл нь нутаг дэвсгэрийн геологийн ерөнхий зүй тогтоцыг харуулахаас гадна газрын тосны эрлийн талбайг сонгоход ч ашиглах боломжтой байна. Жишээ болгож соронзон зураглалын судалгаанд жигд бүрэн хамрагдсан Дорнод Монголын бүсийг авч үзье. Геологийн тогтол зүйн талаасаа Монголын нутаг дэвсгэр нь Төв Азийн талын их муж буюу Дорнын талын, мөн Төв Азийн сэргэсэн уулсын их муж буюу Алтай, Хангай, Говийн тэнгэр уулсын хэмээх хоорондоо үүсэл гарал, хурдас хуримтлалаараа нилээд зөрөөтэй үндсэн хоёр их мужуудад хуваагддаг болохыг судлаачид тогтоосон [4]. Дорнын талын муж нь Монгол орны зүүн болон урд талын нутгийг бүхэлд нь хамаарах бөгөөд хожуу палеозойн ороген тогтоц дээр үүссэн рифтийн болон рифтийн

дараах үеийн мезозой, кайнозойн тунамал хурдаст сав газруудаас бүрдэж байна [8].



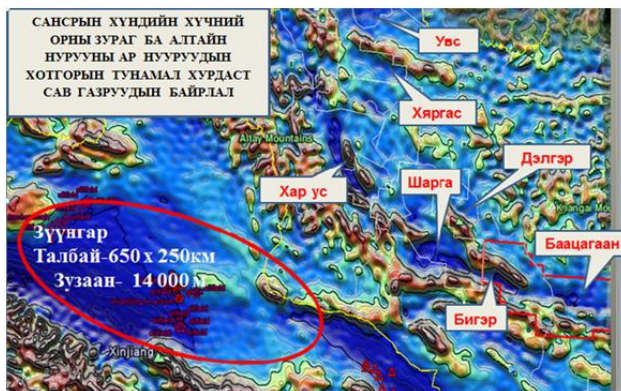
Зураг 1. Агаарын соронзон хайгуулын зураг

Агаарын соронзон орны зураглалын үр дүнгээс харахад (Зураг 1) дээр өгүүлсэн Мезо-кайнозойн хурдасны рифтийн тогтолцоо нь зүүн хойноос баруун урагшаа чиглэж 10-20км-ийн өргөнтэйгээр 1000 гаруй километр үргэлжилсэн эерэг гаж орноор тэмдэглэгдсэн байна. Газрын тосны эрлийн талаас нь үзвэл Хайлаар, Тамсаг, Дорноговийн сав газрууд нь нэг үргэлж грабен болох бөгөөд одоогоор энд мэдэгдэж байгаа тосны олон орд, илэрлүүд нь дээрхи соронзонгийн гаж орны дагуу цуварч байрласан байна. Хятад улсын нутагт байгаа Эрээний сав газар нь Хайлаар, Тамсагийн сав газартай зэрэгцэж орших бие даасан грабен юм. Тэд хоорондоо Нүхэт давааны өндөрлөгөөр тусгаарлагджээ [11]. Өөр нэг анхаарал татсан асуудал гэвэл Тамсагийн грабентай зэрэгцээ байрлалтай, түүнээс хойд зүгт 100 орчим км зайтай өөр нэг бүтэц агаарын соронзон орноор тэмдэглэгдэж байгаа явдал юм. Энэхүү бүтцийн зүүн хойд төгсгөл нь Хайлаарын сав газартай залгаж байгаа бол төвөөрөө манай орны олон томоохон хөндийнүүдийг дайрсаар баруун урд төгсгөл нь Гашууны говиор дамжиж Хятадын Сант Асарын газрын тосны ордтой холбогдоно [10]. Тиймээс энэ бүтцийн дагуух тунамал хурдаст хотгорууд нь тосны

эрлийн хэтийн төлөвтэй байх магадлалтай. Энэ бүхнээс дүгнэж үзвэл агаарын соронзон зураглалын мэдээллийг геологийн зураглал төдийгүй газрын тосны эрлийн нэг шалгуур үзүүлэлт болгон ашиглах боломжтой. Үүний тулд бүх нутаг дэвсгэрийг агаарын соронзон орны зураглалаар жигд бүрхэхээс гадна геологи, геофизикийн орны үүсэл гарлын уялдаа холбоог тогтоох сэдэвчилсэн судалгаа хийх шаардлагатай.

IV. ХҮНДИЙН ХҮЧНИЙ СУДАЛГАА

Монгол оронд хүндийн хүчний судалгааг 1948 оноос эхэлж хийж байсан мэдээ бий. 1963-1967 онуудад урьд хийсэн бүх мэдээллийг нэгтгээд 1:2 500 000 масштабтай хүндийн хүчний орны зураг (редукция Буге 2,3 г/см³) зохиогдсон. Хэмжилтийн нягтрал нь 50-100 кв.км талбайд 1 цэг ноогдож байсан. 1970-аад оноос хатуу ашигт малтмалын эрэл, зураглалын чиглэлээр нилээд ажил хийж байсан бол 1990 оноос газрын тосны эрлийн зорилгоор 1:200 000 масштабтай судалгааг өргөн хэрэглэж байна. Сүүлийн үед сансрын хүндийн хүчний орны зураг олны хүртээл болов. Ингэснээр томоохон хэмжээний талбайн геологийн тогтоцын болон газрын тосны хуримтлал үүсэх магадлалтай тунамал хурдаст хотгоруудын байршлын тухай мэдээлэл авах боломжтой болж байна.



Зураг 2. Сансрын хүндийн хүчний зураг ба Алтайн нурууны ар, Нууруудын хотгорын тунамал хурдаст сав газруудын байрлал

Зураг 2-оос харахад Алтай нурууны ар, Нууруудын болон Их нууруудын хотгорууд нь хэмжээгээрээ Хятадын нутагт байгаа Зүүнгарын (Карамайн тосны орд) болон Шаргын говийн (Сант Асарын орд) сав газруудаас хэмжээгээрээ бага боловч гүний хувьд ойролцоо, хоорондоо тусгаарлагдсан жижгэвтэр савууд болох нь тодорхой байна. “Петроматад” ХХК-с 2011-2015 онуудад Дэлгэр, Бигэр, Баацагааны хөндийнүүдэд хийсэн 1:200 000 масштабтай хүндийн хүчний орны болон чичирхийллийн судалгаагаар энэхүү таамаглал бүрэн батлагдлаа. Өнөөгийн байдлаар Монгол орны баруун хэсэгт хийсэн газрын тосны эрэл хайгуулын ажлын хэмжээ маш хязгаарлагдмал. Тэр дундаа Шаргын говиос баруун тийш Увс нуур хүртлэх өргөн уудам нутаг, мөн Хар сайр, Нэмэгтийн хоолой зэрэг газруудад тосны судалгааны ажил огт эхлээгүй байна. Гэвч сансрын хүндийн хүчний орны зургаас харахад тус бүс нутгуудад ихээхэн зузаантай тунамал хурдаст хотгорууд байгааг харж болно. Хайгуул хийх арга зүйн талаас нь харвал эхний ээлжинд дээрхи сав газрыг бүхэлд нь хамарсан 1:200 000 масштабтай хүндийн хүчний ажил хийх ёстой. Дараа нь тулгуур цөөн шугамаар чичирхийллийн хэмжилт хийж, улмаар стратиграфийн цооногуудыг палеозойн суурь хүртэл өрөмдөх ёстой. Ингэснээр Монголын баруун хэсгийн газрын тосны хэтийн төлөвийн талаар нилээд тодорхой ойлгоцтой болно.

Сүүлийн үед газрын тосны хайгуулын гэрээт талбайнуудад 1:200 000 масштабтай хүндийн хүчний судалгаа өргөн хүрээтэй хийгдэх болсон. Гэхдээ эдгээр ажлууд нь хоорондоо уялдаа холбоо муутай өөр өөр программ хангамжаар боловсруулагдсан, петрофизикийн мэдээлэл дутмаг зэргээс хамаарч бүс нутгийг хамарсан нэгдсэн дүгнэлт гаргах боломж хязгаарлагдмал байна. Ганц жишээ дурьдахад 1984 онд Цайдамын хөндийд хийсэн хүндийн хүчний судалгаагаар тухайн үед мэдэгдэж байсан чулуулгын нягтаршил дээр тулгуурлан тунамал хурдсын зузааныг 1200м-с илүүгүй гэж тооцоолж байсан бол 2010 онд шинэчилсэн мэдээллээр 2500 м болтлоо өсжээ [5.6]. Хайгуулын ач холбогдол талаас нь үзвэл 1200 м-н зузаалаг нь газрын тос үүсэх нөхцөл хязгаарлагдмал болохыг харуулах бөгөөд харин сүүлчийн тохиолдол нь хангалттай гэсэн дүгнэлт хийх боломжтой болно.

Зөв оновчтой төлөвлөж хийсэн хүндийн хүчний судалгаа газрын тосны эрлийн эхний шатанд ихээхэн үр өгөөжтэй.

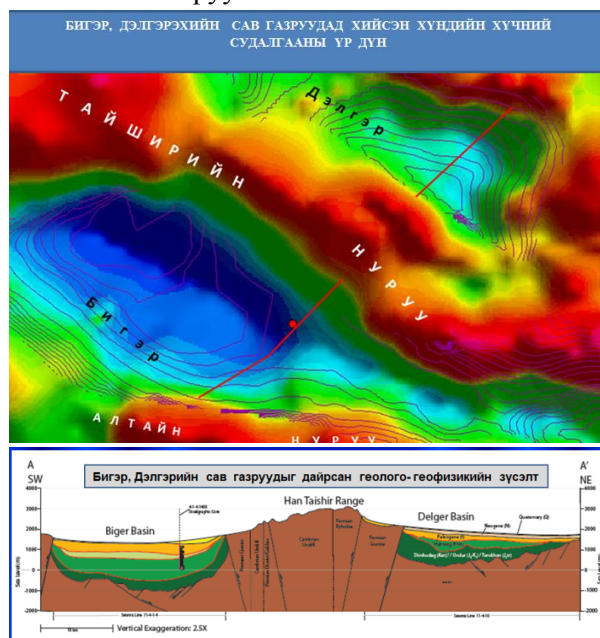
Судалгаа хийсэн он	Цайдам-XVI, 1984 он		Цайдам-XVI, 2010 он	
Хурдас	Тунамал хурдас	Суурийн чулуу	Тунамал хурдас	Суурийн чулуу
Тооцоонд авсан нягт	2,04-2,32 г/см ³	2,60- 2,69 г/см ³	2,51-2,66 г/см ³	2,66 г/см ³
Нягтын зөрөө	0,37 г/см ³		0,15 г/см ³	
Тунамал хурдсын зузаалаг	600-1200		1200- 2500	
Газрын тос үүсэх магадлал	Байхгүй		Өндөр	

чичирхийллийн 2 хэмжээст (2D) судалгаа хийсэн.

Үүний үр дүнд тус бүс нутгийн геологийн тогтоцын талаар урьд өмнө нь мэдэгдэж байгаагүй олон шинэ мэдээлэлтэй боллоо. Монголын энэ бүс нутгийг геологийн тогтол зүйн талаас үзвэл Төв Азийн сэргэсэн уулсын их муж буюу Алтай, Хангай, Говийн тэнгэр уулсын муж гэж нэрлэдгийг дээр өгүүлсэн бөгөөд түрүү палеозойн ороген тогтоц дээр үүссэн рифтийн өмнөх үеийн карбон, перм, триас, юрагийн тунамал хурдас зонхилсон сав газруудаас бүрдэнэ [8]. Мөн энэ бүс нутаг нь Дорнод талын их мужаас эрдэсжилтийн хувьд түүний дотроос нүүрсустөрөгчийн гаралтай ашигт малтмалын хувьд ялгаатай. Тухайлбал Дорнод Монголын талын бүсэд байгаа нүүрсний ордууд нь доод дунд юра, цэрдийн настай хүрэн нүүрстэй байгаа бол баруун муж буюу Алтай, Хангай, Тэнгэр уулын мужид карбон, пермийн настай чулуун нүүрсний ордууд зонхилно [2, 3]. Өнөөг хүртэл манай оронд мэдэгдэж байгаа газрын тосны орд илэрлүүдийн цорын ганц үүсгүүр хэмээн тооцогдож байгаа шатдаг занар зөвхөн зүүн бүс нутагт тархацтай бөгөөд нутгийн баруун болон баруун хойд хэсгээр тогтоогдоогүй байна. Энэ бүхнээс үүдэж Монгол орны баруун хэсэгт рифтийн болон рифтийн дараах үед хамаарах газрын тосны орд илрүүлэх магадлал бага гэж үздэг байсан. Тэгвэл дээр өгүүлсэн чичирхийллийн судалгааны үр дүнгээр 3- 4.2 км зузаантай тунамал хурдаст хотгоруудыг шинээр илрүүлснээс гадна, дунд цэрдийн настай зүүнбаянгийн тунамал хурдас Өвөрхангай аймгийн Төгрөг сумаас Говь-Алтай аймгийн Бигэр сум хүртэл газрын гүнд үргэлжилсээр байгааг тогтоов. Энэ нь тус бүс нутгаас рифтийн өмнөх үеийн төдийгүй рифтийн дараах үед (Дорноговийн савтай ижил) хамаарах тосны ордыг илрүүлэх боломжтойг батална.

Геофизикийн судалгааны ажлуудыг эрлийн үе шатанд хослуулан хэрэглэх нь хайгуулын ажлын зардлыг бууруулах нэг гол хөшүүрэг болохыг Зураг 5-д үзүүлсэн жишээгээр харуулав.

Говь-Алтай аймгийн Дэлгэр болон Бигэр сумын нутгаар 2010 онд хүндийн хүчний судалгаа хийж үр дүнд нь Дэлгэрийн хөндий Бигэрийнхээс бага гүнтэй, тиймээс тос үүсэх нөхцөл хангалттай биш гэсэн дүгнэлт хийж болохоор байсан. Тиймээс 2011 онд хийсэн чичирхийлэл хэмжүүрийн ажлаар Дэлгэрийн сав газрын тунамал хурдсын зузаан 1200 м-ээс илүүгүй, харин Бигэрийнх 3200 м хүрдэг болохыг харууллаа. Эндээс хүндийн хүчний судалгааг эхэлж хийснээр өндөр үнэтэй чичирхийллийн ажлын зарим хэсгээс татгалзах боломжтойг харуулна.



Зураг 5. Бигэр, Дэлгэрэхийн сав газруудад хийсэн хүндийн хүчний судалгааны үр дүн

Хайгуул, үнэлгээний үе шатанд гурван хэмжээст чичирхийллийн судалгааг (3D) өргөн хэрэглэж байна. Энэ нь тухайн талбайн тос хураагуурын онцлогийг нарийвчлан судлах, хайгуул, олборлолтын цооногийн байрлалыг зөв сонгох зэрэгт шийдвэрлэх ач холбогдолтой.

VI. ДҮГНЭЛТ

Монгол орны газрын тосны хайгуулын ихэнх талбайд одоогоор эрлийн болон, эрэл үнэлгээний ажлууд хийгдэж байгаа бөгөөд геофизикийн үндсэн гурван аргуудыг хэрэглэж дараах зорилтуудыг шийдвэрлэж байна. Үүнд:

1. 1:1 000 000 масштабтай агаарын соронзон орны зургаар нийт бүс нутгийн геологийн ерөнхий зүй тогтлыг гаргаж, зарим тохиолдолд газрын тосны хуримтлал үүсэх магадлалтай томоохон тогтоцыг (структур) ялгах боломжтой байна. Харин энэ төрлийн ажил газар бүрт жигд хийгдээгүйгээс бүх нутгийг хамарсан нэгдсэн дүгнэлт гаргах боломжгүй байна.

2. Хүндийн хүчний судалгааг эрэл хайгуулын эхний үе шатанд заавал хэрэглэх шаардлагатай. Ингэснээр тунамал хурдаст хотгоруудын байршил, тэдгээрийн гүний талаар анхны үнэлгээ өгч, дараа шатны ажлыг төлөвлөх нөхцөл бүрдэнэ. Тэгэхдээ сансрын болон 1:200 000 масштабтай газрын судалгааг хослуулан хэрэглэх нь илүү үр дүнтэй. Мөн үр өгөөжийг дээшлүүлэхийн тулд чулуулгийн петрофизикийн шинжилгээг эрс сайжруулах шаардлагатай. Хайгуулын олон бие даасан талбайд олон өөр компанууд ажиллаж байгаа өнөөгийн нөхцөлд уг ажлыг улсын төсвийн хөрөнгөөр нэгдсэн удирдлагаар хангаж ажиллах нь зүйтэй.

3. Уламжлалт чичирхийлэл хэмжүүрийн судалгаа урьдын адил өрөмдлөгийн өмнөх хамгийн гол арга байсан, цаашдаа ч байх нь ойлгомжтой. Харин дээр өгүүлсэн судалгааны мэдээллүүдийг бүрэн гүйцэд ашигласнаар ажлын хэмжээг ихээхэн багасгаж улмаар эрэл, хайгуулын зардлыг бууруулах боломжтой.

4. Хайгуул үнэлгээний үе шатанд цооногийн геофизикийн судалгаа зайлшгүй шаардлагатай бөгөөд одоо түүнийг

олборлолт явуулж байгаа Хятадын компанууд хийж байна.

-
1. Базаррагчаа Б., “Газрын тосны хэрэглээ”, 1998
 2. Бат-Эрдэнэ Д., “Шатах ашигт малтмалын геологи”, 2000
 3. Бат-Эрдэнэ Д., “ Монголын газрын тосны сав газрууд”, ТИС 1\1, УБ, 1995
 4. Бямба Ж., “Монголын геологи ба ашигт малтмал” I дугаар боть, “Стратиграфи”, 2009
 5. Дугараа П., “Монгол орны геологи ашигт малтмалын судалгааны геофизик”, 2012
 6. Дугараа П., “Монгол орны газрын тосны судалгаа”, 2012
 7. Купалов И.К., “Геофизические методы разведки на нефть за рубежом”
 8. Төмөртоого О., Бадамгарав Ж., Бадамгарав Д., “Монгол Улсын мезозой-кайнозойн тектоникийн зураг”, Масштаб 1:1000000, 2010
 9. Хао дунхэн, Рапацкая Л.Й., Иванов А.Н. ба бусад, “Нефтегазоносные комплексы восточных регионов России и Китая”, 2013
 10. He Dengfa, Chen Xinfa, Kuang Jun, Yuan Hang, Fan Chun, “Distribution of Carboniferous source rocks and petroleum systems in the Junggar Basin”
 11. Lin Changsong, Kenneth Eriksson, Li Sitian, Wan Yongxian, Ren Jianye and Zhang Yanmei, “Sequence architecture, depositional systems, and controls on development of lacustrine basin fills in part of the Erlian basin, northeast China”, 2001
 12. Li Tingdong, Daukeev S.L., Kim B.C., Tomurtogoo O., Petrov O.V., “Atlas of Geological map of Central Asia and adjacent areas”, 2008

Монгол Орны Газрын Доорхи Усны Нөөцөд Усжсан Хагарлын Эзлэх Байр Суурь

¹Т.Улаанбаатар, М.Лэгдэн²

¹Хэрэглээний Шинжлэх Ухааны Сургууль,
Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль

²Клин Энерджи Ази Групп, Ньюком ХХК

The underground water resource can play important role in social, economic life in Mongolia suffering from extreme drought induced climate change. For instance, in order to predict of water resources in tectonic and shallow lithosphere rifts we are necessary to invent new geophysical methods and instruments. Some results of a scientific and technological project, entitled “Assessment of surface and underground water resources in Mongolia using remote sensing, GIS and hydrogeophysical methods” supported by Ministry of Environment and Green Development of Mongolia are presented in this paper.

PACS number: 92.40kf

I. ОРШИЛ

1990 оноос эхлэн Монгол орны бэлчээр усжуулалтын секторт хоёр том сөрөг цохилт тохиолдсон юм. Нэгд, социалист нэгдсэн тогтолцооноос чөлөөт зах зээлийн системд шилжсэний нөлөөгөөр эзэнгүйдэж олон тооны уст цэгүүд эвдэрч, тоногдож, ашиглах боломжгүй болсон. Хоёрт, дэлхийн хэмжээнд явагдаж буй уур амьсгалын дулаарал, цөлжилтийн объектив хүчин зүйл, эрчимтэй явагдаж буй уул уурхай, газар ашиглалт зэрэг субъектив хүчин зүйлсийн нөлөөгөөр гадаргын ус жил тутам хомсдож, гүний усны түвшин унасаар байгаа явдал юм. Ийм нөхцөлд газрын доорхи усны нөөцийг нарийвчлан тодорхойлох явдал онцгой ач холбогдолтой юм.

Монгол орны гадаргын ба гүний усны нөөцийг структур-гидрогеологийн 33 дүүрэгчлэлд хуваадаг.

Структур-гидрогеологийн дүүрэгчлэлийн зарчмууд одоохондоо төгс сайн боловсрогдоогүй байна.

Гидрогеологийн практикт дүүрэгчлэлийг газар доорхи усны хуримтлагдах нөхцөл, газар доорхи урсацын нөхцөл, газар доорхи усны үүсэл (генезис) зэрэг шинжүүдээр хуваадаг бөгөөд газар доорхи усны үүслийн шинж тэмдгүүдийн чиглэлийг баримталсан структур-гидрогеологийн дүүрэгчлэлийн үндэслэлийг В.М.Степанов [1] нар тавьсан юм. Тэрээр

структур-гидрогеологийн дүүрэгчлэлийн үндсэн зарчмуудыг нэгтгэхдээ дараах нөхцөл байдлыг хүлээн зөвшөөрөх ёстой гэж үзэв. Байгалийн усны нэгдмэл байдлын хувьд:

1. Уур амьсгалын бүсчлэл зөвхөн грунтын усны төдийгүй артезийн усны онцлогт тусгалаа олно.
2. Хотгор гүдгэр зөвхөн грунтын усны төдийгүй артезийн усны онцлогт нөлөөлж, геологийн бүтэц, геологийн структур, неотектоник дахь онцлогийг үзүүлнэ.
3. Тектоник нь зөвхөн уст үе, бүрдлүүдийн гүний бүтэц төдийгүй грунтын усны байр байдлыг нөхцөлдүүлнэ.

Газар доорхи ус агуулагч геологийн биетийг гидрогеологийн структур гэдэг. Газар доорхи усны тархалтын зүй тогтол гидрогеологийн структурээр тодорхойлогддог. Газар доорхи усаар дүүргэгдсэн геологийн орон зай нь геологийн энгийн, нийлмэл биетүүд юм. Геологийн энгийн биет нь гидрогеологийн структурын элемент болдог. Усаар дүүргэгдсэн геологийн энгийн биет болох нүх сүв, ан цавыг структурын элемент гэж үзвэл гидрогеологийн энгийн хоёр структур (нүх сүвийн, ан цавын) үүснэ.

Гидрогеологийн структуруудын төрөл	Ангиллын элементүүд				
	Структурын	Генетикийн	Морфо- структурын	Ус солилцооны шинжээр	Структур холбооны шинжээр
Массив	Платформын Ороген	Талстлаг Вулкан Метаморф Флиш	Блоклог Бүнхэр Хучаас Урсгалан Цагираган Шугаман	Нээлттэй Хаалттай Дарагдмал	Эх газрын Эргийн Арлын
Сав газар	Платформын Субплатформын Захын Уулс хоорондын Шельфийн Давхцалын	Далайн Нуурын Аллювиаль Мөстлөгийн Салхины Элэгдэл- эвдрэлийн	Синклиналь Моноклиналь Брах-хэлбэрийн Шугаман Грабен Блоклог	Задгай Урсацгүй	Эх газрын Эрэг орчмын
Хагарал	Гадарга орчмын Гүний	Зөрлийн Шилжлийн Тохролын	Ан завсрын Нүх сиймхийн Хагарлын бүсүүд	Магистраль Транзит	Структур доторх Структур дундын

Газар доорхи усыг агуулагч энэ элементүүд тодорхой зүй тогтлоор тархсан тохиолдолд гидрогеологийн нийлмэл структур үүсгэдэг. Геологийн структурээр чулуулгийг нүх сүвлэг, ан цавлаг, үелсэн гэх мэтээр нэрлэдэг бол гидрогеологийн структурээр газар доорхи усыг нүх сүвийн, ан цавын, давхаргын, судал-ан цавын, судлын, нүх сүв-давхаргын гэх мэтээр нэрлэх бололцоотой [2].

Монгол оронд явагдсан судалгааны ихэнх нь массивын ба сав газрын структурын судалгаа юм. Хагарлын судалгаа зарим талаар орхигдсон гэж үзэж болохоор байгаа юм. Учир нь хагарлын нарийвчилсан судалгаа явуулахад хийхэд дараахь бэрхшээлүүд тулгардагтай холбоотой. Үүнд:

1. Хагарлын гүний геометр параметрууд (өргөн, өндөр) өөрчлөгддөг,
2. Хагарлыг дүүргэгч ус агуулагч болон тусгаарлагч хурдас, чулуулгийн хэмжээ, төрөл өөрчлөгддөг.

Хэдий тийм ч хагарлын газрын гадарга орчмын өргөнийг геофизикийн хосолмол аргуудаар тогтоох боломжтой юм. Уртын хэмжээг хагарал бүрт өөр өөр бөгөөд хэдэн арваас хэдэн

зуу, мянган километр үргэлжилдэг учир тектоник хагарлын зураг, хиймэл дагуулын мэдээ, газарзүйн мээдээллийн системийн аргаар тодорхойлж болно. Энэхүү өгүүллийн хүрээнд газрын доорхи усны нөөцийн нэг чухал хэсэг усжсан хагарлын талаарх судалгааны үр дүнг тусгасан болно.

II. СУДАЛГААНЫ ТАЛБАЙ

2011-2015 онд ШУТИС-ийн Хэрэглээний Шинжлэх Ухааны Сургуулийн (хуучнаар ШУТИС-ийн МТС) Агаармандлын физик, экосистемийн профессорын баг Байгаль Орчин, Ногоон Хөгжлийн Яамны захиалгат “Монгол орны гадаргын ба газрын доорхи усны нөөц, эх үүсвэрийн үнэлгээ” сэдэвт төслийн ажлыг гүйцэтгэсэн бөгөөд төслийн хүрээнд

- 2011 онд Таван Толгой нүүрсний орд газар,
- 2012 онд Сайншандын аж үйлдвэрийн парк,
- 2013 онд Дорнод аймгийн Мардайн ураны орд газрын районд тус бүр нь 250 км-ийн радиустай нутаг дэвсгэрт газрын доорхи усны шинэ эх үүсвэр, нөөцийг тогтоох ажлыг гүйцэтгэсэн болно.

Эдгээр судалгааны талбай нийт 588750 кв.км буюу Монгол орны нийт нутаг дэвсгэрийн 37.6%-тай тэнцэх маш том талбай юм. Ийм том талбайг хамруулсан судалгааг 3 жилд багтаан явуулна гэдэг хүндрэлтэй байлаа. Тиймээс судалгааны аргуудыг зөв системчлэх, мэдээллийг суурин боловсруулалт, хээрийн хэмжилттэй хослуулан үр дүнгээ үнэлэх, баталгаажуулах зарчмыг баримталаа.

III. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Томоохон газар нутгийг хамарсан газрын доорхи усыг харьцангуй богино хугацаанд өндөр нарийвчлалтай тогтоохын тулд зайн тандан судлал, газарзүйн мэдээллийн системийн болон геофизикийн хайгуулын олон аргуудыг хослуулан хэрэглэснээс гадна ургамал бүрхэвч, тектоник хагарал, геологи, геоморфологи, гидрогеологийн хэв шинжүүдийг харгалзан үзсэн болно.

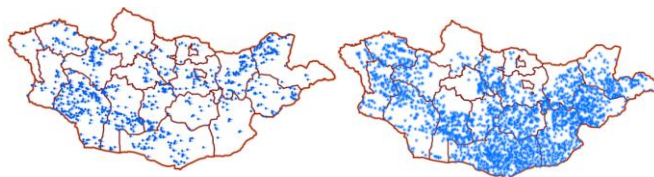
В.М.Степанов [1] гидрогеологийн структуры геологийн биет (структур) хэмээн түүний хилийн дотор газар доорхи усны хэлбэржин тогтох, тархах нөхцөл тасралтгүй үргэлжилж, гидрогеологийн структурын газрын гадарга дээрх тусгал нь гидрогеологийн районы оршцыг орон зайд илэрхийлнэ гэж үзсэн байдаг.

Энэ дүгнэлт нь гүний ус тэр тусмаа гүний хагарлыг дагасан усны илэрцүүдийг газрын гадарга дээрх тусгалаар нь тодорхойлж болохыг баталж өгсөн юм. Тектоник хагарал усжсан тохиолдолд ойролцоо булаг, шанд, гар худгууд цаашилбал гүний худгийн байршил хооронд ямар хамааралтай болохыг авч үзсэн. Үүнд:

- А. Тектоник хагарлын зургийг боловсруулж дижиталь хэлбэрт оруулсан.
- В. Монгол орны булаг, шандын тархалтын зургийг буулгасан. www.icc.mn

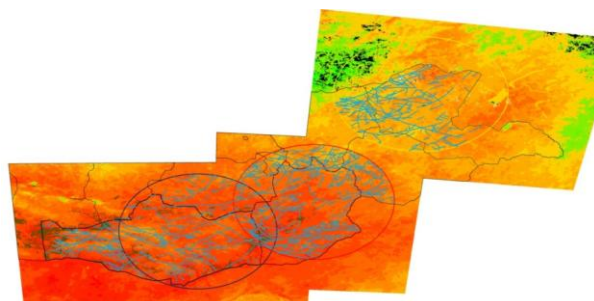
С. Инженерийн хийцтэй уст цэгүүдийн байршил. www.icc.mn

Д. Гол, горхи, нуур цөөрмийн байршлыг авсан. www.icc.mn

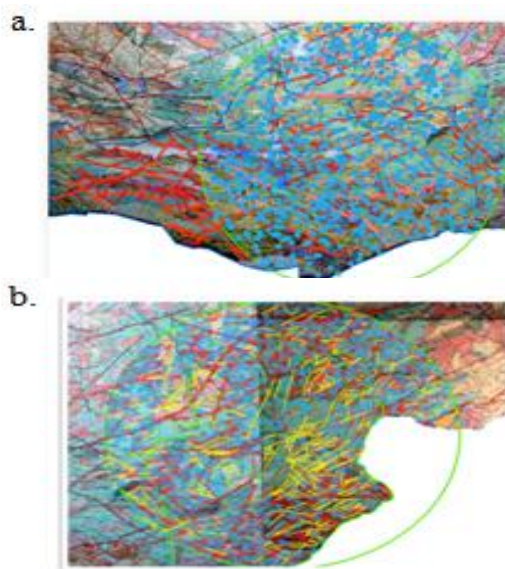


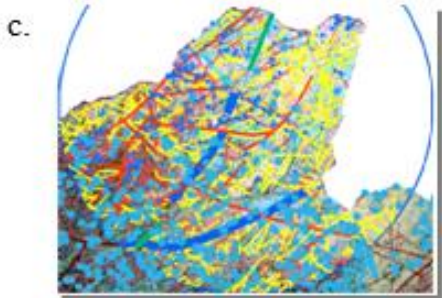
1-р зураг. Булаг, шанд, худгуудын тархалт

Булаг шандын тархалт тодорхой зүй тогтлыг дагаж байдаг нь эхний зургаас харагдаж байна. Байгалийн тархалт өөрөө тектоник хагарлыг илэрхийлдэг болохыг илтгэж байв.



2-р зураг. Хиймэл дагуулын мэдээгээр тодорхойлсон усжсан хагарал





3-р зураг /a, b, c/. Усжсан тектоник хагарлууд

Эхний зураг Таван Толгой орчмын 250 км радиус дотор илэрсэн усжсан хагарлуудыг, хоёр дахь нь Сайншандын аж үйлдвэрийн парк болон гурав дахь зураг Мардайн ураны орд орчим усжсан хагарлуудыг харуулж байна.

УСЖСАН ХАГАРЛЫГ ГЕОФИЗИКИЙН АРГААР БАТАЛГААЖУУЛСАН НЬ



2011 оны X сард Даланзадгад, Мандах, Цогт-
Îâîî, Ààýí-Îâîî, Õîäðýðëë ñîîâîí
íðððóóàà,

2012 оны V сард Өмнөговь аймгийн үлдсэн
íðððóóàà,

2013 îíû V ñàðä Äîðîîâîâü àëìàëëí Àëðàà,
Ààëàíæàðàëí, Ñàëíðàíà, ðàí,
Óëààíààðàð, Õ°àñ°ë, Õàðàíàóëàà, Ìàíààð,
Ñàëðàíàóëààí, Àëðàíðëðýý, Áýëýðýð ñîîâîâ,
2013 îíû VII ñàðä Äîðîîâ àëíàëëí Ààýíðçìýí,
Õýðëýí, Ìàðàà, Õ°ë°íàóëð, Áóëààí, ×îëààëñàí,
Ñýðäýëýí, Ìàðààëí ððàíû ìðà (Ààðàëààðð),
Àððààíçààëë ñîîâîâ,

2013 îíû VII ñàðä Ñçðàààðàð àëíàëëí
Ñçðàààðàð, Õçìýíðîâð ñîîâîâ,

2013 îíû XI ñàððûí 30-íààñ XII ñàððûí 12 ðçððýë
Àóíààíâü àëíàëëí Õóëà, Áýëýððàíààë, Ëóðñ
ñîîâîâ, ðîí°àíâü àëíàëëí Õçðìýí, Àððààíðýñ,
Íîí, Áàýíààëë, Ñýððýë, Áóëààí ñîîâîâ
àëàððàíàíàëëí ððàð-ëëñàí ðàëàóóë,
ààíðëçëëëí ðàðëëààí, ðàðëëààí ñîðîíçîí,
çîðëóàí ðóëëððàë, àëíëààëëí àððóà
àíëíí ìðíí çàëí íëíí ðàëëààðàðð ðýíàëëð
ñòààëàà ðëëë àýöçòãâ.

IV. БОЛОВСРУУЛАЛТ

Боловсруулалтыг ШУТИС-ийн МТС-ийн
Агаармандлын физик, экосистемийн
профессорын багийн “Экосистемийн зайн
тандан судлалын лабораторит” хийсэн болно.
Боловсруулалтаар 3 төрлийн гүний усжсан
хагарал илэрсэн юм. Хагарлын төрлийг голлон
хагарлын өргөний хэмжээ, ерөнхий, бүс нутаг,
орон нутгийн шинжээр нь дараах байдлаар
ялгав. Үүнд:

A. Õîî ðýíàýýíëë àóðóðàëðòíëë ðàààðëûí усны îððóóà

Ààçàðççëí ìýàýýëëëí ñëñàíëëí (GIS)
òõñàíàðàëààð ñòààëààíû ðàëíí ìð-ìûí 250
ëí ðààëóðò ðàíðàààð ðîí ðýíàýýíëë
ðàààðëóóà ýëàëàà (2-ð ðçñíýàð).

2дугаар ðçñíýàð. Õîí ðýíàýýíëë ðàààðëóóàíí ððò

FID	Shape	Id	Урт /км/
0	Polyline	1	346.33
1	Polyline	2	37.05
2	Polyline	3	129.8

3	Polyline	4	28.42
4	Polyline	5	103.91
5	Polyline	6	179.26
6	Polyline	7	53.28
			878.05

Полигон гэдэг нь газарзүйн тодорхой байршилтай, хэлбэр хэмжээг тогтоосон, газарзүйн мэдээллийн системийн өгөгдлүүдийг илэрхийлнэ.

Нóààèääàí û ààèààéà ðàìðààààð òîì òýìæýýíëé усжсан ðàààðëóóàûí íëëëáýð òðð 878 èì áíëæ ààéíà.

В. Áóíä òýìæýýíëé áóðó ðààèííàëü ðàààðëóóàûí усны íðäóóä

3 дугаар òçñíýä. Áóíä òýìæýýíëé ðàààðëóóàûí òðð

FID	Shape	Id	Урт /км/
0	Polyline	1	195.17
1	Polyline	2	21.22
2	Polyline	3	64.76
3	Polyline	4	28.75
4	Polyline	5	24.87
5	Polyline	6	53.22
.....			
32	Polyline	33	54.24
33	Polyline	34	48.48
34	Polyline	35	22.57
35	Polyline	36	29.6
36	Polyline	37	41.68
			2483.02

Судалгааны талбайд хамрагдах дунд òýìæýýíëé усжсан ðàààðëóóàûí íëëëáýð òðð 2483.02 èì.

С. Áààà òýìæýýíëé áóðó ëíëàëü ðàààðëóóàûí усны íðäóóä

4дүгээр òçñíýä. Íðíí íòðàëéí òýìæýýíëé ðàààðëóóà

Жижиг хагалбар			
FID	Shape *	Id	Урт /км/
0	Polyline	1	18.92
1	Polyline	2	15.2
2	Polyline	3	37.92
3	Polyline	4	14.48
.....			
252	Polyline	253	32.1
253	Polyline	254	32.67
254	Polyline	255	17.42
255	Polyline	256	45.49
256	Polyline	257	39.37
257	Polyline	258	10.72
Íëëð òðð			7360.12

Бага хэмжээний хагарлуудын нийлбэр урт 7360.12 èì áíëæ ààéíà.

Эдгээр хагаралд агуулагдаж болох усны хэмжээг тодорхойлж гаргах нь төслийн ажлын нэг үндсэн зорилтуудын нэг байлаа. Гэхдээ гол зарчим нь нөөцийг хамгийн багаар тооцож гаргах явдал юм. Үүний тулд Оюу Толгой ӨӨЁ-ëéí òñíû í°òëéä òíîññíí àðàà ççé, àøëëäñàí àðàà÷ëëüä çíäýñëýé áíëäíëíí. Судалж буй газрын дээжид лабораторийн аргаар хэмжиж даарахь үзүүлэлтүүдийг тогтооно. Тухайлбал 1 ì³ úçýëðççíðýé òððàñ ÷òëóóëààð агуулагдах ашигтай нүх сүвийн эзэлхүүн, уг эзэлхүүнд агуулагдаж байгаа ус, агаарын эзлэх хувийг тодорхойлно. Нүх сүвд агуулагдах усны хэдэн хувь таталцлын буюу ашиглах боломжгүй ус, хэдэн хувь ашиглаж болох ус болохыг ялгана. Элс, элсэн чулуу, шохойн чулуу, боржин зэрэг чулуулагт 40-50%-д хэрэглэх боломжит ус байдаг байна. Энэхүү төслийн нөөцийн тооцоололд 1 тонн буюу 1 куб метр шороонд ашиглаж болох усыг 50 ë äýæ ççäýë 5% áóðó 0.05 òí áíëíí.

- [1] В.М.Степанов, *Анализ уравнений в банаховом пространстве*, Изд. МГУ, Москва, 1989.
- [2] П.Хөхө, Сайншандын гидрогеологийн асавын геофизик-гидрогеологийн нөхцөл, Нэмэр Интернэшнл ХХК, Улаанбаатар, 2008.
- [3] www.icc.mn

Цооногийн Геофизикийн Судалгаанд Хэрэглэгдэх Универсал Төхөөрөмжийн Дизайн

Т.Бэгзсүрэн, М.Отгонбаатар, З.Гарьд, Э.Өсөхбаяр, М.Ананд

Монгол улс, МУИС, Шинжлэх Ухааны Сургууль, Физикийн тэнхим

И-шуудан: garidzorigoo@gmail.com, begzsuren@num.edu.mn

Орчин үеийн геофизикийн судалгаанд газрын гүний өгөгдөл дамжуулах төхөөрөмж маш чухал ач холбогдолтой. Ийм төхөөрөмж олон улсын зах зээлд нэлээд өндөр үнэтэй байдаг. Энэ ажлаар Монгол улсад анх удаа газрын гүний хэмжилтийн тоног төхөөрөмж хийж туршсан үр дүнг үзүүлээ. Бидний хийсэн багаж өрөмдлөгийн гүнээс хамааруулан температур, соронзон орон, гамма цацраг, өрөмдлөгийн хазайлтын өнцөг зэрэг геофизикийн параметруудийг хэмжиж, цуглуулна.

Төхөөрөмжийн гадна гэрийг диамагнетик материал $\sim 99\%$ -ийн зэсээр, холбоос болон тагийг гуулиар хийсэн. Энэ Температур дулааны мэдрэгч -40°C –өөс 80°C хүртэл 0.1°C нарийвчлалтай, соронзон мэдрэгч -800 мкТл-аас $+800$ мкТл хүртэл 227 нТл, гамма бүртгэгч $0.1 - 200 \mu\text{Sv/hr}$, $1 - 10000$ СРМ, өрөмдлөгийн хазайлтын өнцгийг гурван тэнхлэгийн дагуу бүх чиглэлд 0.1° нарийвчлалтай тус бүр хэмжих боломжтой.

Түлхүүр үгс: Каротаж, хазайлтын өнцөг, соронзон орон, температур, гамма цацраг, бүртгэх

I. ОРШИЛ

Ойрын жилүүдэд Монгол улсын эдийн засгийн томоохон санхүүгийн эх үүсвэр нь уул уурхайн салбар болж байна. Тухайлбал 2015 оны улсын төсөвт уул уурхайн салбараас нийт 1.1 их наяд төгрөг төвлөрүүлэхээр тооцжээ [1]. Техник технологи, электроникийн салбарын үйл ажиллагааг Монгол улсын хувьд ач холбогдол бүхий салбартай уялдуулан холбож, хамтран ажиллах талбарыг хөгжүүлэх зорилгоор энэхүү судалгааны ажлыг гүйцэтгэлээ.

Ашигт малтмал олборлолтыг зардал бага, нэмэлт алдагдалгүй, хугацааны хувьд сааталгүй явуулахын тулд тухайн нутаг дэвсгэр, орд газрын байгалийн нөөцийн судалгааг түргэн шуурхай хийх хэрэгтэй. Уг судалгааг явуулахад хамгийн эхэнд геофизикийн тоног төхөөрөмжүүд ашиглагдана. Цооногийн хананы физик параметруудийн талаар мэдээлэл цуглуулах буюу цооногийн каротажийн багаж нь

геофизикийн хамгийн чухал судалгааны багажуудын нэг юм. Геофизикийн мэдээлэл цуглуулах уламжлалт арга нь цооногийн нүхний тухайн гүнээс өрөмдөн гарч ирсэн чулуу, материал бөгөөд үүнийг өрөмдлөгийн дээж гэж нэрлэдэг.



Зураг 1. Геофизикийн өрөмдлөгийн судалгааны дээж, 1м урттайгаар хадгалсан байдал

Дээжийн жишээг Зураг 1-д үзүүлэв. Харин өрөмдсөн нүхний эргэн тойронд буй орчны физик шинжийн талаар дэлгэрэнгүй мэдээллийг цуглуулахын тулд каротажийн

багаж хэрэглэнэ. Зарим төрлийн багаж нь өрөмдөх, дуусгах, орхисон гэх мэт бүхий л фазын мэдээллийг бүтэн бичих чадвартай байдаг. Энэ төхөөрөмжүүдийг газрын тос, байгалийн хий, газрын гүний ус, ашигт малтмал, газрын гүний дулааны хайгуул, орчны шинжилгээ зэрэг олон салбарт хэрэглэдэг.

Цооногоос мэдээлэл цуглуулахдаа холбогч утсаар мэдээлэл шууд дамжуулах болон каротажийн багаж дотроо мэдээллээ хадгалан гадаргууд гаргаж авсны дараа мэдээллийг хуулж авах гэсэн хоёр төрөл байж болно. Утсаар мэдээлэл дамжуулах нь тухайн агшин дахь (Real time) мэдээллийг шууд дамжуулах боломжтойгоороо давуу талтай. Гэсэн хэдий боловч цахилгаан утсаар дамжуулахад маш их хэмжээний утас шаардагдах ба хэт гүн цооногт (500м-ээс дээш) мэдээллийн дамжууллын чанар алдагдаж өгөгдөл хүлээн авахгүй байх зэрэг олон шийдэгдээгүй нөхцөл байдал үүсч болно. Хоёр дахь төрлийн арга нь мэдээллийг төхөөрөмж дотроо санах ой дээр өндрөөс хамааруулан тус бүр дээр нь хадгалаад төхөөрөмжийг гаргаж ирсны дараа мэдээллийг хуулж авч боловсруулах боломжтой. Ихэвчлэн геофизикийн хэмжилтүүдэд мэдээллийг шууд дамжуулах (real time) шаардлага гардаггүй учраас төхөөрөмжийн үнэ өртгийн хувьд дотроо хадгалах нь илүү тохиромжтой байна.

Газрын тос болон байгалийн хий олборлох үйлдвэрүүдэд каротажийн төхөөрөмжийг газар дээрх цооногийн амсартай цахилгаан дамжуулах утсаар холбож тасралтгүй хугацааны туршид мэдрэгчүүдээс чулуулгийн бүтэц, физик шинж чанарын мэдээллийг хүлээн авдаг. Утсаар холбогдсон каротажийн багажийг геофизикийн өгөгдөл хүлээн авах, анализ хийх функцийг гүний өндрөөс хамааруулан гаргадаг хосолмол үйлчилгээ гэж тодорхойлж болно. Анхаарах зүйл нь утсаар холбож мэдээлэл бүртгэх багаж нь энгийн мэдээлэл боловсруулах төхөөрөмжтэй адилхан биш бөгөөд, мэдээллийн багцын интеграцийн

дагуу маш ойрхон холбогдсон байна. Газрын гүнд явагдаж байгаа хэмжилтүүдийг нүхний гүнээс хэрхэн хамаарч, хэр үнэн бодит байгааг, мөн хэмжилтүүдтэй холбоотой анализ зөв байгааг эсэхийг баталгаажуулснаар дараа дараагийн хэмжилтүүдийн үнэний баталгааг хийх боломжтой болно. Жишээ нь нүүрстөрөгчийн ханалт үүсэх даралтыг хэмжсэнээр цааш өрөмдөх эсэх шийдвэрийг гаргах хэрэгтэй байдаг ба хэрвээ буруу хэмжсэн тохиолдолд алдагдал хүлээх эрсдэлтэй.

Каротажийн багажийг доош нь ихэвчлэн төмөр, төмөр хөнгөнцагааны холимог трос металл утсаар доош бэхлэн буулгадаг. Буулгаж байх үед металл трос дээр тэмдэглэгээ хийх, эсвэл цооногийн амсар дээр баталгаажсан эргэлддэг электрон тоологч тавьж гүний хэмжээг бүртгэж болно. Хэт гүн өрөмдлөгийн үед утасны урт уян харимхай суналтын улмаас болон дулаан тэлэлтээс шалтгаалж өөрчлөгдөх боломжтой. Иймээс уртын хэмжилтийн алдааг засаж тооцохын тулд температурыг өндрөөс хамааруулан хэмждэг. Тиймээс каротажийн багаж заавал температур мэдрэгчтэй байх хэрэгтэй [2].

Цооногийн гүнээс хамааруулсан олон төрлийн бүртгэгч байж болох бөгөөд эдгээр нь ажиллах функц, ямар технологи ашигласнаасаа хамааран олон төрөлд ангилагддаг. Хайгуулын төрлөөс хамааруулан нээлттэй өрөмдлөг болон нөхцөлт өрөмдлөг гэсэн 2 төрөл байж болно. Газрын тос болон байгалийн хийн хайгуулын өрөмдлөгийн хувьд заавал нөхцлөө шалгаж үзэх шаардлагатай бөгөөд битүү каротажийн багажаар хэмжилт хийнэ [3].

Ямар төрлийн физикийн арга хэрэглэж байгаагаас хамааруулан цооногийн хэмжилтийн багажийг ангилдаг

II. АРГА ХИЙЦ ТЕХНОЛОГИ

Бидний хийж буй төхөөрөмжөөр геофизикийн соронзон хайгуул, дулааны

каротаж, гамма каротаж, хазайлтын өнцөг гэсэн 4-н төрлийн судалгааг хийх боломжтой.

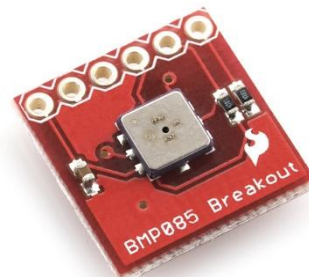
Соронзон хайгуул нь чулуулаг бүрхүүлийн геологийн тогтоц, эрдэс чулуулаг ба хүдрийн биетийн соронзон шинжээс хамаарч, дэлхийн соронзон орон хэрхэн өөрчлөгдөхийг судлах зорилготой хайгуулын геофизикийн нэг арга юм. Соронзон каротажийн аргад цооногийн ханын чулуулгийн соронзон шинжийг судлах замаар тухайн чулуулгийн геологийн зүсэлтийг ялгах, өөрөөр хэлбэл чулуулгийн соронзон орныг судлах арга юм. Энэ арга нь соронзон орны байгуулагчид (Т-Соронзон орны бүтэн байгуулагч, Z-босоо байгуулагч, Н-хэвтээ байгуулагч) соронзон мэдрэх чадварыг хэмждэг.

Ашигласан мэдрэгч: HMC5883L нь 3 тэнхлэгийн соронзон орны мэдрэгч бөгөөд ± 8 Гаусс оронд 2милли Гауссын нарийвчлалтай 12 битийн мэдээлэл өгдөг. I2C интерфэйсээр холбогддог.



Зураг 2. HMC5883 Соронзон орон мэдрэгч

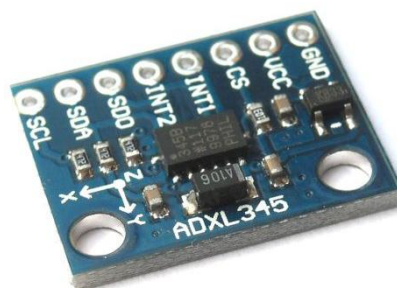
Дулааны каротаж нь цооногийн ханын чулуулгийн дулаан дамжуулах чадвар, шинж чанараараа харилцан адилгүй байдгийг судлахад үндэслэгдсэн. Дулааны каротажийн аргаар цахилгаан термометрийн тусламжтайгаар цооногийн ханын чулуулгийн байгалийн ба үүсгэмэл дулааны орныг судалдаг.



Зураг 3. BMP085 даралт температурин мэдрэгч

Цооногийн ханын чулуулгийн дулаан дамжуулах чадвар дэлхийн бөмбөрцгийн өөр цэгүүдэд харилцан адилгүй бөгөөд тухайн бүсийн геологийн тогтоц, чулуулгийн дулаан дамжуулах чадвар, байгалийн дулааны орон болон чулуулагт явагдах физик-химийн үзэгдлээс голлон хамаарах тул энэ аргын тусламжтайгаар цооногийн ханын чулуулгийн зүсэлтийг нарийвчлан судлах боломжийг олгодог ба шатах болон хатуу ашигт малтмал, ус агуулсан үе, мөнх цэвдгийн үе, давхаргуудыг судлах ажилд өргөн хэрэглэдэг.

Ашигласан мэдрэгч: BMP085 /pressure, thermometer/ -40 -с $+80^{\circ}\text{C}$ -д 0.1°C -ийн нарийвчлалтайгаар хэмжих чадвартай. I2C интерфэйсээр холбогддог.



Зураг 4. ADXL345 хурдатгал мэдрэгч

Цооног өрөмдөх явцад хазайдаг учир хазайлтыг хэмжих багаж хэрэгтэй байдаг. Тодорхой гүн дэх хазайлтыг олж мэдсэнээр гүний цооногийн 3 хэмжээст зургийг зурах боломжтой.

Ашигласан мэдрэгч: ADXL345 /accelerometer/ хэмжих хязгаар: $\pm 20 \text{ м/с}^2$; 10 битийн нарийвчлалтай, 1/256 g/LSB. ADXL345

бол жижиг хэмжээтэй, мэдрэмтгий бөгөөд маш бага чадлаар 3 тэнхлэгийн дагуух хурдатгалыг хэмжих мэдрэгч юм. Мөн түүнчлэн өндөр нарийвчлал (13 битийн – 8192-тайгаар $\pm 16g$ хүртэлх хурдатгалыг хэмжинэ. I2C интерфэйсээр холбогддог.

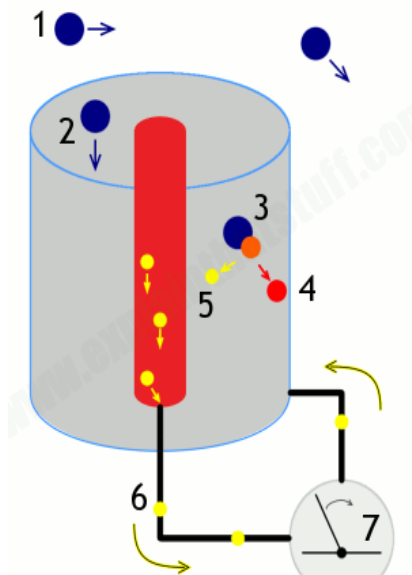
Цооногийн ханын чулуулгийн байгалийн гамма туяаг бүртгэхэд үндэслэгдсэн аргыг гамма каротаж гэнэ. Гамма каротажийн аргыг спектрийн ба интегралын гэсэн хоёр төрлөөр хийж явуулдаг.

Интегралын гамма каротажийн аргыг цацраг идэвхт элементийн түүхий эд, цооногийн чулуулаг, хүдрийн биет дэх Уран, Торий, Калий элементүүдийн агуулгыг тогтоодог.

Гамма каротажийн аргаар тунамал, магмын болон хувирмал чулуулаг дахь байгалийн цацраг идэвхт элементүүдийн агуулгыг тодорхойлсноор цооногийн зүсэлтийн литологи-петрографийн ангиллыг нарийвчлан тогтоох боломж олгож байна [5].

Нефть, байгалийн хийн орд газар шаварлаг чулуулгийг үнэлэх, цооногийн техникийн төлөв байдлыг судлахад гамма каротажийн аргыг өргөн хэрэглэдэг. Мөн түүнчлэн нүүрсний орд газар энэ аргыг хэрэглэснээр нүүрсний үнсжилтийг тодорхойлдог.

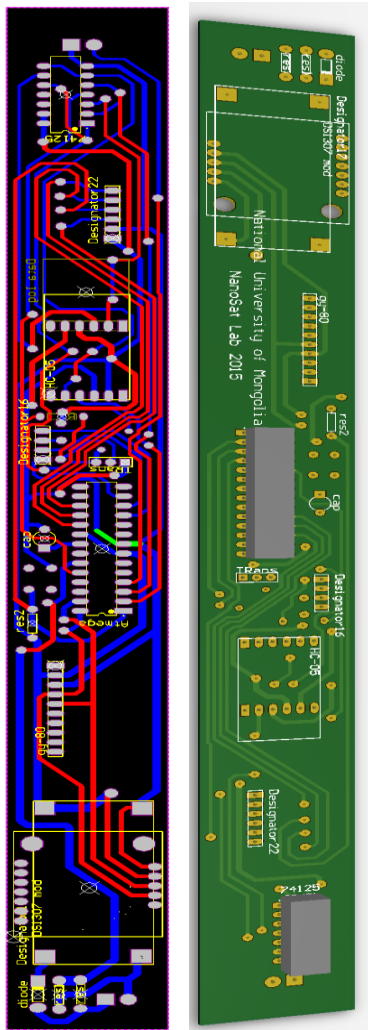
Гейгерийн тоолуур нь ионжуулагч бөөмүүдэд мэдрэг Гейгер-Мюллерийн хоолойноос бүрдэх ба ажиллах үндсэн зарчим нь ионжигч материал дээр альфа, бета, гамма зэрэг бөөмс туссанаар чөлөөт электронууд сугаран гарах ба эдгээр нь маш өндөр потенциалын ялгаврын улмаас хэдий бага кинетик энергитэй байсан ч хоолойн анод дээр хүрэлцэн ирж бүртгэгддэг. Бага гүйдлийн, өндөр нарийвчлалтай гальванометр ашигласнаар энэхүү дохиог бүртгэн авах боломжтой ба энэ нь ионжуулагч бөөм, тухайлбал катод дээр туссан гамма цацрагийг бүртгэж байгаа хэрэг юм.



Зураг 5. Гейгер Мюллерийн хоолойн ажиллагаа

Хэлхээ.

Багажийн өргөн нь дотор талдаа 28мм учраас түүн дотор электроникийн хэлхээг багтаан байрлуулахийн тулд урт бөгөөд нарийн PCB хэрэг болсон. PCB-ийг хийхдээ үндсэн хэсэг, гамма бүртгэгчийн буюу өндөр хүчдэлийн хэсэг гэсэн 2 хэсэгт хуваан авч хийсэн. PCB-г хийхдээ AltiumDesigner программ дээр зурж, нано хиймэл дагуул хөгжүүлэлтийн лаборатори дахь PCB хийх зориулалттай CNC машиныг ашиглан хоёр талтай зэс хавтан дээр 0.1мм-0.8мм-ийн зорогч хутгаар зам гарган, 0.4мм-2мм-ийн өрмөөр нүхийг гаргасан.

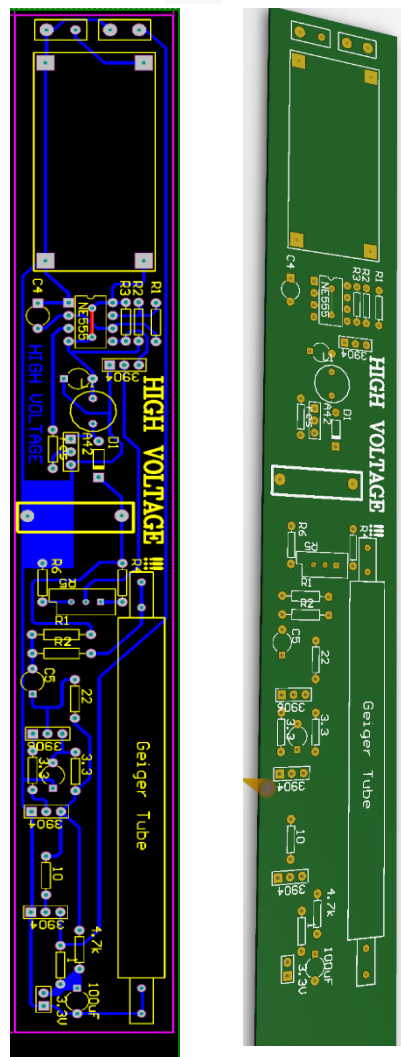


Зураг 6. Үндсэн хэсгийн 2 хэмжээст болон 3 хэмжээст PCB зураг.

PCB-ний үндсэн хэсэгт микроконтроллер, мэдрэгчүүд гэх мэт элементүүд болон модулиуд багтсан ба 2 талдаа замтай. Энэ хэсгийн PCB-г зурахдаа хэлхээний газар болон тэжээлийн хоорондын замуудын зайг аль болох бага, тойрог хэлбэр үүсгэхгүй байхаар зурсан. Учир нь замууд хол байвал тойрог хэлбэр үүсгэх магадлал өндөр болдог ба тойрог хэлбэрээр гүйдэл гүйхэд бага хэмжээний индукцлэлтэй ороомог болж үүнээс үүдэн хэлхээний ажилгаанд сөргөөр нөлөөлөх аюултай байдаг.

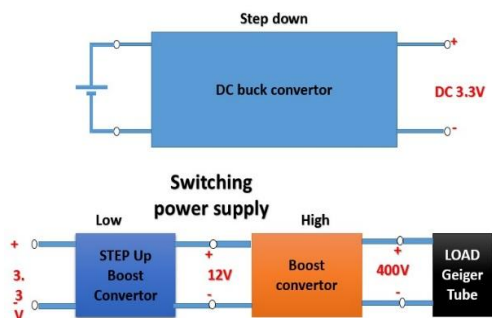
Гамма бүртгэгч буюу өндөр хүчдлийн хэсэгт Гейгер-Мюллерийн ламп болон бусад элементүүд байрлах энэ хэсэг нь 500 вольтын

өндөр хүчдэлтэй. Тийм учраас PCB-г хийхдээ зөвхөн нэг талдаа замтайгаар зурж хийсэн. Хэрэв аналог хэлхээний замыг хоёр талдаа замтайгаар хийсэн тохиолдолд эдгээр нь голын тусгаарлагчтайгаа нийлээд конденсаторын бүтэцтэй ижил болдог ба ингэснээр алдаа гарах магадлалтай юм.

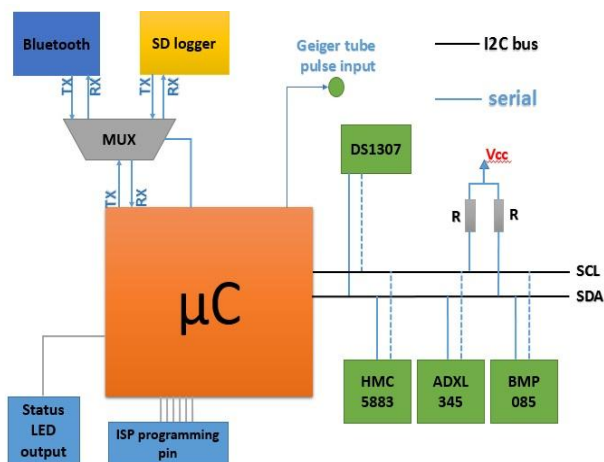


Зураг 7. Гейгер Мюллерийн хоолойн хэсэг буюу өндөр хүчдлийн хэсгийн 2 хэмжээст болон 3 хэмжээст PCB зураг

III. БЛОК ДИАГРАМ



Зураг 9. Тэжээлийн үүсгүүр



Зураг 10. Ерөнхий ажилгааний диаграм.

IV. ПРОГРАММ ХАНГАМЖ

Бидний төхөөрөмжийн тархи нь ATmega8 микроконтроллер юм. Atmega8 нь AVR архитектуртай mega цувралынх бөгөөд өөр дээрээ UART, TWI (I2C), EEPROM, 8k flash - той 8 битийн контроллер юм. Ерөнхий ажиллагааны 3н горимтой бөгөөд эдгээр горимуудад гаднаас өгөх командаар шилжинэ
Горим 0: Ажиллагааны горим

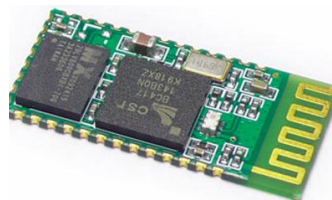
Төхөөрөмж ихэнх хугацаанд энэхүү горимоор ажиллана. Real Time Clock (RTC) DS1307-н тусламжтайгаар секунд болгонд мэдрэгчүүдээс өгөгдлүүдийг хүлээн авч тэр үе мөчийн хугацааг SD картанд хадгална. Нэг өдөрт хэд хэдэн ажиллуулсан өгөгдлийг огноо агуулсан хавтаст хийн хадгалж өгснөөр илүү цэгцтэй болгож өгч байгаа юм. Жишээлбэл, 2015 оны 10 сарын 1 нд хэмжилт хийсэн гэвэл 15-10-01 хавтас дотор хадгалагдана. 16 цаг 17

мин 18 секундэд каротажаа эхэлсэн гэвэл 161718.txt гэсэн нэртэй файл дотор хадгалагдана. DS1307 RTC чип нь төхөөрөмж унтарсан ч өөр дээрх нөөц тэжээл ашиглан цаг хугацааг тоолсоор байдаг.

Горим 1: Терминал горим

Манай төхөөрөмж нь сериал холболтыг ашиглан гаднаас удирдаж болох терминал төст горим нэмж өгснөөрөө шинэлэг юм. Терминал гэдэг нь текстэнд тулгуурласан командыг гүйцэтгэж болох интерфэйс юм [4].

Bluetooth HC-06 /slave/ модулийг ашиглан 10м айд утасгүйгээр холбогдоно.



Зураг 12. HC-06 bluetooth модуль

Энэ горим нь хэрэглэгч компьютер аль свэл утаснаас бүх мэдрэгчүүдийн утгыг үлээн авах, дээрх дурьдсан ds1307 rtc - ийн цаг, огноог гараас тохируулах, түүнчлэн гормийг солих - ажиллуулах, хадгалсан файлуудыг авах боломж олгоно.

Компьютерээс болон гар утаснаас хийх боломжтой үйлдлүүд:

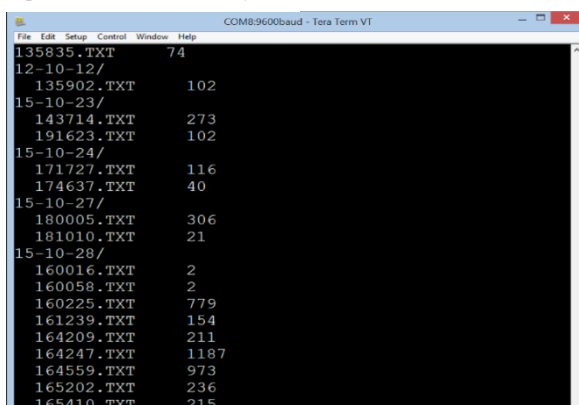
- 0 -> бүх мэдрэгчүүдээс мэдээлэл аван хэвлэнэ.
- 1 -> цаг, минут, секундыг хэвлэнэ.
- 2 -> он, сар, өдрийг хэвлэнэ.
- 3 -> хамгийн сүүлд төхөөрөмжийг ажиллуулан өгөгдөл хадгалсан огноо
- 4 -> цаг, мин, секундыг сольж тааруулах
- 5 -> он, сар, өдрийг сольж тааруулах
- 9 -> тасралтгүй өгөгдлийг шинэчлэн хэвлэнэ.

Горим 2: SD карттай харьцах горим
openlog dev-09530 модулийг ашигласнаар төхөөрөмж сериалаар ирсэн өгөгдлийг хадгалж, унших боломжийг олгож байгаа юм.

SD картны терминал Линүкс төстэй энэ горимд орсноор хэрэглэгчид хадгалсан каротажийн өгөгдлөө хүлээн авна. Мөн түүнчлэн хуучин файлуудаа устгах боломжтой.



Зураг 13. SD-карттай харьцах Dev-09530 модуль



Зураг 14. SD карт дотор хадгалагдсан өгөгдлүүд

Хийх боломжтой үйлдлүүд:

ls -> доторх бүх файлуудыг фолдерийн хамт хэвлэнэ.

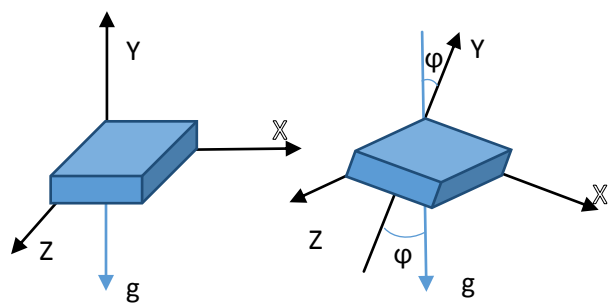
cd -> change directory буюу фолдер луу оруулна

rm -> устгах

read -> файлыг хэвлэх

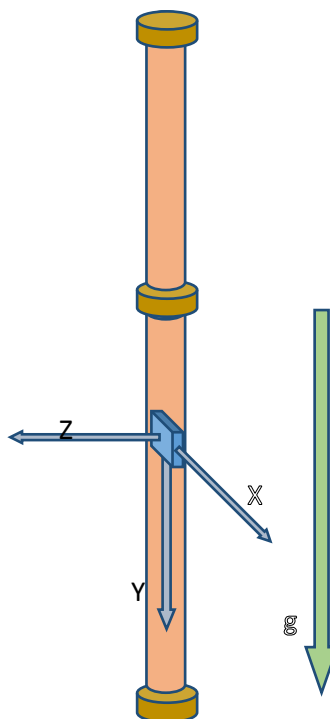
cd .. -> төв фолдерт шилжих

mkdir -> шинэ фолдер үүсгэх



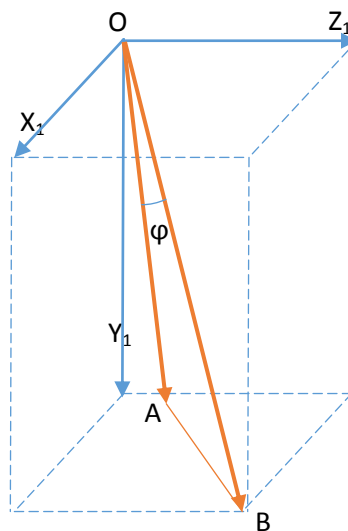
Зураг 15. ADXL 345 хурдатгал мэдрэгч

Хурдатгал (хазайлт) мэдрэгчээс өнцөг бодох аргачлал.



Зураг 16. Төхөөрөмжид хурдатгал мэдрэгчийн тэнхлэгийн байрлал.

Эгц доош чиглэсэн байх үеийн гурван тэнхлэгийн дагуух хурдатгалын утгыг X_0 , Y_0 , Z_0 гэж тодорхойлж. Дэлхийн татах хүч эгц доош чиглэсэн учир X_0 болон Y_0 -ийн утга ойролцоогоор тэгтэй тэнцүү. Гэвч мэдрэгчийг



Зураг 17.
OA : Энгийн үеийн татах хүчний хурдатгал.
OB : Цооног дох татах хүчний хурдатгал.

төхөөрөмжид байрлуулан хазгай угсралтын улмаас хазайлтын алдаа гарч болзошгүй.

Зураг 17-д үзүүлснээр төхөөрөмж хэмжилтээ хийж байх үедээ татах хүчний хурдартгалыг X_1 Y_1 Z_1 гэж хэмжсэн бол

$$\overrightarrow{OB} = (X_1, Y_1, Z_1)$$

$$\overrightarrow{OA} = (X_0, Y_0, Z_0)$$

болно.

Эндээс OA, OB болон AB зайнуудыг хялбархан олж болно.

$$OA = \sqrt{X_0^2 + Y_0^2 + Z_0^2}$$

$$OB = \sqrt{X_1^2 + Y_1^2 + Z_1^2}$$

$$AB = \sqrt{(X_1 - X_0)^2 + (Y_1 - Y_0)^2 + (Z_1 - Z_0)^2}$$

Гурвалжин OAB-д косинусын теором бичиж тухайн эгшний хазайлтын ϕ өнцгийг дараах байдлаар олж болно.

$$\phi = \arccos \frac{OA^2 + OB^2 - AB^2}{2 * OA * OB}$$

Төхөөрөмж өөр дээрээ X_0 , Y_0 , Z_0 утгуудыг хадгалан ϕ өнцгийн утгыг тооцолно.

Температурын мэдрэгчийн бодит утга тооцоолох аргачлал.

$$X1 = (UT - AC6) * AC5 / 2^{15}$$

$$X2 = MC * 2^{11} / (X1 + MD)$$

$$B5 = X1 + X2$$

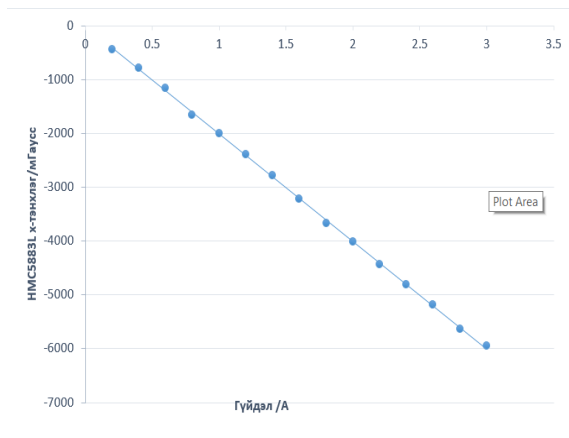
$$T = (B5 + 8) / 2^4$$

Энд: UT бол мэдрэгчээс авч байгаа утга бөгөөд бусад параметрууд нь температурын мэдрэгч интеграл схем дотор болж байгаа процессийн дам нөлөөг арилгах зорилготой.

V. ҮР ДҮН

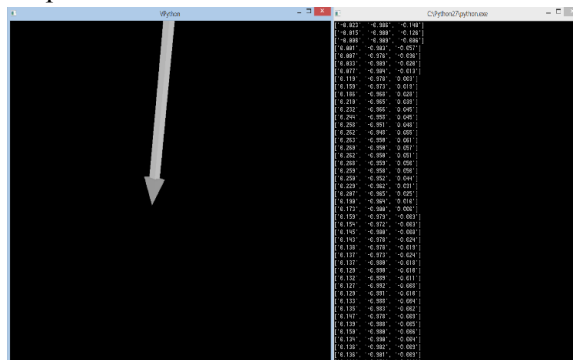
Хуваарийн үнийн тооцоо

Бид лабораторийн орчинд үүсгэсэн соронзон оронд багажаа туршин хэмжилтийн утгуудаараа дараах график болон хазайлтын зургийг гаргасан.

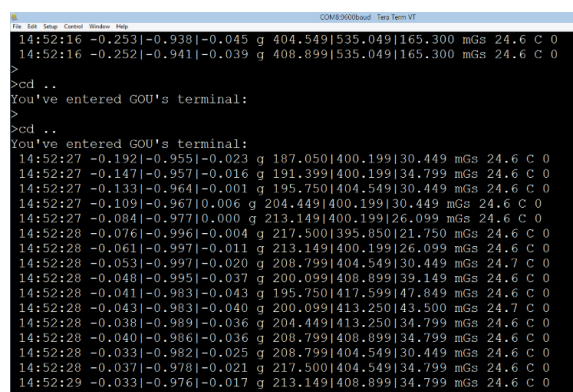


Зураг 18. Соронзон орны хэмжилтийн график

Туршилтаас харахад манай төхөөрөмж нь хазайлтыг бүрэн мэдэрч байна. Соронзон орон, температурын гэх мэт бусад мэдрэгчийн хэмжилтүүдийг термометр, магнетометр гэх мэт багажуудын хэмжилттэй харьцуулахад таарч байв.

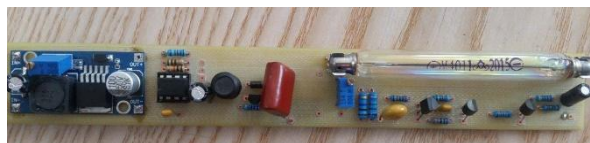


Зураг 19. Хэмжилтийн утгуудаар хазайлтыг тодорхойлж байна.



Зураг 20. Компьютертэй Bluetooth-ээр холбогдон хэмжилтийн утгуудыг ишдэж байгаа нь terminal-аас харагдаж буй байдал

Бэлэн болсон байдал



Зураг 21. Гейгер-Мюллерийн хэсэг



Зураг 22. Үндсэн хэлхээ



Зураг 23. Бүрэн хэлхээг угсарсан байдал

VII. ДҮГНЭЛТ

Энэ ажлаар цооногийн налуугийн өнцөг, газрын гүн дэх соронзон орны хэмжээ, температур, байгалийн гамма цацрагийн хэмжээ зэрэг геофизикийн параметруудийг цооногийн гүнээс хамааруулан бүртгэх төхөөрөмжийн дизайныг гаргаж, техникийн нөхцөлийг судалж, лабораторийн нөхцөлд туршиж анхны загварыг угсарлаа. Мөн эдгээр геофизикийн параметр тус бүрийн хэмжилтийн утгыг нарийн хэмжилтийн багажтай тулгаж хуваарийн үнийг нарийвчлан гаргасан.

Цооногийн мэдээлэл цуглуулах төхөөрөмжийн үндсэн тэжээлийн хэсэг, өндөр хүчдэлийн хэсэг, гол хавтангийн хэсгийг задлах шаардлагагүй асааж, унтраах болон батарей солих хэсгийг тусад нь байхаар дизайныг гаргасан. Цуглуулсан мэдээллээ

компьютерт утасгүй холбоогоор (Bluetooth) дамжуулна. Компьютер дээр терминал горим ашиглан бидний зохиосон командуудыг ашиглан төхөөрөмж дотор байгаа санах ойг (SD card) бүрэн унших, бичих боломжтой.

Газрын гадаргад цооногийн амсар дээр цагтай (RTC) гүний хэмжээг бүртгэдэг төхөөрөмжийг хийж өгсөн ба цооногийн төхөөрөмж дотор мөн адил геофизикийн өгөгдлүүдийг хугацаанаас хамааруулан хамт бүртгэнэ. Эцэст нь эдгээр өгөгдлүүдийг хугацаагаар нь эрэмбэлэн геофизикийн параметруудийг гүнээс хамааруулан тодорхойлно. Энэ нь системийг синхрон ажиллагаатай болгож байгаа нь бас нэг шинэлэг зүйл болж байна.

Төхөөрөмжийг шинжлэх ухааны судалгаа, геофизикийн хайгуул, орчны шинжилгээ зэрэг бодит хэрэглээнд хэрэглэх бүрэн боломжтой, техникийн шаардлагыг хангаж байна.

[0] Геофизикийн аргын үндэс П.Дугараа 2007он

[1] МОНГОЛ УЛСЫН 2015 ОНЫ ТӨСВИЙН ТАЛААР, 2014 он сар, Сангын яам

[2] Harald Bolt, Wireline Depth Determination, Rev 3.3, Apr 2012, available via Society of Professional

[3] [Society of Professional Well Log Analysts](#) (1975). *Glossary of terms & expressions used in well logging*. Houston, Texas: SPWLA. p. 74

[4] <http://askubuntu.com/questions/38162>

[5] Darling, Toby (2005). [Well Logging and Formation Evaluation](#). Oxford, UK: Elsevier. p. 5 p. ISBN 0-7506-7883-6.

Улаанбаатар Орчмын “Сонгино” Идэвхитэй Хагарал Дээрхи Георадарын Судалгааны Анхан Шатны Үр Дүнгээс

Цэнд-Аюуш Нямбаяр^{1,2}, Maksim Bano¹, Antoine Schlupp¹, Мөнхөө Өлзийбат², Даваасамбуу Баттогтох², Энхээ Баярсайхан², Ганболд Баатарсүрэн², Батцэцэг Бямбахоорол²

¹- IPGS, UMR-7516, Université de Strasbourg/EOST, CNRS, Strasbourg, France

²- ШУА, Одон Орон Геофизикийн Хүрээлэн

The seismic activity observed in the vicinity of Ulaanbaatar (UB) city not only has been increased since 2005, but it is also organized, at least, on two perpendicular directions which determine two active faults: Emeelt fault (40 km long, situated 15 km NW of UB) and Hustai fault (80 km long, less than 30 km West of UB). The Songino fault (10 km long, situated 20 km West of UB) is located between Emeelt and Hustai fault. Their length and morphology indicate they can produce earthquakes of magnitude 6.5 to 7.5. Most of the Mongolian population (1.5 million over 3 million) is concentrated around UB city which is the main political and economical centre of the country. Hence, the study of seismic hazard is of first importance for the country. Since the last large earthquake, the fault geomorphology has been smoothed due to erosion processes and a low slip rate. The exact location of the fault is thus hidden in a several meter strip.

In such a context, the Ground Penetrating Radar (GPR) method gives good and useful results and can help to characterize faults by identifying offsets of radar reflections and buried fluvial channel deposits. In order to image and characterize these faults, we have conducted many GPR campaigns in 2010, 2012 and 2013 over active areas around UB. In our study we present only some preliminary results of GPR measurements performed along the Songino fault (in 2013). The objective is to understand its geometry (dip, length, orientation) and the type of displacements and amplitude. In this survey we used 250 MHz, 500 MHz shielded antenna and RTA 50 MHz unshielded antenna and also used a differential GPS in order to measure the topography. One trench has been dug in Songino area.

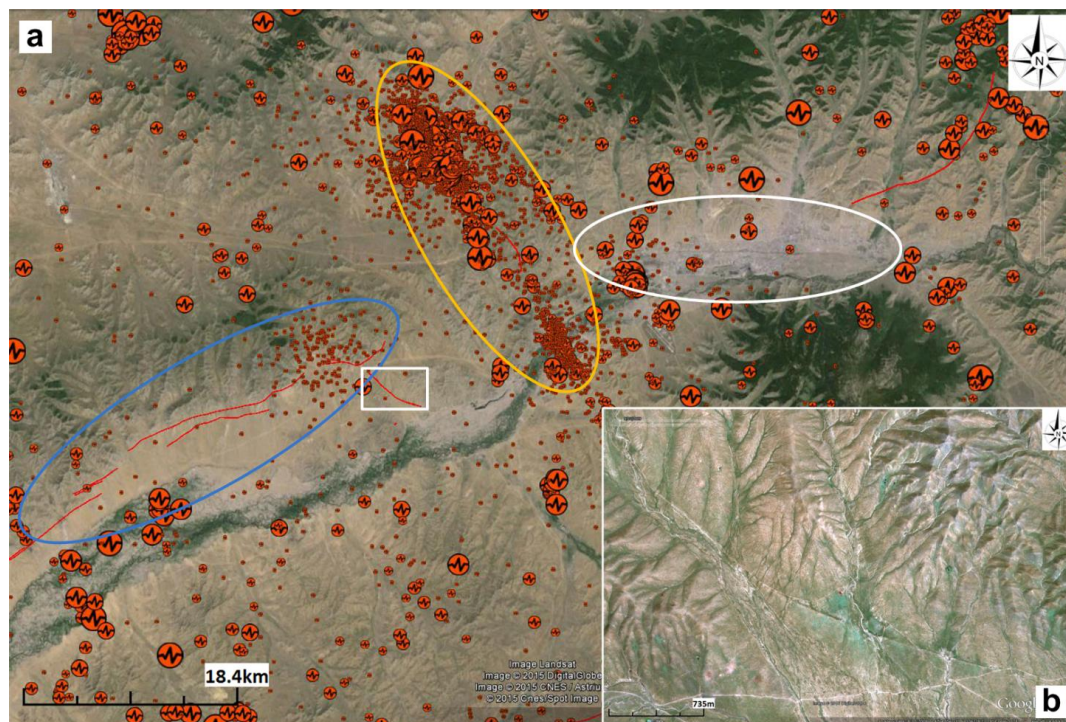
Түлхүүр үгс: Монгол, Хустай болон Эмээлт, Сонгино хагарлууд, GPR буюу Георадар, Дифференциал GPS, Тренч

PACS number: 91.30.Za

I. УДИРТГАЛ

Монгол улсын нийслэл Улаанбаатар хот орчмын сейсмик идэвхжил нь баруун Монголын сейсмик идэвхжилтэй харьцуулбал арай бага боловч мэдэгдэхүйц нэмэгдэж байгаа нь ажиглагдах болсон. Гэвч 2005 оноос эхэлсэн энэхүү идэвхжил нь зөвхөн Улаанбаатарын орчимд биш бөгөөд Улаанбаатараас баруун болон хойд зүгт сунаж тогтсон, хоорондоо перпендикуляр байрлалтай 2 идэвхтэй хагарлын хүрээнд явагдаж байгаа нь тогтоогдсон. Эмээлт хагарлыг 2008 онд илрүүлсэн ба ХБХ-УЗУ чиглэлтэй, хамгийн багадаа 25 км урт, УБ-аас баруун зүгт ойролцоогоор 10 км-т оршдог. Харин Хустай хагарал нь ББУ-33Х чиглэлтэй 80 км урт, зүүн хойд төгсгөл нь УБ-аас баруун зүгт 20 км-т орших (Зураг 1(а)) бөгөөд эдгээр хагарлуудын урт болон геоморфологи нь 6.5-7.5 магнитудтай газар хөдлөл болсныг илтгэдэг [22]. Улаанбаатар хот нь өдгөө 1.2 сая хүн ам

төвлөрөн суурьшсан, Монгол улсын эдийн засаг, улс төрийн гол төв болсон байна. Тиймээс газар хөдлөлийн аюулын судалгаа болон газар хөдлөлүүдийн ирээдүйд учруулж болзошгүй хөнөөл, хохирлын магадлалын тооцоо нь манай орны тэргүүн чухал асуудлуудын нэг болж байна [5]. Улаанбаатар хот орчмын газар хөдлөлийн идэвхжилийн нарийвчилсан судалгааг 2008 оноос эхлэн ШУА-ийн Одон Орон Геофизикийн Хүрээлэнгийн судалгааны баг, Франц улсын Страсбургийн Их Сургуулийн судалгааны баг, Орос улсын ШУА-ийн Эрхүүгийн салбарын судалгааны баг бүрэлдэхүүнтэй хамтран жил бүр гүйцэтгэж байгаа болно. Сонгино хагарлын хувьд хоорондоо перпендикуляр байрлал бүхий 2 идэвхтэй хагарлын хооронд оршиж байгаа бөгөөд дээрхи 2 хагарлын шинж чанар, механизмийг ойлгох, тайлбарлахад энэхүү судалгаа нь маш их ач холбогдолтой юм.



ЗУРАГ 1 (а). 1995-2014 оны Улаанбаатар хот орчмын газар хөдлөлийн идэвхжилийг улаан тойргуудаар, хагарлын зураглалын муруйг улаан шугамаар дүрсэлсэн (ООГХ, ҮМТ-ийн мэдээллийн сангаас), хөх эллипсээр Хустайн хагарлын зүүн бүсийг, шар эллипсээр Эмээлтийн хагарлын бүсийг, цагаан эллипсээр Улаанбаатар хотын төвлөрлийн бүсийг, харин судалгааны талбай болох Сонгино хагарлын бүсийг цагаан дөрвөлжингөөр тус тус тэмдэглэсэн. (b) цагаан дөрвөлжин доторхи Сонгино хагарлын бүсийг томруулан харуулсан байдал

Сүүлд болсон газар хөдлөлөөс хойш урт удаан хугацааны туршид хагарал орчмын суларсан хөрс элэгдлийн процест орсноор хагарлын хавтгайн хөрсөн дээрхи эвдрэлүүдийн хэлбэр хэмжээ, байрлал мэдэгдэхгүй болж геоморфологи нь маш их өөрчлөгдсөн байдаг.

Георадарын судалгааны арга нь радарын долгионы ойлтуудын зураглалаар хагарлыг тодорхойлон дүрслэхэд [18, 2, 24] мөн хөрсөн доор булагдаж далдлагдсан голын суваг жалгын тандалтад [7] маш сайн арга бөгөөд цаашид өргөн хэрэглэгдэхээр үр дүнтэй болох нь туршигдаж батлагдсан.

Маш олон судалгааны ажилд георадарын 3 хэмжээст зураглал болон судалгаа нь 2 хэмжээст хөндлөн огтлолуудын судалгаанаас илүү үр дүнтэй бөгөөд илүү үнэн зөв тайлал хийх боломжтойг харуулсан байдаг [10-13, 23, 20].

Beauprêtre ба бусад [1] нар нь далдлагдсан сувгын сүлжээг сэргээн босгож зураглах 3 хэмжээст Георадарын тандалтын судалгаанд, мөн McClumont ба бусад [19] нар нь идэвхтэй хагарлын дүрслэлийг сайжруулах, геометрийн шинж чанарыг тодорхойлоход 3 хэмжээст

Георадарын мэдээллийг ашигласан. Харин Dentith ба бусад [4] нар нь маш их элэгдэлд орсон эртний хувирал бүхий хагарлын мөргөцгийн судалгаанд георадарын мэдээллийг тренчийн үр дүнтэй харьцуулсан байдаг. Георадарын хөгжлийн дүр төрхийн үндсэн ухагдахуун нь идэвхтэй тектоникийн орчинтой нягт холбогдож уялдсан байдаг [19, 21].

Тиймээс бидний энэхүү судалгааны ажлын гол зорилго нь Сонгино хагарлын үндсэн геологийн шинж чанрыг тодорхойлох бөгөөд үүний тулд хагарлын геометрийн шаардлагатай параметруудийг георадарын аргачлал болон тренчийн хосолсон судалгааны тусламжтайгаар тодорхойлоход оршино.

II. ГЕОРАДАРЫН СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Ground-Penetrating Radar (GPR) буюу Георадарын судалгаа нь анх 1930 онд хийгдэж байсан бөгөөд тус багажийг зохион бүтээгчид 1937 онд анхны цахилгаан соронзон долгионоор геофизикийн хайгуул хийх аргыг туршиж тэр цагаас хойш тус багаж нь аажмаар хөгжсөөр, 1992 оноос микроэлектроникийн

хөгжлийг дагаж өндөр хурдацтай хөгжиж өнөөдрийн байдлаар маш олон салбарт өргөн хэрэглэгдэж эхэлсэн [16].

Георадарын судалгаа нь геологи, байгаль орчин, археологи, уул уурхай, барилга байгууламж, инженерийн шугам сүлжээ, гүний ус, цас мөс, агуй хонгилийн судалгаанд өргөн хэрэглэгддэг [16] ба багажийн давуу тал нь зөөж тээвэрлэхэд авсаархан, битүүмжлэгдсэн байдаг учраас эвдэрч гэмтэх тохиолдол бага, геофизикийн бусад судалгааны багажийг бодвол хэмжилтийг богино хугацаанд зардал багатайгаар босоо ба хэвтээ тэнхлэгийн дагуу хийх боломжтойгоор онцлог юм [16].

Георадар нь 10 МГц – 2 ГГц –ийн өндөр давтамж бүхий цахилгаан соронзон долгионы тархалт, ойлт, сарнил гэх мэт физикийн хуулинд тулгуурласан геофизикийн судалгааны нэг гол аргачлал юм [16]. Цахилгаан соронзон долгионы тархалт нь тухайн хөрс болон чулуулгын диэлектрик тогтмол болон цахилгаан дамжуулалт зэрэг геологийн шинж чанараас хамаардаг болохыг Хүснэгт 1 харуулсан ба тархалтын хурд нь 50 – 100 наносек байдаг [15]. Георадар нь бага гүний соронзон шинж чанаргүй чулуулгийн өдөөгдөж цахилгаанжсан болон цахилгаанжаагүй ялгаралуудыг зураглах боломж олгодог [16].

Хүснэгт 1. Цахилгаан соронзон долгионы тархалт хөрс болон чулуулгийн диэлектрик тогтмол болон цахилгаан дамжуулалт зэрэг геологийн шинж чанараас хамаарсан хурдны харьцуулалт

Орчин	Хувийн хүчлэг (ϵ_r)	Хурд (м/мсек)
Агаар	1	300
Цэвэр ус	81	33
Шохойн чулуу	7-16	75-113
анар	5-7	113-134
занар	5-15	77-134
шавар	4-16	74-150
Бетон	4-10	95-150
Лаг шавар	9-23	63-100
Элс	4-30	55-150
Мөсөн хурдас	9-25	60-100
Мөс	3-4	150-173
Цэвдэг	4-8	106-150

Георадарын судалгааны арга нь бага гүний хайгуулын аргад ордог бөгөөд тандалтын гүн нь ашиглагдаж буй тодорхой давтамжийн цахилгаан соронзон долгионы замхралаас шалтгаалдагийг Хүснэгт 2-т үзүүлээ [16]. Хамгийн бага давтамж нь хамгийн их гүнд нэвтрэх бөгөөд энэ нь 1 мсек/м – ээс доош бага цахилгаан дамжуулалт бүхий орчинд 5 см – ээс 50 м хүртэл байдаг [15]. Нэвтрэх гүн болон зураглалын нарийвчлал нь дамжуулагчаас цацаж буй радио долгионы давтамж болон тус хэмжилтийн орчны геологийн бүтэц, шинж чанар, цахилгаан эсэргүүцэл зэргээс хамаардаг [16].

$$\lambda = \frac{c}{v} \quad (1)$$

Энд долгионы урт нь давтамжаас урвуу хамааралтай ба вакуум дахь гэрэл тархах хурдтай шууд хамааралтай.

Хүснэгт 2. Георадарын антений давтамж, нэвтрэх гүний хамаарал

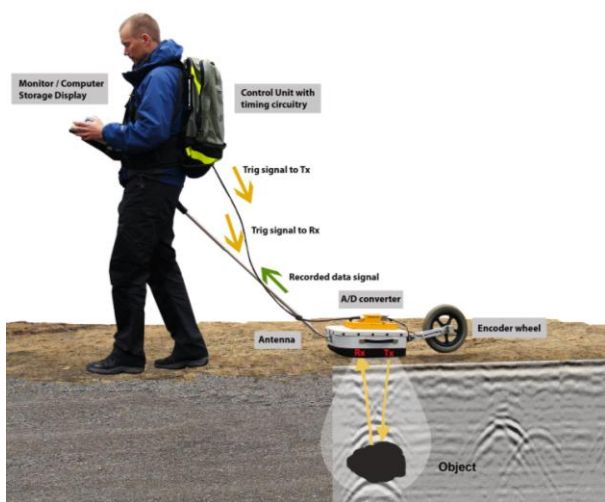
Антену давтамж (МГц)	Долгионы тархалтын нягтрал (м/μs), $\lambda_c/4$, (см)	Нэвтэрч чадах дээд гүн (м)
25	100	50
50	50	40
100	25	25
250	10	8
500	5	6
800	3	2.5
1200	2.1	1
1600	1.6	0.5
2300	1.3	0.4

Гүн рүү чиглэсэн босоо тэнхлэгийн нарийвчлал нь ашиглагдаж буй антений давтамж ба цахилгаан соронзон долгионы хурдаас хамаардаг. $\lambda/4$ хэмжээ нь 50 – 500 МГц давтамжууд ба 0.1 – 0.14 м/наносек хурднуудад 5 – 70 см хүртэл өөрчлөгддөг [15].

Георадарын хэмжилт хийх аргачлал нь үндсэн 2 төрөл байдаг бөгөөд бид энэхүү судалгаанд Common Offset (CO) буюу дамжуулагч болон хүлээн авагч антен хоорондын зай нь тогтмол байдаг хэмжилтийн аргачлалыг ашигласан болно. Бидний хэмжилт хийсэн аргачлал нь дотроо дамжуулагч болон

хүлээн авагч антений хувьд хамгаалагдсан ба хамгаалагдаагүй антентай гэж 2 ангилагддаг бөгөөд бид хамгаалагдсан антенүүдээр тухайн хэмжилтийг гүйцэтгэсэн.

Хамгаалагдсан антен (Shielded antenna) нь дамжуулагчаас цацруулж байгаа цахилгаан соронзон долгион нь зөвхөн газрын гүн рүү тархдаг учир орчны нөлөөлөл шуугиан бүртгэгддэггүй давуу талтай. Энэ ойлт нь радарграм дээр ямар байдалтай харагдахыг харж болно. Тус зурганд георадарын хэмжилт хийх зарчмыг нарийн харж болно. Явсан нийт замыг антены ард байрлах дугуйгаар хэмжинэ [16]



Зураг 2. Георадарын хамгаалагдсан антений цахилгаан соронзон долгионы тархалт, ажиллах зарчим

III. СУДАЛГААНЫ ТАЛБАЙ, ТҮҮНИЙ ГЕОЛОГИЙН ОРЧИН

Сонгино хагарал нь Хустайн нурууны зүүн үзүүрт байрлана (Зураг 1(a)). Хэлбэрийн хувьд жигд нумарсан хэлбэртэй бөгөөд баруун хойд төгсгөл нь Хустай хагарлын зүүн төгсгөл рүү перпендикуляр чиглэлтэй байрлах ба хэвтээ шилжилтийн ул мөрүүд зарим жалга дээр ажиглагддаг (Зураг 1(b)). Харин хагарлын нумарсан дунд хэсэгт босоо шилжилтийн мөргөцөг тод ажиглагддаг ба эдгээр шинж тэмдгүүд нь сансрын зураг дээр илт танигдахаар байдаг хэдий ч газар дээрээ хагарлын мөргөцөг нь урт хугацааны хувирлын явцад их хэмжээгээр хувиралд орж тэгшрэх хандлагатай болсон байдаг.

Хустайн нуруу нь Улаанбаатар хотын баруун хажууд оршдог бөгөөд Туул голын сав газрын дагуу 110 км орчим урт, 55 км өргөн талбайг хамарна. Хэнтийн нуруунаас Туул

голын сав газар руу зөөгдөж буй хэмхдэст материалууд 1.5-6.5 км өргөнтэй аллювийн хурдасуудыг бүрдүүлэх ба хэмжээний хувьд уртавтар аллювийн хурдасуудад Улаанбаатар хотоос баруун тийш чиглэлтэй урсах Туул голын голдирол, тохойрлын өнөө цагийн нөлөө орсон байдаг [8].

Бидний хийсэн геоморфологи, сансрын зургийн тандан судалгаа, хагарлын механизм, хагарлын геометр бүтцийн судалгаа, хээрийн судалгаа, станцуудад бичигдэж байгаа орчин үеийн идэвхжил зэрэгт үндэслэн Хустай болон Эмээлтийн хагарлыг Улаанбаатар хотын газар хөдлөлийн болзошгүй аюулт бүсүүдийн нэгд тооцож байна [8].

Хустайн хагарлын хамгийн зүүн хойд талын хэсгийг Хойд Сегмент гэж нэрлэж байгаа бөгөөд энэ сегмент нь Улаанбаатар хоттой хамгийн ойр байрладаг юм. Хагарлын ул мөр “ASTER” зурганд харагдац муутай байдаг боловч орчны байрзүйн нөхцөлд илэрхий нөлөө үзүүлдэг төдийгүй суналынхаа дагуу хэд хэдэн уулын хярыг огтолсон байдаг. Хустайн-Гол-Хагарал (ХГХ, Хойд, Хойд-Төв болон Өмнөд-Төв сегментүүд) бол ерөнхийдөө тэлэлтийн механизмаас үүдэлтэйгээр хагарлын хавтгайн дагуу босоо хөдөлгөөн буюу зөрөг төрлийн хэв шинж зонхилсон, зүүн хойшоо 60° -ын суналтай, зүүн-талын-хэвтээ шилжилттэй хагарал юм [8]. Хустайн-Нуруу-Хагарлын системн зүүн жигүүр нь Монгол улсын нийслэл Улаанбаатар хотын баруун талд 10 орчим километр оршино. 1974 оноос хойш тухайн хагарлын орчимд магнитуд 4-тэй таван удаагийн, магнитуд 5.4-тэй нэг удаагийн хөдлөлүүд ООГХ-ын станцуудад бичигдсэн байдаг. Өндөр нарийвчлалтай сансрын зургууд, соронзон зураглал, геоморфологи болон трэнчийн судалгаа зэргийг хослуулан судалсны үндсэн дээр хагарлын дагууд нарийвчилсан морфотектоник зураглал хийгдсэн [22, 7-8].

IV. ГЕОРАДАРЫН ХЭМЖИЛТ, МЭДЭЭЛЭЛ БОЛОВСРУУЛАЛТ

А. Георадарын хэмжилт

Бид 2008-2012 оны хооронд Хустай, Эмээлт болон Гүнж, Авдар, Шархай зэрэг хагарлууд дээр нарийвчилсан судалгааны

ажлууд гүйцэтгэсэн бөгөөд Сонгино хагарлыг 2012 онд илрүүлэн 2013 онд нарийвчилсан судалгааны ажил хийж гүйцэтгэсэн.



Зураг 3. Сонгино хагарал орчмын 2009 оны сансрын зураг (улаан шугам – 2013 оны 06 сард георадарын 250 МГц болон 500 МГц антенүүдээр гүйцэтгэсэн хэмжилтийн зарим хөндлөн огтлолуудын байрлал, цагаан дөрвөлжин нь 2013 оны 08 сард ухсан тренчийн байрлал, цэнхэр шулуун нь тренч ухах үед 500 МГц антенаар тренчийн хананд хамгийн ойр хийгдсэн хөндлөн огтлолын байрлал)

2013 оны 6 сард ШУА-ийн Одон Орон Геофизикийн Хүрээлэнгийн судалгааны баг, Франц улсын Страсбургийн Их Сургуулийн судалгааны баг бүрэлдэхүүнтэй хамтран Сонгино хагарал дээр геологийн маршрутын судалгаа хийж георадарын хэмжилт хийх цэгүүдийг тодорхойлсон бөгөөд улмаар хагарлын геометрийг тодорхойлж болохуйц 3 хэсэг дээр георадарын хэмжилтүүдийг хийж гүйцэтгэсэн. Энэхүү георадарын хэмжилтийг бид 250 МГц болон 500 МГц –ийн хамгаалагдсан антенүүдээр гүйцэтгэсэн ба мөн 50 МГц – ийн хамгаалагдаагүй антенаар зарим хэмжилтийг хийж гүйцэтгэсэн. Хагарлын геометрийг тодорхойлох улмаар тренч ухах оновчтой байрлалыг тогтоох үүднээс хагарлын мөргөцөгт перпендикуляр болон параллель чиглэлүүдээр хөндлөн огтлолуудаа сонгосон.

Георадарын хээрийн хэмжилтийн мэдээлэл цуглуулалтыг MALA брэндийн иж бүрэн төхөөрөмжүүдийг өөрийнх нь программ хангамж болох RAMAC Groundvision2 программ хангамжийн хамтаар ашиглан гүйцэтгэдэг. Энэ программ нь RAMAC Groundvision прорамм хангамжийн сүүлийн хувилбар бөгөөд параллель портуудаар холбогддог контроллерийн дараачийн дэвшилтэт технологи болох өндөр хурдтай

сүлжээний интерфейст (LAN) зориулагдсан программ хангамж юм. Хэмжилт хийхэд хамгийн чухал параметрийн нэг нь триггер интервал буюу хэмжилтийг гүйцэтгэх алхам бөгөөд үүнийг 250 МГц антены хувьд 5 см, 500 МГц антены хувьд 2 см – ээр сонгож хэмжилтээ гүйцэтгэсэн.

Георадарын мэдээлэл цуглуулалтад шаардлагатай орчний хүчин зүйлүүд нь хөрсний чийгшил харьцангуй бага, орчны температур -20°C - ээс $+50^{\circ}\text{C}$ (-4°F -ээс $+122^{\circ}\text{F}$) байх шаардлагатай [16] боловч бидний хэмжилт хийх хугацаанд зарим өдөр нь бороотой байсан ба бидний төлөвлөсөн хугацаа давчуу байсан учир зарим хэмжилтийг бороо орсны дараа өдөр нь хийсэн.

Георадарын хөндлөн огтлолууд тус бүр дээр өндөр нарийвчлал бүхий дифференциал GPS систем ашиглан топографыг хэмжиж зохих боловсруулалтан дээр нь оруулан нэгтгэж өгдөг.

В. Георадарын мэдээлэл боловсруулалт

Георадарын зураглалын мэдээллийн анхан шатны боловсруулалтыг RAMAC Groundvision2 программ хангамж дээр хийж болдог бөгөөд уг программ дээр AGC фильтр, DC фильтр, FIR фильтр, HFIR фильтр, Time Gain фильтр зэрэг стандарт филтэрүүдийн сан байдаг. Энэ нь зөвхөн хэмжилт хийх явцын зураглалыг тодотгон харах зориулалттай болно.

Иймээс бид Георадарын бүх хэмжилтийн мэдээллийг MATLAB дээр бичигдсэн хэсэгчилсэн программ хангамжыг ашиглан гүйцэтгэдэг [9] RadLab гэдэг программ хангамжаар боловсруулсан. Уг программ хангамжийг Франц улсын Страсбург хотын Их Сургуулийн (EOST) хамт олон боловсруулсан бөгөөд бид хамтын ажиллагааныхаа хүрээнд уг программ хангамжийг чөлөөтэй ашиглаж байгаа болно. RadLab программ нь Георадарын RD3, CGG, SEG Y, DT1, DZT зэрэг бүх төрлийн мэдээллийг уншиж оруулах боломжтой бөгөөд бүх төрлийн фильтр хийж, хурд болон давхаргыг загварчилах топографын мэдээллийг оруулан засвар хийх, мөн 3 хэмжээст зураглал хийх зэрэг олон функцуудтай юм.

Георадарын хэмжилтийн мэдээлэлдээ дараахи боловсруулалтуудыг хийж үр дүнгийн зураглалаа гаргаж авлаа. Үүнд бид холбогдох

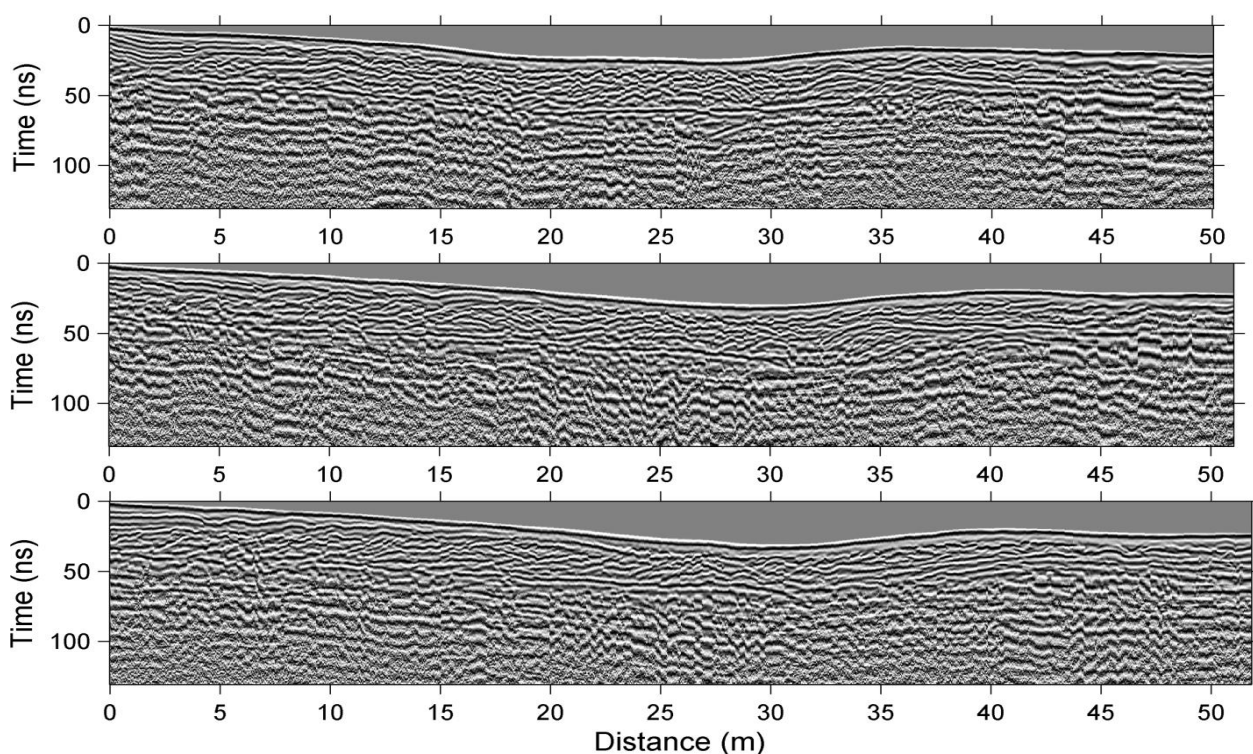
нийтлэг боловсруулалтын арга техникийг ашигласан ба боловсруулалтын дарааллын хувьд эхлээд хугацааны эхний түвшинг тохируулах тогтмол шилжилт (constant shift), маш бага давтамжуудын гажлыг арилгах DC фильтр, газрын гадаргуу болон хамгаалагдсан антенний хамгаалалт хоёрын хооронд үүсэх эмх замбараагүй олон давталтат ойлтын шуугианыг арилгах давхар ойлтуудын фильтр (flat reflections filter), хугацаанаас хамаарсан өсгөлтийн функц (time varying gain function) ба давтамжийн филтэрүүд (bandpass filter) зэрэг орно.

Байр зүйн хэмжилтийн мэдээллийг боловсруулан хөндлөн огтлол тус бүр дээр байр

зүйн файлуудыг бэлдсэний дараа боловсруулалтын эцсийн шат болох тофо завсарыг хийж улмаар Kirchhoff migration [17, 14, 6] анализыг хийдэг бөгөөд хөндлөн огтлол бүрийн байр зүйн шилжилтийн тооцоонд тогтмол хурд хэрэглэсэн.

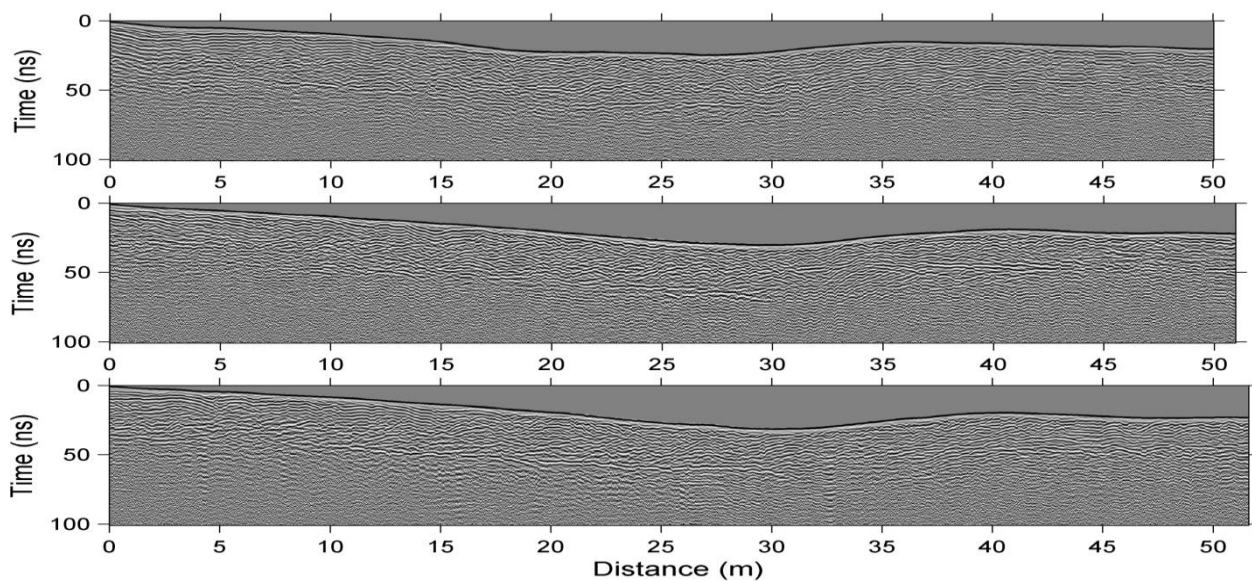
V. ГЕОРАДАРЫН ЗУРАГЛАЛЫН ҮР ДҮН, ТАЙЛАЛ

Георадарын зураглалын үр дүнд тайлал хийхдээ ялгаатай үе давхаргуудын зааг болон долгионы ойлт, хугарал, замхрал, гажилт өгч байгаа хэсгүүдэд анализ хийж түүнийгээ тухайн газрын геологийн бүтэцтэй харьцуулан эцсийн дүгнэлт хийдэг [3].



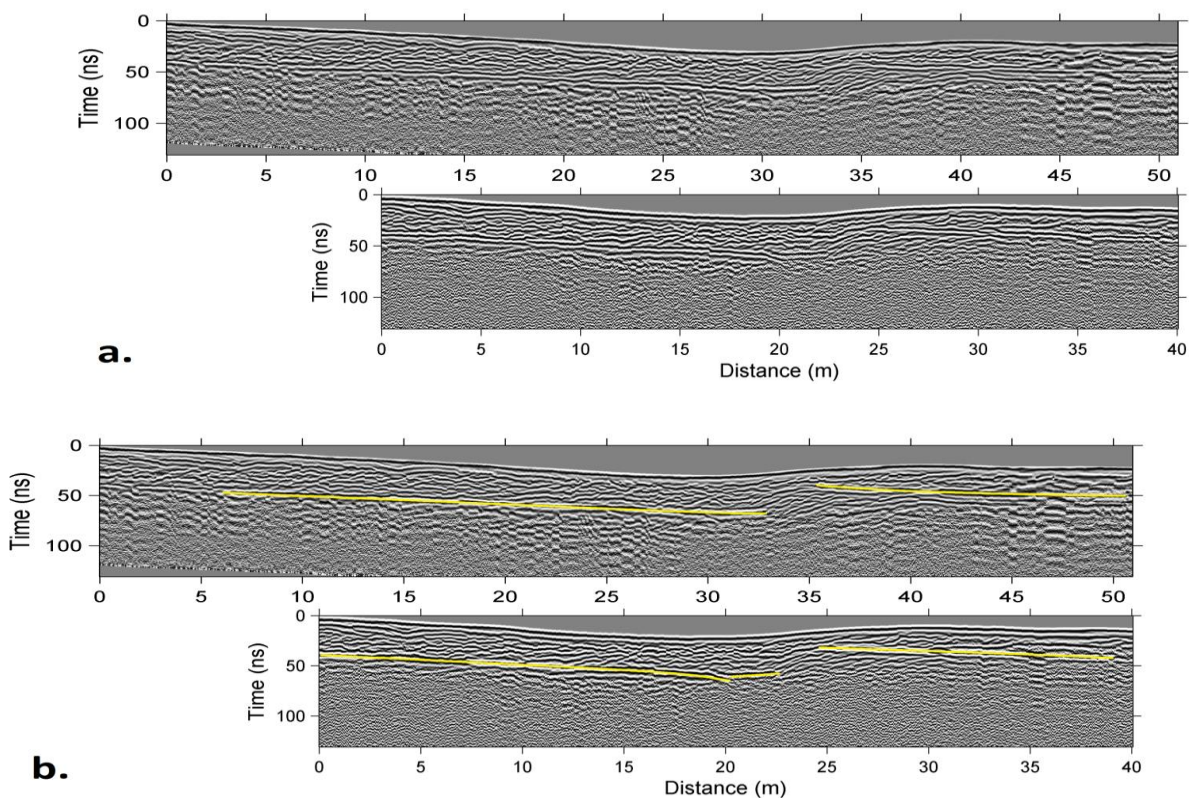
Зураг 4. Хоорондоо 2 м-ийн зайтай 3 параллель хөндлөн огтлолууд дээр хийгдсэн георадарын 250 МГц-ийн антенний зураглал.

Дээд тал Р2-хөндлөн огтлол, дунд талд Р3-хөндлөн огтлол, доод талд Р4-хөндлөн огтлолууд тус тус байна. Байрлалыг Зураг 3 дээр харуулсан. Энэ хэмжилтүүд нь бороо орсны дараа өдөр нь хийгдсэн учир зураглалын чанар, нарийвчлал муу байгаа болно.



Зураг 5. Зураг 4-д үзүүлсэн 3 параллель хөндлөн огтлолын дагуу хийгдсэн георадарын 500 МГц-ийн антений зураглал

Дээд тал Р2-хөндлөн огтлол, дунд талд Р3-хөндлөн огтлол, доод талд Р4-хөндлөн огтлолууд тус тус байна. Байрлалыг Зураг 3 дээр харуулсан.



Зураг 6. Р3 болон Р4 хөндлөн огтлолуудын 250 МГц антений зураглал. (Байрлалыг Зураг 3-д харуулсан. (а) Георадарын үр дүнгийн зураглал, (б) Георадарын тайлал хийсэн зураглал, шар шугамуудаар үе давхаргуудын хил заагыг тодруулан харуулсан)

Георадарын судалгааны арга нь хагарлын шилжилт ба бусад параметруудийг тодорхойлох, далдлагдсан хуучин суваг, жалгыг зураглах зэрэгт маш сайн үр дүнтэй арга юм. Зураг 4-6 дээр үзүүлсэн бүх хэмжилтүүд нь 2013 оны 6 сард хийж гүйцэтгэсэн хээрийн ажлын үр дүн бөгөөд Зураг 4 дээр үзүүлсэн 250 МГц антений 3 хөндлөн огтлолуудын хэмжилтийг бороо орсны дараа өдөр хийсэн. Харин Зураг 5 дээр үзүүлсэн 500 МГц антений 3 хөндлөн огтлолууд болон Зураг 6 дээр үзүүлсэн 250 МГц антений 2 огтлолын доод талынх нь буюу богино хөндлөн огтлолын хэмжилтүүдийг бороо орохоос өмнөх өдөр хийж гүйцэтгэсэн. Мөн Зураг 6 дээр үзүүлсэн 250 МГц антений 2 огтлолын дээд талынх нь буюу урт хөндлөн огтлолын хэмжилтийг бороо орсноос хойш 2 өдрийн дараа хийж гүйцэтгэсэн. Эдгээр үр дүнгийн зураглалуудаас бороо орхоос өмнө хийгдсэн хэмжилтийн зураглалууд илүү чанартай тод ялгаралтай харин бороо орсноос хойш хийгдсэн хэмжилтүүдийн зураглал чанар муу байгааг хялбархан харж болхоор байна.

Зураг 6(а) дээр үзүүлсэн P3 болон P4 хөндлөн огтлолуудын 250 МГц антений үр дүнгийн зураглал дээр хүчтэй ойлт бүхий 2 үе давхаргын хил зааг тод ялгаран зураглагдсан байгаа ба хагарлын босоо шилжилтийн параметрууд тод зураглагдан гарсан байна. Зураг 6(б) дээр үзүүлсэн P3 болон P4 хөндлөн огтлолуудын үр дүнгийн тайллаас тодорхойлсноор Сонгино хагарлын энэхүү хэсэг дээрхи босоо шилжилтийн утга 1.4-1.5 м болох нь тогтоогдсон.

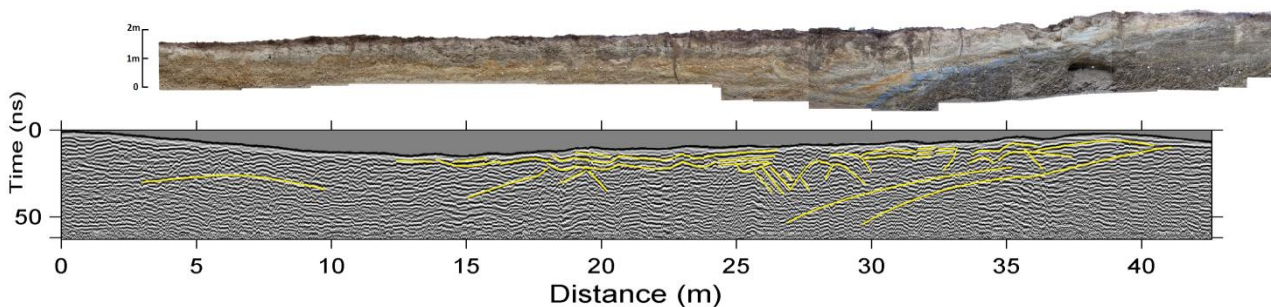
VI. ДҮГНЭЛТ

Хүчтэй газар хөдлөлийн дараа удаан хугацааны элэгдэл хувирлийн явцад хагарлын хөрсөн дээрхи эвдрэл цуурлууд болон ул мөр нь аажмаар арилж тэгшрэн ялгаж танихад хүнд хэцүү болсон байдаг. Иймэрхүү далд нуугдмал бүтцийг илрүүлж тодруулах, нарийвчлан судлаж зураглахад орчин үеийн өндөр, дэвшилтэт электрон техникийн эрчимтэй хөгжил бидэнд санаанд оромгүй шинэ боломж бололцоонуудыг нээн гаргаж өгсөөр байна. Үүний нэг жишээ бол Сонгино хагарал дээр хийгдсэн дээрхи судалгааны ажил бөгөөд үүнд орчин үеийн геологи, геофизикийн судалгааны дэвшилтэт технологи болох хиймэл дагуулын зураглал, георадарын зураглал, дифференциал GPS систем, компьютерт суурилсан тоон боловсруулалт зэрэг дэвшилтэт технологиудыг ашигласан.

Энэ судалгааны ажлын үр дүнгээс дүгнэхэд георадарын тандалт судалгаа нь идэвхтэй хагарлын параметруудийг тодорхойлоход өндөр үр дүнтэй болох нь батлагдаж байна.

Геологийн судалгааны тренч ухах оновчтой байрлалыг олж, ажлаа нарийн төлөвлөх, гүйцэтгэхэд мөн адил өндөр үр ашигтай болох нь харагдаж байгаа болно.

Түүнчлэн георадарын судалгааны аргачлал нь палеосейсмологийн шинжилгээ судалгаанд илүү өргөн дэлгэр хэрэглэгдэх бололцоотойг нотлон харуулсан.



Зураг 7. Тренчийн фото мозайкийн зургыг түүнээс 2 м зайтай, параллель хэмжилтийн хөндлөн огтлолын зураглалтай харьцуулан зарим тайлал хийн, шар шугамуудаар үе давхаргуудын болон илт ялгарах бүтцүүдийн хил заагыг тодруулан харуулсан байдал

Георадарын 250 МГц болон 500 МГц антений Сонгино хагарал дээрхи хэмжилтийн үр дүнгээр тодорхойлсноор хагарлын геометрийн үндсэн гол параметр болох босоо шилжилт нь 1.4-1.5 м хооронд байна.

Мөн георадарын зураглалын чанрыг сайжруулах үүднээс георадарийн цахилгаан соронзон долгионы тархалтад хөрсний чийгшлийн хувь хэмжээ хэрхэн нөлөөлөх талаар илүү нарийвчилсан дэлгэрэнгүй судалгаа хийж хээрийн хэмжилтийн тодорхой аргачлал боловсруулах шаардлагатай нь энэхүү ажлын үр дүнгээс илт харагдаж байна.

VII. ЦААШИД ГАРАХ ҮР ДҮН

Бидний энэ судалгааны ажлын үр дүнгээс танилцуулах илтгэлд Сонгино хагарлын зөвхөн урьдчилсан үр дүнгүүдээс толилуулсан ба илүү нарийвчилсан судалгааны ажил цаашид үргэлжлэн хийгдэж байгаа учраас дараа дараачийн судалгааны илтгэл, эрдэм шинжилгээний бүтээлүүддээ бид илүү дэлгэрүүлэн танилцуулж явах болно. Сонгино хагарлын судалгааны ажлын хүрээнд бидний цаашид хийж гүйцэтгэх болон танилцуулах ажлын үр дүнгээс дурдвал:

Георадарын дээд зэргийн чанартай 3 хэмжээст зураглалыг өндөр нарийвчлал, нягтралтай гадаргуугын топографийн дүрслэлтэй нэгтгэн гаргана.

Мөн хагарлын нэг чухал параметр болох хэвтээ шилжилтийн утгыг георадарын зураглалаар судлан тодорхойлно.

Георадарын судалгааны зураглалын үр дүнгээр тодорхойлогдсон Сонгино хагарлын зарим сонирхолтой бүтэц бүхий хэсгүүдэд бага хэмжээний нэмэлт тренч эсвэл шурф ухаж тайлал хийнэ.

Георадарын цахилгаан соронзон долгионы тархалт буюу хэмжилтийн үр дүнгийн зураглалд хөрсний чийгшлийн хувь хэмжээ хэрхэн нөлөөлж байгааг хөрсний чийгшил, цахилгаан дамжуулалт тодорхойлдог төхөөрөмжийн тусламжтай нарийвчлан судлаж харьцуулсан дүгнэлт гаргахаар төлөвлөж байгаа болно.

ТАЛАРХАЛ

Сонгино хагарлын нарийвчилсан судалгааны ажлыг санхүүжүүлсэн ШУА-ийн Одон Орон Геофизикийн Хүрээлэнгийн захиргаа болон Улаанбаатар хотын аюулын үнэлгээний төслийн удирдагч Доктор Ч.Одонбаатар нарт талархаж буйгаа илэрхийлье!

Мөн тус судалгааны ажлыг хамтран гүйцэтгэсэн Франц улсын Страсбургийн Их Сургуулийн баг бүрэлдэхүүнд, ШУА-ийн Одон Орон Геофизикийн Хүрээлэнгийн судалгааны баг бүрэлдэхүүнд, эдгээрийн дотроос георадарын хэмжилтэнд чин сэтгэлээсээ туслан оролцсон жолооч Б.Золбоотыг онцлон гүнээ талархаж, цаашдын ажил хөдөлмөрт нь өндөр амжилт хүсье!

1. Beauprêtre, S. *et al.*, 2012. Finding the buried record of past earthquakes with GPR based palaeoseismology: a case study on the Hope fault, New Zealand, *Geophys. J. Int.*, 189, 73–100.
2. Christie, M., Tsoflias, G.P., Stockli, D.F. & Black, R., 2009. Assessing fault displacement and off-fault deformation in an extensional tectonic setting using 3-D ground-penetrating radar imaging, *J. appl. Geophys.*, 68, 9–16.
3. Davis, J.L. & Annan, A.P., 1989. Ground-penetrating radar for high resolution mapping of soil and rock stratigraphy, *Geophys. Prospect.*, 37, 531–551.

4. Dentith, M., O'Neill, A. & Clark, D., 2010. Ground penetrating radar as a means of studying palaeofault scarps in a deeply weathered terrain, southwestern Western Australia, *J. appl. Geophys.*, 72, 92–101.
5. Dugarmaa, T. *et al.*, 2006. Seismic hazard assessment of Ulaanbaatar, capital of MONGOLIA. Seismic micro zoning map, *Report of Research Center of Astronomy and Geophysics*, 156 p.
6. Dujardin, J.-R. & Bano, M., 2013. Topographic migration of GPR data: examples from Chad and Mongolia, *C. R. Geosci.*, 345, 73–80.

7. Ferry, M., Meghraoui, M., Girard, J.-F., Rockwell, T.K., Kozaci, O., Akyuz, S. & Barka, A., 2004. Ground-penetrating radar investigations along the North Anatolian fault near Izmit, Turkey: constraints on the right-lateral movement and slip history, *Geol. Soc. Am.*, 32, 85–88.
8. Ferry, M., Schlupp, A., Ulzibat, M *et al.*, 2010. Tectonic Geomorphology of the Hustai Range Fault System (Mongolia): Implications for Regional Geodynamics and Seismic Hazard,
9. Girard, J.F., 2002. *Imagerie g eoradar et mod elisation des diffractions multiples*, PhD thesis, Universit e Louis Pasteur, Strasbourg-I.
10. Gross, R., Holliger, K., Green, A.G. & Begg, J.H., 2000. 3D ground penetrating radar applied to paleoseismology: examples from the Wellington Fault, New Zealand, in *Proceedings of the 8th International Conference on Ground Penetrating Radar*, Proc. SPIE, Vol. 4084, eds Noon, D.A., Stickley, G.F. & Longstaff, D., SPIE, Bellingham, WA, pp. 478–481.
11. Gross, R., Green, A.G., Holliger, K., Horstmeyer, H. & Baldwin, J., 2002. Shallow geometry and displacements on the San Andreas Fault near point arena based on trenching and 3D georadar surveying, *Geophys. Res. Lett.*, 29(20), 1973–1977.
12. Gross, R., Green, A., Horstmeyer, H. & Holliger, K., 2003. 3D georadar images of an active fault: efficient data acquisition, processing and interpretation strategies, *Subsurf. Sens. Technol. Appl.*, 4, 19–40.
13. Gross, R., Green, A.G., Horstmeyer, H. & Begg, J.H., 2004. Location and geometry of the Wellington Fault (New Zealand) defined by detailed three-dimensional georadar data, *J. geophys. Res.*, 109, B05401, doi:10.1029/2003JB002615.
14. Heincke, B., Green, A.G., van der Kruk, J. & Horstmeyer, H., 2005. Acquisition and processing strategies for 3D georadar surveying a region characterized by rugged topography, *Geophysics*, 70, K53–K61.
15. Jol, H. M. (1995). Ground-penetrating radar antennae frequencies and transmitter powers compared for penetration depth, resolution and reflection continuity. *Geophysical Prospecting* 43, 693–709.
16. Jol, H.M., 2009. *Ground Penetrating Radar: Theory and Applications*, Elsevier Science, 525 pp.
17. Lehmann, F. & Green, A.G., 2000. Topographic migration of georadar data: implications for acquisition and processing, *Geophysics*, 65(3), 836–848.
18. Malik, J.N., Sahoo, A.K. & Shah, A.A, 2007. Ground penetrating radar investigation along Pinjore Garden Fault: implication toward identification of shallow sub-surface deformation along active fault, NW Himalaya, *Curr. Sci.*, 93(10), 1427–1442.
19. McClymont, A.F. *et al.*, 2008a. Visualization of active faults using geometric attributes of 3D GPR data: an example from the Alpine Fault Zone, New Zealand, *Geophysics*, 73, B11–B23.
20. McClymont, A.F., Green, A.G., Villamor, P., Hortsmeier, H., Grass, C. & Nobes, D.C., 2008b. Characterization of the shallow structures of active fault zones using 3D ground penetrating radar data, *J. geophys. Res.*, 113, B10315, doi:10.1029/2007JB005402.
21. McClymont, A.F., Green, A.G., Kaiser, A., Horstmeyer, H. & Langridge, R.M., 2010. Shallow fault segmentation of the Alpine fault zone, New Zealand, revealed from 2- and 3-D GPR surveying, *J. appl. Geophys.*, 70(4), 343–354.
22. Schlupp, A. *et al.*, 2012. Investigation of active faults near Ulaanbaatar. Implication for seismic hazard assesment, in *Proceedings of the 9th General Assembly of Asian Seismological Commission*, Extended Abstract, Ulaanbaatar, pp. 265–267.
23. Tronicke, J., Vilamor, P. & Green, A.G., 2004. Estimating vertical displacement within the NgakuruGraben, New Zealand, using 2D and 3D georadar, in *Proceedings of the 10th International Conference on Ground Penetrating Radar*, Delft, the Netherlands.
24. Yalciner, C.C., Altunel, E., Bano, M., Meghraoui, M., Karabacak, V. & Serdar, H.A., 2013. Application of GPR to normal faults in the B uy uk MenderesGraben, Western Turkey, *J. Geodyn.*, 65, 218–227.

Гильберт-Хуангийн Хувиргалт ба Бодит Агууламжаар Задлах (нэгэн шинэ аргын тухай)

Ү.Сүхбаатар¹, Э.Батмагнай¹

1 - ШУА. Одон орон геофизикийн хүрээлэн

sukhbaatar_y@yahoo.com

I. УДИРТГАЛ

Геофизикийн судалгаанд өргөн ашиглагддаг потенциал орны нэг гол шинж чанар нь орон нутгийн (регионал) ба газар нутгийн (локал) гаж гэж ялган салгаж болдогт оршдог. Регионал гаж нь далайц ихтэй, харьцангуй өргөн уудам газар нутгийг хамрах боловч үүсгэгч нь дундач гүнд байрлах учир хэвтээ чигийн өөрчлөлт (градиент) багатайгаараа ялгарна. Локал гаж нь үүнийхээ эсрэг. Гаж орныг ялган салгах янз бүрийн арга байхаас орчин үед Фурье хувиргалт болон вайвлет аргыг өргөн хэрэглэж байна. Фурьегийн түргэн хувиргалт (FTX-FFT) нь шугаман ба тогтвортой (стационар) дохиог (сигнал) боловсруулахад зохицсон бол вайвлет, Вагнер-Виллын тархалт нь нэг талаас тогтворгүй дохиог боловсруулахад хангалттай боловч шугаман бус мэдээлэл боловсруулахад тохиромж муутай (Hassan and Pierce, 2008). Өргөн дэлгэр хэрэглэгддэг олон гишүүнтээр (полиномоор) дөхөх, гүйдэг дундач, үүсгэгчээс нь дээш ба доош үргэлжлүүлэх, долгионы уртаар шүүх зэрэг аргууд хэрэглэгдсээр байна.

Гэвч геофизикийн мэдээлэл нь өөрөө шугаман бус, тогтворгүй учраас дээр дурьдсан аргуудаар ялган авсан гаж нь анхны дөхөлт болгон авсан параметруудээс ихээхэн хамаардаг. Ер нь бодит физик системийн гаргаж байгаа мэдээлэл нь үнэн хэрэг дээрээ шугаман бус, тогтворгүй мэдээлэл байдаг бөгөөд мэдээлэлийг боловсруулах аргаа заавал нэг хялбаршуулсан хэлбэртэй юм уу эсвэл өөрсдийн дураар сонгосон суурь дээр үндэслэж хийж гүйцэтгэдэг. Тогтворгүй, шугаман бус

мэдээлэлийг бодитой боловсруулах нэг үндэс нь мэдээлэлд өөрт нь байгаа шинж чанараас

улбаалсан дасан зохицох суурь (адаптив базис) гарган авч ашиглах явдал юм. Чухамхүү ийм хандлага бидний энэ авч үзэх аргын үндэс болсон юм.

Сүүлийн жилүүдэд эртний танил Гильбертын спектр арга (ГСА), шинэ тутам хөгжиж байгаа бодит агууламжаар нь задлах (БАЗ-EMD) арга хоёрыг хамтруулан НАСА-ийн өмчлөлд байгаа Гильберт-Хуангийн хөрвүүлэлт (ГХХ) гэсэн арга гарган авсан нь мэдээлэл боловсруулах арга зүйд шинэ дэг жаягийг тогтоож байна. Гильберт-Хуангийн хөрвүүлэлтийн гол хэсэг болох бодит агууламжаар нь задлах (БАЗ) арга нь мэдээлэлийг хувирашгүй хэсэг ба цөөн тооны дотоод агууламжийн функц (ДАФ-IMF)–уудын нийлбэр байдлаар илэрхийлдэгт оршино [3].

II. БОДИТ АГУУЛАМЖААР НЬ ЗАДЛАХ (БАЗ)

Бодит агууламжаар задлах (Empirical Mode Decomposition-EMD) гэдэг нь дохиог бодит агууламж гэсэн нэр бүхий функци-д задлах арга юм. Энэхүү арга нь тасралтгүй үргэлжилсэн ба дискрет өгөгдсөн мэдээлэлийг бодит агууламжаар нь буюу дотоод агууламжийн функц (intrinsic mode functions- IMF) –иар нь дөхүүлэн тооцоолох арга юм [1,3].

Бидний гарган авч байгаа бүх л мэдээлэл нь янз бүрийн өөрийн дотоод хэлбэлзлээс тогтоно гэдгийг үндэс болгож байгаа бөгөөд

үүнийг дотоод агууламжийн функц (ДАФ) гэж нэрлэнэ. Задлах арга нь цаг хугацааны дурын агшинд бие биетэйгээ давхцсан, харилцан оршин тогтногч хэлбэлзэлүүдийн өөрөөр хэлбэл ДАФ-уудын нийлбэрийг олно гэсэн үг. Шугаман ба шугаман бус хэлбэлзэл бүхэн нь экстремум бүхий ба тэг түвшнийг хэрчсэн агууламжийн функц байх бөгөөд тухайлсан дундач утгын хувьд тодорхой тэгш хэмтэй байдаг.

Бодит агууламж гэдэгт доорх шинж бүхий функцийг ойлгоно. Үүнд:

1. Функцийн экстремум (максимум ба минимум)-ын тоо бо тэг түвшинг хэрчиж буй тоо хоёр нэгээс илүү ялгаатай байж болохгүй.
2. Дурын цэгт тухайн максимум ба минимумын утгуудаар байгуулсан бүрхэгч муруйнуудын утгын дундач нь тэг байна.

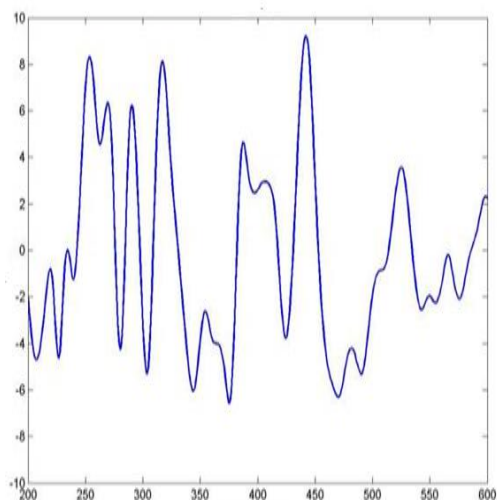
Дотоод агууламжийн функц (ДАФ-IMF) нь тогтмол далайц, давтамж бүхий ердийн гармоник функцийн хэлбэлзэх хэлбэр нь байж болох боловч ердийн гармоникаас ялгарах нь ДАФ цаг хугацаанаас хамаарсан хувирагч далайц ба давтамжтай байж болдогт оршдог. Доор өгүүлэх аргыг хэрэглэн дурын функц ба дурын мэдээлэлийг ДАФ-ийн бүлд задалж болно.

$x(t)$ гэсэн дурын дохио (сигнал) өгөгдсөн гэж үзье. БАЗ аргын зорилго нь $c_j(t)$ гэсэн ДАФ ба $r_j(t)=r_{j-1}(t)-c_j(t)$ гэсэн ялгаварыг тооцоолоход оршдог. Энд $j=1,2,3, \dots, n$ ба $r_0=x(t)$. Үүний дүнд өгөгдсөн дохиог дотоод агууламжийн функцийн нийлбэр ба эцсийн үлдэгдэл байдлаар бичиж болно.

$$x(t) = \sum_{j=1}^n c_j(t) + r_n(t)$$

энд n -нь тооцоололын явцад тодорхойлогдох дотоод агууламжийн функц (ДАФ)-ийн тоо.

ДАФ бодох алгоритмыг доорх зурагнуудаас амархан ойлгох болно.



Зураг 1. Дотоод агууламжаар задлах (ДАЗ) арга турших мэдээлэл

Нэгдүгээр алхам

Өгөгдсөн мэдээлэл $x(t)$ -ийн бүх локал экстремумын утгыг харгалзах хугацааны хамт олно.

Хоёрдугаар алхам

Куб сплайнаар (эсвэл өөр аргаар) максимум ба минимум утгуудыг Зураг 2-д үзүүлсэн шиг бүрхэгч муруйгаар (ногоон муруй) холбож эдгээр муруйнуудын дундач утга $m_1(t)$ -ийг олно (улаан муруй). Дохио $x(t)$ ба функц $m_1(t)$ хоёрын ялгаварыг нэгдүгээр ДАФ-ийн эхний дөхөлт буюу хэрчих үйлдлийг тодорхойлогч гэж нэрлэж доорх байдлаар бичье

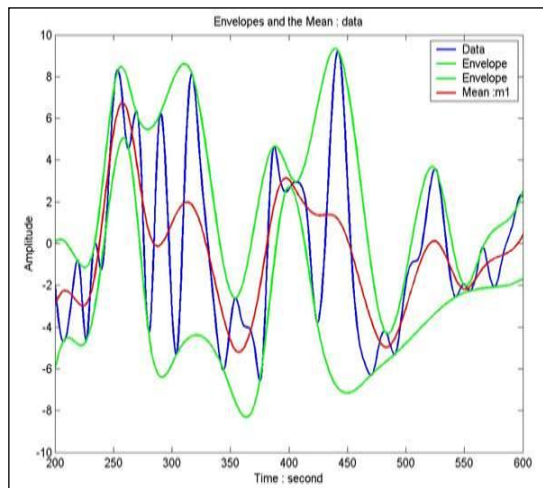
$$h_1(t) = x(t) - m_1(t). \quad (1)$$

Гуравдугаар алхам

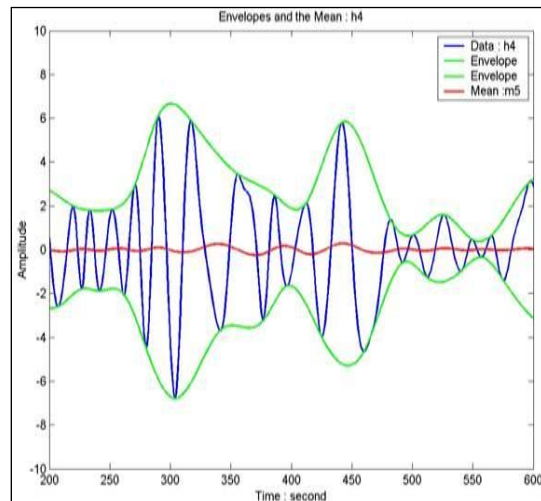
$x(t)$ дохионы оронд $h_1(t)$ функцийг авч нэг ба хоёрдугаар алхамыг давтан хийж ДАФ-ийн хоёрдах дөхөлтийг олж Зураг 3 дээр үзүүлсэн хэрчигч үйлдлийг тодорхойлогч - $h_2(t)$ функцийг

$$h_2(t) = h_1(t) - m_2(t) \quad (2)$$

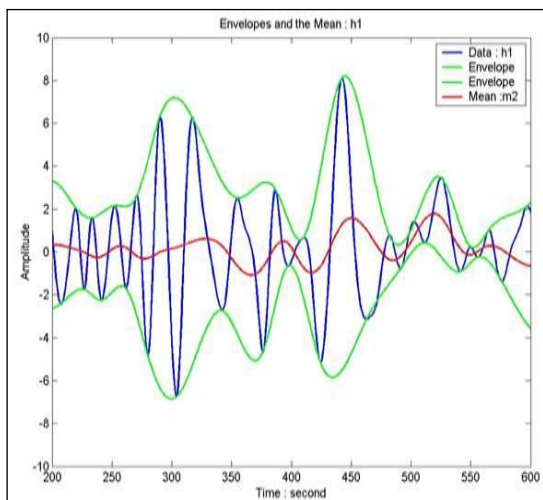
ГЭЖ ОЛНО.



Зураг 2. Бүрхэгч муруйнууд ба дундач утгуудын функц $m_1(t)$.



Зураг 4. Бүрхэгч муруйнууд ба дундач утгуудын функц



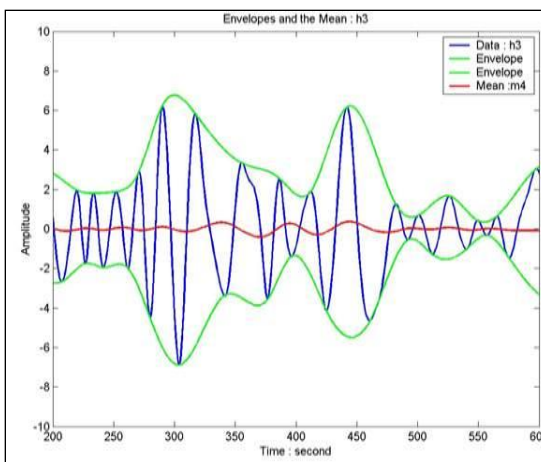
Зураг 3. Бүрхэгч муруйнууд ба дундач утгуудын функц $m_2(t)$.

Цаашидын алхамууд

Дээрхи алхамууд дараалан хийгдэнэ өөрөөр хэлбэл ДАФ-ийн нэгдүгээр функцийг олох дөхөлтүүд давтагдан хийгдэнэ.

$$h_k(t) = h_{(k-1)}(t) - m_k(t), \quad (3)$$

Зураг 4 ба Зураг 5 дээр дараагийн дөхөлтүүдийг харуулав.



$m_3(t)$.

Зураг 5. Бүрхэгч муруйнууд ба дундач утгуудын функц $m_4(t)$.

$m_i(t)$ – функцийг олох дөхөлтийн тоо ихсэхийн хирээр $m_i(t)$ – функц нь $h_i(t)$ функц шиг хэлбэр нь өөрчлөгдөхгүй болж ирнэ. Дөхөлтийг зогсоох S,SD гэсэн хоёр арга байдаг. Эхний нилээн эртний SD (1998 он) гэгдэх арга нь дараалсан хоёр хэрчих үйлдлийн ялгаваруудын квадратын нормчлогдсон утгыг тогтоосон босгонд (SD_{min}) хүрмэгц зогсоодог. Үүнийг доорх томъёогоор илэхийлэн бичиж болно.

$$SD_k = \frac{\sum_{t=0}^T |h_{k-1}(t) - h_k(t)|^2}{\sum_{t=0}^T h_{k-1}^2}$$

Энэхүү арга нь судлаж буй мэдээлэлийн физик утгаас нь хамааруулан $h_i(t)$ функцийг янз бүрийн хэлбэрт тохируулан дөхөх утгын босгыг тогтооход төвөгтэй байдаг муу талтай.

Хоёр дахь арга S-нь мэдээлэлийн экстремумын тоо ба $h_s(t)$ функцийг тэг төвшинийг огтлох тоо өмнөх дөхөлтийнхээсээ өөрчлөгдөхгүй байгаагаар тодорхойлогддог. Туршлагаас харахад зохистой хэрчихийн тулд S-ийн утга 4-өөс 8-ын хооронд байх ёстой.

$h_k(t)$ функцийг сүүлчийн дөхөлтийг өгөгдсөн мэдээлэл $x(t)$ -г бүрэлдүүлэхэд шууд оролцдог дотоод агууламжийн функц (ДАФ)-ийн бүлд багтах хамгийн өндөр давтамжтай функц $c_1(t) = h_k(t)$ гэж үзэх ба энэ нь $c_1(t)$ –г анхны өгөгдсөн мэдээлэл $x(t)$ –ээс хасаж арай нам давтамжийн хэсгийг үлдээх боломжийг олгоно. (Зураг 6)

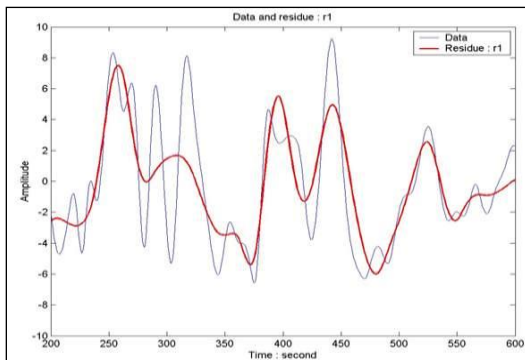
$$r_1(t) = x(t) - c_1(t). \quad (4)$$

Үлдэгдэл функц $r_1(t)$ -г цааш нь шинэ мэдээлэл ($x(t)$) мэтээр боловсруулж дээр өгүүлсэн алхам ба дөхөлтийг гүйцэтгэж дотоод агууламжийн функц (ДАФ)-ийн бүлд багтах хоёр дахь функцийг олно.

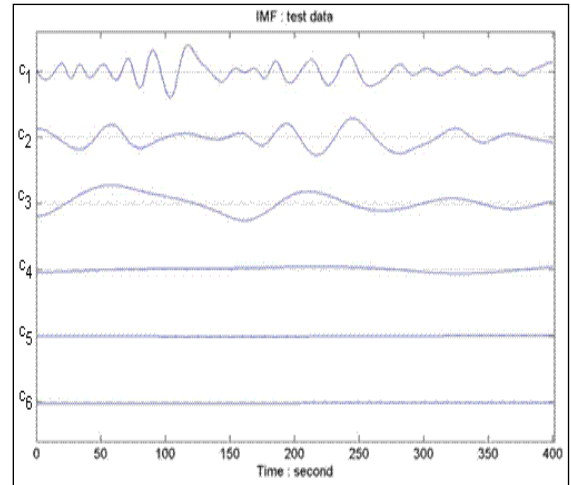
$$r_2(t) = r_1(t) - c_2(t), \quad (5)$$

Ийм байдлаар n-дөхөлтийн дараа мэдээлэлийг бодит агууламжаар задлах (ДАЗ) үйл ажиллагаа бүрэн дуусгавар болно.

$$x(t) = \sum_{j=1}^n c_j(t) + r_n(t) \quad (6)$$



Зураг 6. Анхны өгөгдсөн мэдээлэл ба үлдэгдэл $r_1(t)$



Зураг 7. Туршилтын мэдээлэлийн дотоод агууламжийн функц (ДАФ)-ууд

Задлах үйл ажиллагааг доорх шалтгаанаар зогсоож болно. Үүнд:

а. $c_n(t)$ буюу үлдэгдэл $r_n(t)$ нь мэдээлэл өгөгдсөн цаг хугацааны туршид далайцаараа буюу өгөгдсөн дохионы чадалтай харьцуулахад харьцангуй маш бага болох

б. Үлдэгдэл $r_n(t)$ монотон функц болж түүнээс ДАФ ялгах боломжгүй болох.

Дундач утга нь тэг мэдээлэлийн хувьд эцсийн үлдэгдэл тэгээс ялгаатай байж болдог. Хэрэв мэдээлэл ташилттай бол эцсийн үлдэгдлийн утга энэхүү ташилтийн утгатай тэнцүү байна. БАЗ аргыг хэрэглэхэд өгөгдсөн мэдээлэлийг төвлөрүүлж дундач утгыг тэг болгох оролдлого хийх шаардлага байхгүй. Задаргааны гишүүн бүрийн тэг шугам хэрчих явцад өөрөө олддог.

Бодит агууламжаар нь задлахад үүсэх гишүүн бүр нь физик утгатай байх ба учир нь ДАФ зөвхөн өгөгдсөн бодит мэдээлэлээр тодорхойлогддог.

Өөрөөр хэлбэл томъёо (6)-аас харахад өгөгдсөн дохио $x(t)$ –нь ямар нэг аналитик байдлаар өгөгдөөгүй гэхдээ суурь функцийг шаардлаганд нийцсэн тийм функциудаар тодорхойлогдож байна. Зөвхөн өөрийн дотоодод байгаа мэдээллийн бааз ашиглан задаргаа хийж байгаа учраас энэхүү (БАЗ) арга нь боловсруулалтын дасан зохицсон (адаптив) арга юм

III. ГИЛЬБЕРТИЙН СПЕКТР АРГА (GSA-HAS)

Дээр өгүүлсэн аргаар ялган авсан ДАФ нь физик утга нь тодорхой байх хоромхон зуурын спектр бодох боломжийг олгодог ба энэ нь Гильбертын хувиргалтанд суурилан дохиог цаг хугацаа-давтамжийн мужид тооцоолон дүрслэх үндэс болдог.

Бодит дохио $s(t)$ -ийн хувьд Гильбертын хувиргалт нь доорх интегралын гол утга (PV)-р тодорхойлогддог [2].

$$\mathcal{H}_s(t) := \frac{1}{\pi} PV \int_{-\infty}^{\infty} \frac{s(\tau)}{t-\tau} d\tau \quad (7)$$

Үүнийг доорх аналитик дохиогоор илэрхийлж болно.

$$Z(t) = s(t) + i\mathcal{H}_s(t) = a(t)e^{i\theta(t)} \quad (8)$$

$$a(t) = \sqrt{s(t)^2 + \mathcal{H}_s(t)^2}, \quad (9)$$

$$\theta(t) = \arctan\left[\frac{\mathcal{H}_s(t)}{s(t)}\right]$$

энд $a(t)$ ба $\theta(t)$ нь- t хугацаанд харгалзсан дохионы далайц ба давтамж юм. Харин хоромхон зуурын давтамжийг доорх томъёогоор олно.

$$\omega(t) = d\theta(t)/dt. \quad (10)$$

Дээр дурьдсан далайц ба хоромхон зуурын давтамж нь цаг хугацааны функц гэдгийг мартаж болохгүй. Хэрэвээ бид Гильбертын хувиргалт ашиглан дурын дохионы хувьд цаг хугацаа –давтамжийн зураглалыг гаргаж чадвал Фурье хувиргалт ба вайвлетыныхээс илүү энергийн нягтрал бүхий зураглал гарган авах боломжтой.[3] Өмнө хэрэглэгдэж байсан аргуудын үндсэн хүндрэл нь өгөгдсөн мэдээлэлээс гарган авсан хоромхон зуурын спектр нь ямар ч физик үндэслэлд харгалзахгүй тохиолдол гардаг байлаа. Ийм учир шалтгааны улмаас удаан хугацааны туршид Фурье хувиргалт болон элдэв шүүлтүүрийн аргаас салж чадахгүй байв.

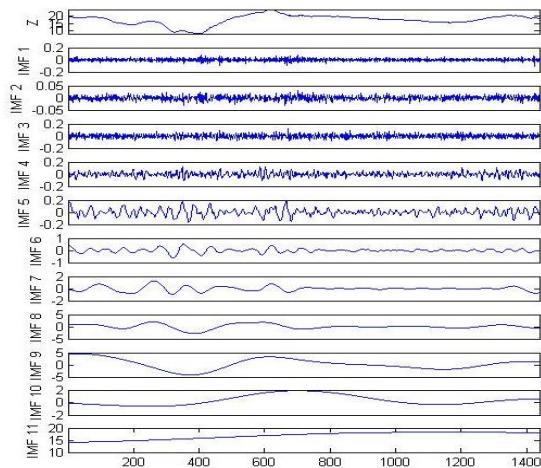
Дотоод агууламжийн функц (ДАФ)-ийн байгуулагч болгонд Гильбертын хувиргалт хийсний дараа анхдагч дохиог доорх байдлаар бодит хэлбэрээр бичиж болно.

$$x(t) = \Re\{\sum_{j=1}^n a_j(t)\exp[i \int \omega_j(t)dt]\} \quad (11)$$

Энд үлдэгдэл g_n –ийг тооцоогүй бөгөөд учир нь түүний утга эсвэл тогтмол эсвэл өсөх юм уу буурах (монотон) функц байдаг

IV. ҮР ДҮН, ТАЙЛБАР

Бид энэхүү аргыг зүгшрүүлж өөрсдийн судалгаанд өргөн ашиглах туршилтууд хийж байна. Үүний нэг жишээ болгон Улаанбаатар хотын ойролцоо Таван толгойд байгуулсан соронзон оргилд дэлхийн соронзон орны өөрчлөлтийг тасралтгүй бүртгэдэг ферросоронзон магнитометр LEMI-25–н 2013 оны 07-р сарын 30-ны өдрийн бичлэгийн Z-байгуулагчийн нэг хоногийн минутын утганд бодит агууламжаар нь задлах (БАС) арга хэрэглэн гаргаж авсан дотоод агууламжийн функц (ДАФ-INF)-уудийг Зураг 8-д үзүүлэв.

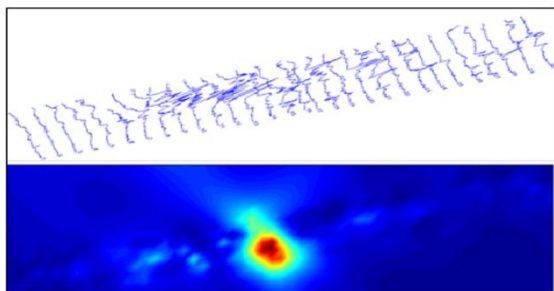


Зураг 8. Хоногийн хувьсал Z-ийн ДАФ-ууд

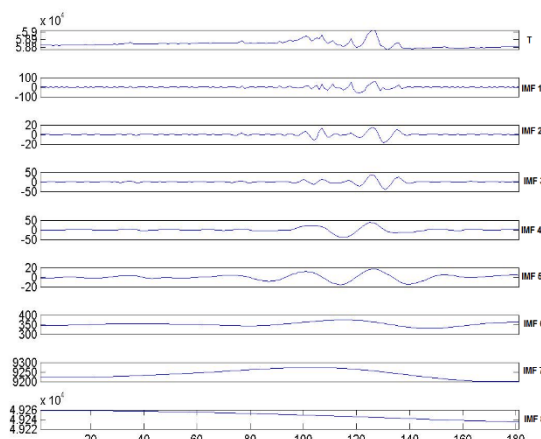
Эндээс харахад соронзон орны хоногийн бичлэг нь янз бүрийн үетэй өөрчлөлтүүдийн нийлбэр болох нь харагдаж байна. Урт үетэй вариациудын (INF 10, 9,8) зэрэгцээ богино үет өөрчлөлт сайн ялгарч байгаа нь соронзон оронд ажиглагддаг $Pi1, Pi2$ болон Pc төрлийн лугшилтуудын тархалт, үүсэх механизмыг судлах цаашид автоматаар таних зэрэг судалгааны ажилд чухал ач холбогдолтой болох нь харагдаж байна.

Чулуулаг мандлын соронзон орныг үүсгэгч биетүүд, газар хөдлөлтийн улмаас газрын гүнд үүсэх эвдрэлийг илрүүлэх, газрын гүнд орших археологийн байр байдал, эд зүйлсийг эрж хайх, зураглахад дэлхийн соронзон орны хэмжилтийг ашиглах өргөн боломжтой. Ингэхдээ соронзон орны хэмжилтийг хэд хэдэн орны нийлбэр байдлаар илэрхийлж нилээн дурын гэж болох хязгаарлалт, хялбаршуулалт хийж байж гаж орныг ялган авч үүсгүүрийн болон гүний тооцоо хийдэг.

Төв аймгийн Алтанбулаг сумын нутагт орших “Шархайн хөндий” хэмээх газарт, газар хөдлөлийн улмаас үүссэн байж болох хагаралыг соронзон хэмжилтээр зураглах боломжтой эсэхийг тодорхойлох улмаар боловсруулалтын арга зүй буй болгох зорилгоор 4x1 км талбай дээр нийт 30 шугамын дагуу хийсэн соронзон хэмжилтийн мэдээлэлийг боловсруулахад бодит агууламжаар задлах (БАЗ) аргыг туршиж үзсэн юм. Зураг 9 дээр хэмжилтийн талбайд ажиглагдсан соронзон орны үнэмлэхүй утгын график ба ялгасан газар орны (локал) гажийн зургийг үзүүлэв.

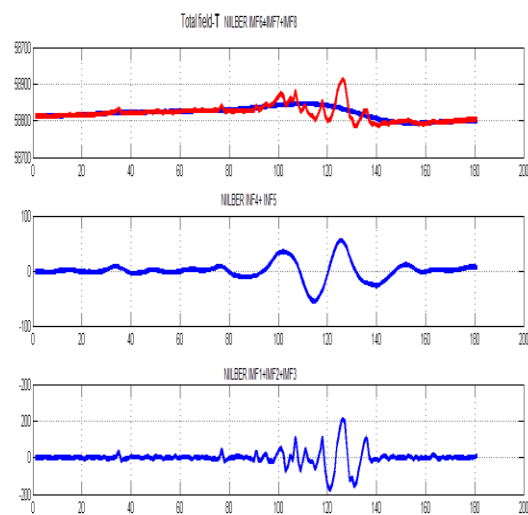


Зураг 9 Ажиглагдсан утга ба газар орны гаж [4]



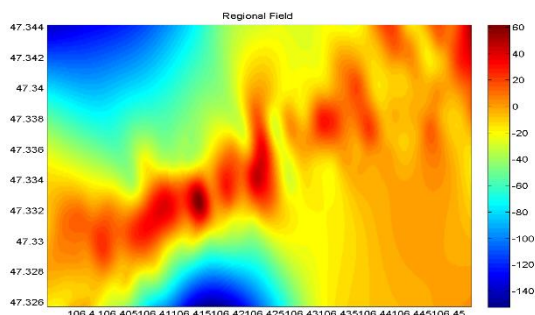
Зураг 10 Профил 10-ын утгын ДАФ-ууд

Зураг 10 дээр 10-р шугамын дагуу ажиглагдсан утгыг бодит агууламжаар задлах (БАЗ) аргаар задалж дотоод агууламжийн функц(ДАФ)-уудыг тодорхойлсоныг үзүүлэв.

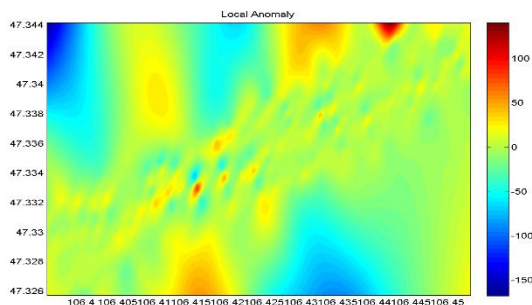


Зураг 11 Орон нутгийн (регионал) ба газар орны (локал) гаж орон

11-р зургийн дээд хэсэгт ажиглагдсан орон (улаан) ба ДАФ6, ДАФ7 ба ДАФ8 нийлбэрээр илэрхийлэгдэх түүний аажим өөрчлөгдөх хэсгийг (хөх) үзүүлэв. ДАФ4 ба ДАФ5-ын нийлбэр орон нутгийн (регионал) гажийг, ДАФ1, ДАФ2 ба ДАФ3 газар орны (локал) гажийг тус тус илэрхийлж байна. Нийт талбайгаар ялгасан орон нутгийн (регионал) ба газар орны (локал) гажийг Зураг 12 ба Зураг 13 дээр тус тус үзүүлэв.



Зураг 12. Соронзон орны региональ утга



Зураг 13. Соронзон орны локаль гажил

V. ДҮГНЭЛТ

М.Е.Торрес, М.А.Соломинас, Г.Шлоттхауер, П.Фландрин нарын боловсруулсан алгоритмыг ашиглан бүх тооцоог хийж гүйцэтгэсэн бөгөөд SD параметрийг 0.2 гэж авсан нь бодит байдалд дөхсөн сонголт боллоо.

Дотоод агууламжийн функц (ДАФ)-аар дөхөх бодит агууламжаар задлах(БАЗ) арга нь мэдээлэл боловсруулах хүчтэй аргуудын нэг болох нь хийсэн судалгаанаас харагдаж байна. Соронзон орны тодорхой үет хувьсалыг судлах өргөн боломж байгаагийн зэрэгцээ геофизикийн потенциал орныг задлахад өргөн ашиглаж болохыг харуулав.

1. The Hilbert-Huang transform and its applications / editors, Norden E. Huang, Samuel S.P. Shen. - World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. 5 Toh Tuck. Link, Singapore 596224
2. M.E.TORRES, M.A. COLOMINAS, G. SCHLOTTHAUER, P. FLANDRIN "A complete Ensemble Empirical Mode decomposition with adaptive noise," IEEE Int. Conf. on Acoust., Speech and Signal Proc.

ICASSP-11, pp. 4144-4147, Prague (CZ)

3. Huang, N. E., and Z. Wu (2008), A review on Hilbert-Huang transform: Method and its applications to geophysical studies, Rev. Geophys., 46, RG2006.
4. Э.Батмагнай, Ү.Сүхбаатар
Соронзон орны өгөгдөлд
боловсруулалт хийх аргачлал.
Хэвлэлд. 2015

Соронзон Мандлын Судалгаанд Магнитограммын Хөрвүүлэх Арга (МХА)

Б. Амаржаргал, Ү.Сүхбаатар

*Монгол улс, Шинжлэх ухааны академийн Одон орон
Геофизикийн хүрээлэн*

e-mail: amaraa9890@yahoo.de
sukhbaatar_y@yahoo.com

Дэлхийн соронзон орон ба нарны салхины харилцан үйлчлэлийн улмаас бий болдог үзэгдэл бол соронзон орны вариаци юм. Эрдэмтэн судлаачид дэлхийн соронзон оргилуудын мэдээллээр туйл орчмын эгэл соронзон шуурганы гүйдлийн системийг байгуулж, соронзон мандлын шөнийн секторт явагдах соронзон буснилын физик шинж чанарыг соронзон станцуудад ажиглагдсан соронзон элементүүдийн бичлэгээр судалгаа хийж байна. Энэ аргыг магнитограммыг хөрвүүлэх арга (МХА) буюу Техника Инверсии Магнитограмм (ТИМ) гэнэ. ТИМ-ын аргыг 1970-аад оны дунд үеэс ОХУ-н ШУА-ийн Сибирийн салбарын Нар Дэлхийн физикийн хүрээлэнд профессор В.М.Мишины удирдлага дор боловсруулсан бөгөөд орчин үед соронзон мандлын судалгаанд өргөн хэрэглэгддэг аргын нэг болсон [1, 2]. Энэхүү арга нь соронзон мандал дахь дагуу гүйдлийн систем, соронзон мандлын цахилгаан орны потенциалын тархалт, соронзон мандлын сүүлний нээлттэй хэсэгт харгалзах соронзон урсгалын хэмжээ, соронзон мандлын сүүлний уртыг тодорхойлох зэрэг соронзон мандлын суурь параметруудийг тодорхойлж соронзон мандлын физик процессыг судлахад чухал үүрэгтэй юм.

I. ОНОЛЫН ҮНДЭС

А. Хувьсах соронзон орны судалгаа. Дэлхийн гадарга дээр ажиглагддаг соронзон оронг гарал үүслээрээ ялгаатай хэд хэдэн соронзон орны нийлбэр гэж үздэг. Өөрөөр хэлбэл хэвийн соронзон, орон гаж соронзон орон, хувьсах соронзон орон гэж ангилдаг. Эдгээрийн нэг бол хувьсах соронзон орон юм.

Хувьсах соронзон орныг

$$S+L+DP+DCP+Dst$$

гэж үздэг. Энд: S-нарны хэт ягаан туяаны улмаас үүсэх орны тогтонги хэсэг. L- дээд агаар мандал дахь сарны таталтын улмаас үүсэх орон үүсэх орны тогтонги хэсэг. DP-нарны салхи дэлхийн соронзон орны харилцан үйлчлэлийн улмаас үүсэх орны тогтонги бус хэсэг. DR-гаригийн хэмжээний соронзон шуурганы үед онцгой хүчтэй болдог цагираг гүйдлийн орон. DCF-нарны салхины протон электрон дэлхийн соронзон орны хүчний шугамын үйлчлэлийг давж чадахгүй соронзон мандлын гадаргууг даган хөдлөх үеийн соронзон мандал дээр үүсэх гүйдлийн улмаас бий болдог орны тогтонги бус хэсэг. Хувьсах соронзон орны өөрчлөлт нь дэлхийн соронзон мандал цэнэгт мандал гариг хоорондын орон зай наран дээр болж байгаа физик

процессуудын мэдээллийг агуулж байдаг. Соронзон хувьслын гол үүсгэгч нь нарнаас дэлхий рүү шидэгдэж байгаа цэнэгт бөөмсүүд юм.

Соронзон мандлын дотоодод болдог гол физик процессын нэг бол соронзон хүчний шугам тасарч дахин нэгдэх процесс юм. Хэрэв гариг хоорондын соронзон орны босоо байгуулагч Bz өдрийн талдаа дэлхийн соронзон орны эсрэг чиглэсэн бол соронзон мандал нээлттэй гэж үздэг Энэ тохиолдолд Данжигийн загвар ёсоор эсрэг чиглэсэн соронзон орны хүчний шугамнууд соронзон заагийн наран талын мужид тасарч нарны салхи өдрийн талаас шөнийн тал руу соронзон орны нээлттэй шугамнуудыг зөөвөрлөнө. Соронзон мандлын сүүл хэсэгт соронзон орны энерги хуримтлагдах үед соронзон орны хүчний шугам дахин нэгдэх процесс явагдана. Үүний дүнд соронзон мандлын сүүл тасарч плазмын бөөмс эргээд дэлхий рүү шидэгдэнэ. Энэ үйлдлийн дүнд дээд өргөрөгт соронзон мандлын үзэгдэл туйлын туяа ажиглагдана. Туйлын туяаны үүсгэгч нь туйлын туяаны бүс рүү хүчний шугамын дагуу асгарах бөөмсийн урсгал юм. Нарны салхины төлөв байдал хувирч өөрчлөгдөхөд соронзон мандлын тогтоц түүнд

харгалзах гүйдлийн систем өөрчлөгдөж байдаг. Энэ нь дэлхий дээр соронзон орны өөрчлөлт хэлбэрээр илэрдэг. Соронзон орны бүх дэлхийг хамарсан өөрчлөлтийг соронзон шуурга гэх бөгөөд туйл орчмын бүсэд ихэвчлэн ажиглагддаг соронзон орны өөрчлөлтийг соронзон эгэл шуурга(суббурь-substorm) гэж нэрлэдэг.

Геосоронзон хувьсал нь цэнэгт мандал ба соронзон мандлын дээд хэсэг дэх цахилгаан гүйдлээр үүсэх тул геосоронзон хувьслын орны тэгшитгэлийг доорх байдлаар бичиж болно.

$$\vec{H} = -gr\vec{a}dV,$$

Эндээс Лапласын тэгшитгэл

$$\Delta V = 0 \quad (1)$$

байдлаар бичигдэнэ. Геосоронзон вариацийн орны потенциалыг бодоход бөмбөлөг арга хэрэглэгддэг.

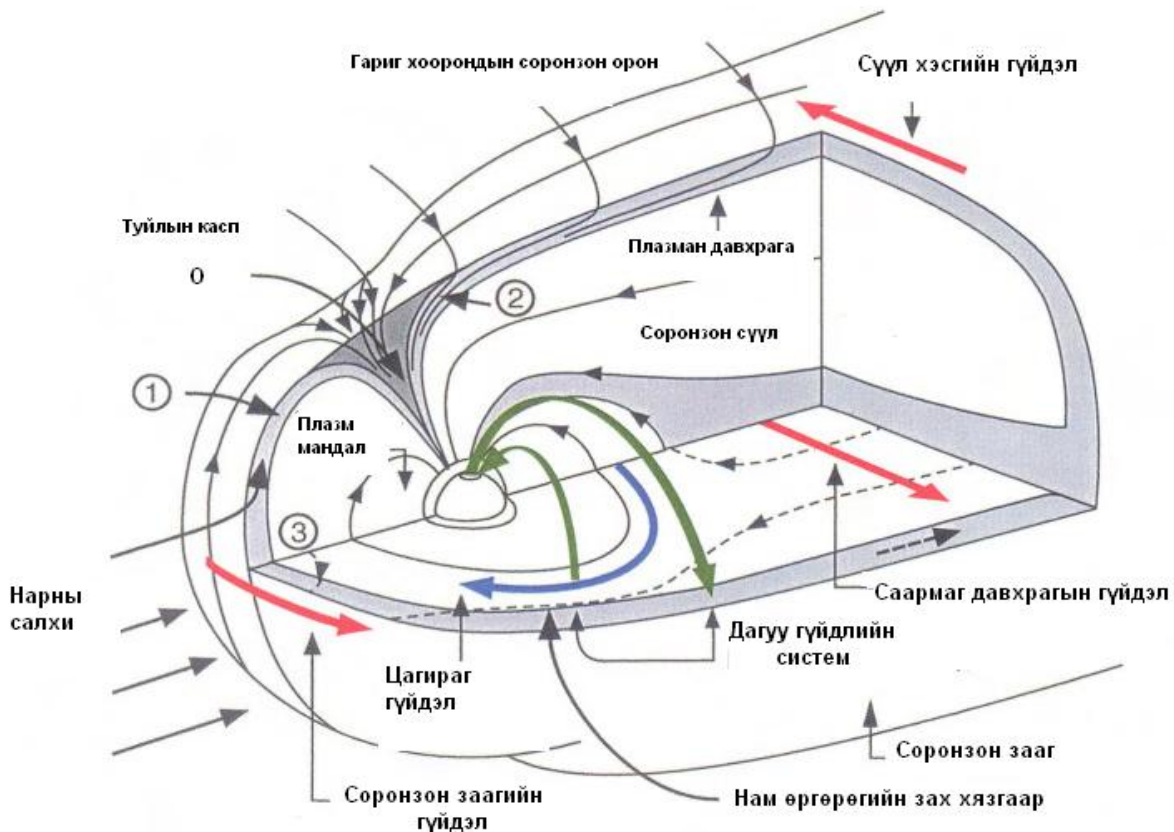
В. Геосоронзон вариацийн орны потенциал задаргаа.

Дэлхий дээр 200 орчим соронзон оргил ажиллах ба геосоронзон орны X , Y и Z байгуулагчуудыг хэмжсэн хэмжилтийн мэдээллээр потенциалыг Лежандрин олон гишүүнтээр ойролцоолдог.

$$\left. \begin{aligned} X &= \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^n (g_n^m \cos m\lambda + h_n^m \sin m\lambda) \frac{dP_n^m(\cos(\theta))}{d\theta} \\ Y &= \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^n (g_n^m \sin m\lambda - h_n^m \cos m\lambda) \frac{mP_n^m(\cos \theta)}{\sin \theta} \\ Z &= \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^n (j_n^m \cos m\lambda + k_n^m \sin m\lambda) P_n^m(\cos \theta) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{Энд: } g_n^m &= E_n^m + I_n^m; & h_n^m &= e_n^m + i_n^m \\ j_n^m &= nE_n^m - (n+1)I_n^m; \end{aligned}$$

$$k_n^m = ne_n^m - (n+1)i_n^m$$



Зураг 1. Соронзон мандал

(2) илэрхийллээс $g_n^m, h_n^m, j_n^m, k_n^m$, гэсэн коэффициентүүдийг бодож дэлхийн гадаргуугийн дурын цэгт V, V_e, V_i потециалуудын утгыг олно.

Цэнэгт мандлын h - өндөрт гүйдэл гүйж байна гэж үзвэл E_n^m, e_n^m коэффициентүүдийг ашиглан орлох (эквивалент) гүйдлийн системийг дараах томъёогоор тодорхойлж болдог [1,2].

$$J_e(\theta, \lambda) = \frac{-10R}{4\pi} \sum_n \sum_m \frac{2n+1}{(n+1)} \left(\frac{R_e}{r}\right)^n (E_n^m \cos m\lambda + e_n^m \sin m\lambda) \cdot P_n^m \cos(\theta) \quad (3)$$

Энд $r_e = R + h$.

Цэнэгт мандлын гүйдлийн систем нь хуйларсан ба потенциал гүйдлийн системийн нийлбэр байдлаар илэрхийлэгдэнэ.

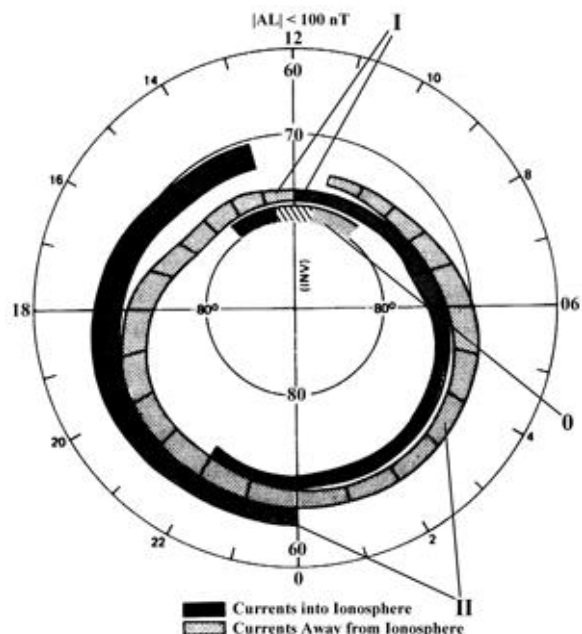
$$\left. \begin{aligned} \text{rot}_z \vec{j} &= \text{rot}_z (\hat{\Sigma} \cdot \vec{\nabla} U) = -\nabla^2 J \\ \text{Div} \vec{j} &= \text{Div} (\hat{\Sigma} \cdot \vec{\nabla} U) = -j_{\parallel} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$\hat{\Sigma}$ – цахилгаан дамжуулалын тензор, U – цахилгаан потенциал. Тэгшитгэлийн систем (3) цэнэгт мандлын цахилгаан дамжуулал $\hat{\Sigma}$ -ын загвар ба цэнэгт мандлын гүйдлийн систем $J(\theta, t)$ мэдэгдэж байвал эдгээрийн утгаар ТИМ-ийн гаралтын үндсэн параметр болох цахилгаан потенциал U ба дагуу гүйдэл $j_{\parallel}$ -г тооцоолон гаргана.

II. СУДАЛГААНЫ МАТЕРИАЛ, АРГА ЗҮЙ

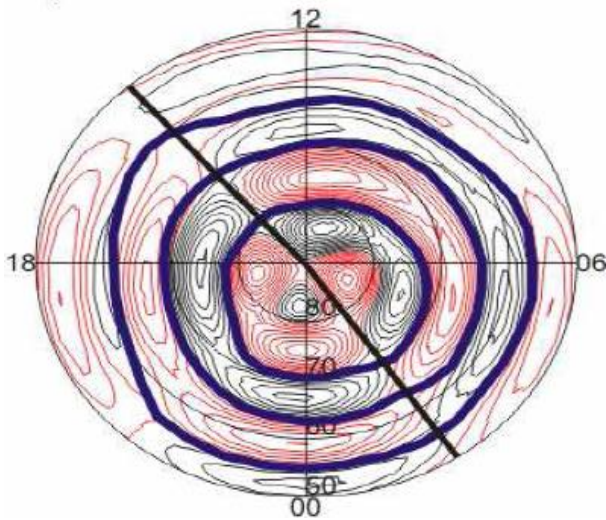
Ийджима Потемра нар 1978 онд сансрын хиймэл дагуулууд дээр хийсэн хэмжилтээр дагуу гүйдлийн хэмжээ ба байрлалыг тодорхойлж энэ гүйдэл цэнэгт мандалтай хэрхэн холбогддог механизмыг судалсан байдаг. (И-П-бүслүүр)-ийг соронзон мандлын судалгаанд өргөн ашигладаг бөгөөд МХА-аар хэрхэн тодорхойлж болохыг 2003 оны 10 сарын

29-ны суббурийн бодолтоор Зураг 3 –д харуулав.

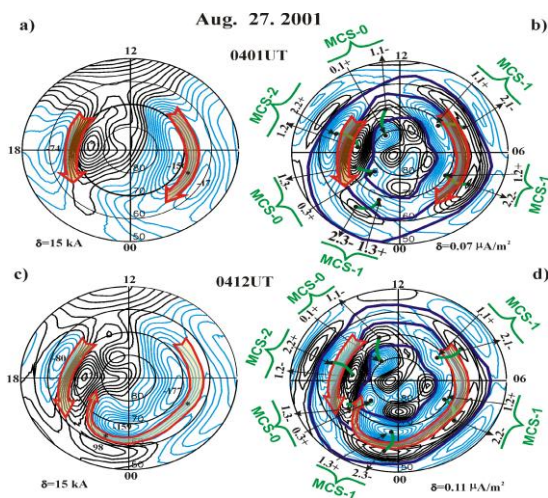


Зураг 2. Ийджими, Потемрагийн бие биетэйгээ давхцсан 3 бүслүүрт загвар

Зураг 4 дээр 2001 оны 08-р сарын 27-ны өдрийн хоёр агшинд харгалзах гүйдлийн Зүүн ба баруун чиглэлтэй туйлын гүйдэл (улаан сум) зарим нэг хуйларсан гүйдлийн төв дээрх утгыг (кА) килоамперээр үзүүлэв. Дагуу гүйдлийн зураг дээр (баруун тал) Ийджими Потемрын (И-П) 3 зоны зааг (өргөн цэнхэр шугам), R-N зонуудын төвөөр орж ба гарч байгаа гүйдлийн нягтыг сумаар, гарч байгаа гүйдлийг хараар, орж байгаа гүйдлийг хөхөөр тус тус үзүүлсэн болно. Эндээс И-П-ын зон болгонд 6 хүртэл нэг төрлийн бус муж байхыг ажиглаж болно. Богино өргөн ногоон хөвчнүүд нь зэргэлдээ хоёр И-П зонд орж байгаа ба гарч байгаа дагуу гүйдлүүдийн нэг төрлийн бус мужуудын төвийг холбож байна. Энэ хос дагуу гүйдлийг (ДГ) уртрагийн дагуу чиглэсэн цэнэгт мандлын Педерсоны гүйдлийн систем холбож байдаг. Энэ гүйдлийн систем ба хос дагуу гүйдэл нийлээд зураг 4 дээр тэмдэглэсэн 3 хэмжээст уртрагийн гүйдлийн систем (meridional current system-MCS)-ийг үүсгэж байна гэж бид үзэж байгаа юм.

$$\delta J = 0.21 \mu A/m^2$$


Зураг 3. И-П –ийн 3 бүслүүр (2003 оны 10 сарын 29-ны эгэл шуургын хэмжилтээр)



Зураг 4. 2001 оны 08-р сарын 27-ны өдрийн дэлхийн цаг (UT)- аар 04 цаг 01 минут, 04 цаг 12 минутад харгалзах төлөөлөх (эквивалент) гүйдлын систем, дагуу гүйдлийн систем

Мөн И-П гүйдлийн систем нь 0 бүслүүрийн зөвхөн өдрийн цагт ажиглагддаг биш болохыг харуулж өргөтгөв. Энэ үндсэн дээрээ соронзон мандлын гүйдлийн үүсгэгчүүдийн (генератор) тогтолцоо, цэнэгт мандлын уртрагийн дагуух гүйдлийн систем, соронзон мандлын сүүл хэсгийн алсад DPR-2 маягийн баруун тийш чиглэсэн гүйдэл байгаа зэргийг тодорхойлж тайлбарлав.[4,5]

III. ҮР ДҮН БА ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Соронзон оргилуудын материал ,цахилгаан дамжуулалын загвар ба магнитограмм хөрвүүлэх аргын (МХА) программ хангамжийг ашиглан цэнэгт мандлын цахилгаан потенциалын тархалт, цэнэгт мандлын дагуу гүйдлийн систем, дагуу гүйдлийн тархалтын зургийг гарган авсан. Дагуу гүйдлийн тархалтын зураг нь туйлын оройн хэмжээг Ийджими,Потемрын (ИП) дагуу гүйдлийн 1-р зоны дээд өргөрөгийн хязгаар байдлаар тодорхойлох боломжийг олгодог.

Дагуу гүйдлийн $j_{||}$ -тархалтаар соронзон мандлын сүүлний задгай хэсгийн соронзон урсгалын хэмжээг дараах байдлаар тооцоолж болно[2].

$$\psi = BS \quad (5)$$

Энд B – туйлын оройн соронзон орон,

S - туйлын оройн талбай

$$\varepsilon^1 = \frac{\psi_1^2 V_{SW}}{\mu_0 S_t} \quad (6)$$

Эгэл соронзон шуурганы үед задгай сүүлний соронзон орон Ψ хэрхэн өөрчлөгддөг тухай шинэ мэдээлэл өгөх боломжтой. Хэрэв задгай сүүлний соронзон орон ихэвчлэн соронзон заагт болсон соронзон орон дахин нэгдэх (СОДН) процессын дүнд буюу соронзон мандал, нарны салхины харилцан үйлчлэлийн үр дүнд бий болдог учир $\Psi = \Psi_1 + \Psi_2$ гэсэн таамаглал дэвшүүлж Ψ_2 нь гариг хоорондын соронзон орны нөлөө байхгүй үеийн ($B_z = B_y = 0$) соронзон урсгалын хэмжээ өөрөөр хэлбэл дэвсгэр утга гэж үзэж дам аргаар тодорхойлсон тохиолдолд $\Psi_1 = \Psi - \Psi_2$ үйлдлээр плазмд соронзон орон дахин нэгдэх (СОДН) физик процессыг судлах боломж нээгдэнэ.

Харин Акасофу 1978 онд нарны салхины нягт хурднаас хамаарсан параметрийг ε_a

анх тодорхойлсон байдаг .

$$\varepsilon_a = \frac{4\pi}{\mu_0} V_{sw} B^2 \sin^4 \frac{\theta}{2} L^2 \quad (7)$$

$$\theta = \arctg\left(\frac{B_y}{B_z}\right); \mu_0 = 4\pi 10^{-7}; \quad (8)$$

$L = 7R_e : R_e$ - дэлхий радиус, V_{sw} - нарны салхины хурд

Энэ хоёр (6,8) энергийг харьцуулан судлах нь соронзон мандалд болж буй маш олон процессын физик шалтгааныг тогтооход ашиглагдах шинэ боломжууд нээгдэж байгаа учир МХА-г улам өргөтгөн ашиглах шаардлагатай болж байна.

IV. ДҮГНЭЛТ

Ийнхүү гаргаж авсан үр дүнгүүд нь 2 ба 0 (зоны) бүслүүрүүдийн гүйдлийн систем нь 1-р бүслүүрийн гүйдлийн систем цэнэгт мандлаар тархан гүйснээс үүдэлтэй бөгөөд 1-р бүслүүрийн гүйдлийн систем нь соронзон мандлын гүйдэл үүсгэгчүүдтэй холбогддог болохыг харуулж байна. Судалгааны дүнд И-П гүйдлийн системийн бүслүүр болгонд өглөө ба оройн секторт гүйх дагуу гүйдлийн (ДГ) эрчим нь хоорондоо эрс ялгагдаж байгааг тогтоож энэ асимметрийг тайлбарлах соронзон мандал-цэнэгт мандлын нэгдсэн цахилгаан схемийг санал болгов.

[1] Б.Т. Яновский, *Земной магнетизм*. ЛГУ, 1957г.

[2] Mishin, V.M. *The magnetogram inversion technique and some applications* // Space Sci. Rev. 1990. V. 53, P. 83-163.

[3] McPherron, R.L, C.T Russell, and M.A Abry, *Satellite studies of magnetospheric substorms on August 15, 1968. 9. Phenomenological model for substorms* // J.Geophys. Res. 1973. V. 78, P. 3131-3152.

[4] В.М.Мишин, А.Д.Базаржапов, В.В. Мишин, *События 02.08.2002.1. Особенности*

[6] В.В.Мишин, А.Д.Базаржапов, У.Сухбаатар, *Принципиальная схема глобальной электрической цепи*

продольных токов суббури, Солнечно-земная физика, вып.17, Новосибирск, 2011, 110-117.

[5] V.M.Mishin, A.D.Bazarzhapov, U.Sukhbaatar, *Electric Circuits of the Disturbed Magnetosphere-Ionosphere System and Their Generators*, Geomagnetism and Aeronomy, Vol. 50, No. 8 (Special Issue 2), pp. 988-996, Pleiades Publishing, Ltd., 2010. Original Russian Text: V.M.Mishin, A.D. Bazarzhapov, U. Sukhbaatar, M. Foerster, 2010, published in Solnechno-Zemnaya Fizika, 2010, Vol. 15, pp. 88-95.

магнитосфера-ионосфера Земли, Труды IX Российско-Монгольской конференции по астрономии и геофизике, 2012 (в печати)

Хавчуу Ам Ордын Судалгаанд Геофизикийн Аргуудыг Хэрэглэсэн Байдал

Б.Билгүүн-Очир, Б.Бат

МУИС, Геологи Геофизикийн тэнхим.

When comparing the exploration results thus far from Khavchuu with those of known mineralisation and mineral deposits in the region. The occurrence of north to north-east trending, low angle, thrust faults which also coincide with resistivity and chargeability highs, magnetic lows, As anomalies and positive Au chip samples, is similar to that observed and documented at Boroo. The resistivity anomalies generated have been interpreted as being associated with an area of silicification or quartz veining and from the dipole-dipole results these seem to occur as shallowly dipping structures similar to those hosting the Boroo mineralisation.

The chargeability highs could be interpreted as regions of sulphide mineralisation and coincide with many of the anomalous areas again as with Boroo, although in the southern area the near surface chargeability low becomes a chargeability high with depth suggesting a degree of sulphide destruction during weathering in the upper regions.

Magnetic lows could be interpreted again as zones of weathering and associated destruction of magnetite in granites or sulphides in mineralised regions. Assuming that any mineralisation at Khavchuu will exhibit a similar refractory component, this broad weathering could be of significant economic importance.

Түлхүүр үгс: Геологийн тогтоц, Судлын орд, Соронзон зураглал,
Цахилгаан хайгуул

I. ДҮҮРГИЙН ГЕОЛОГИЙН ТОГТОЦ

Хавчуугийн талбай нь 20-р зууны эхэн үеэс геологийн янз бүрийн шатны судалгаанд хамрагдаж байсан ба хамгийн сүүлд 1996-1998 онд хийгдсэн 1:50 000-ны масштабын геологийн зураглал ерөнхий эрлийн судалгааны ажлаар (С.Төмөр нар, 1994) бүрэн хамрагджээ.

Давхарга зүй. Хавчуугийн талбай нь тектоник структурын хувьд Монгол-Өвөр Байгалийн атираат системийн структур формацийн бүсийн захын хэсэгт байрладаг ба тухайн дүүрэгт доод палеозойн флиш маягийн терриген хурдас, герциний үед хуримтлагдсан ороген формацийн доод молласын вулканоген терриген, терриген-кайнезойн сэвсгэр хучаас хурдас тархсан байх ба хурдасны ангилал дараах байдалтай байна.

- Дунд кембрий-доод ордовик, Хараа сери
- Кайнозойн сэвсгэр хурдас эдгээр нь болно.

Дунд кембрий-доод ордовик. Хараа сери (E₂-O₁hr).

Хараа серийн хурдас нь энэ талбайд тархсан хамгийн эртний хурдас бөгөөд Хойд Хэнтийн структур формацийн каледоны атираат ул суурь болдог. Субдукцийн бүсийн эх газрын идэвхитэй захын аккрецийн шаантагт үүссэн флиш маягийн терриген хурдас бөгөөд литологи нь структур формацийн бүсийн аль ч хэсэгт адилхан песчаник, алевролит, алевропесчаник, шаварлаг занарын янз бүрийн үелэлүүдээс тогтоно. Хараагийн серийн нийт зузаан нь 3500м-г хүрэх ба дотроо хоёр нийцлэг зузаалагт ялгагддаг ба тусгай зөвшөөрлийн талбайд зөвхөн доод зузаалаг нь ялгагддаг.

Доод зузаалаг (E₂-O₁hr₁). Хараа серийн доод зузаалаг нь пелит, псаммит төрлийн 0,5 мм-ээс хэдэн мм-ийн нарийн үелэлээс тогтсон хурдас хуримтлалын хэмнэлээрээ хэдэн арван см-ээс хэдэн арван м зузаан үелэлтэй байдгаараа дээд зузаалгаасаа ялгагддаг байна.

1:10 000-ны масштабын эрлийн ажлын явцад

хоорондоо нийцлэг байрлалтай 2 дэд зузаалагт ялгасан (Б.Батжаргал нар, 2012 он). Доод дэд зузаалаг ($E_2-O_1hr_1^1$) нь цайвар саарал, цайвар ногоон саарал өнгийн янз бүрийн ширхэгтэй песчаник, алевропесчаникийн үе болон талстат занарын нимгэн үеүдийг агуулсан хөх саарал ногоовтор саарал өнгийн шаварлаг занар, кордиерит-биотит-кварц-плагиоклазтай, кварц-серицит-плагиоклазтай занараас голлон тогтдог.

Доод дэд зузаалгийн зузаан нь 700 м орчим бөгөөд маш муу илэрсэн байдаг. Интрузив чулуулагтай хиллэх хил заагийн орчимд нарийн үеллэг элсэн чулуу нь заагийн метаморфизмд хүчтэй автагдан талстат занар зарим үед плагиогнейс болон хувирсан байхаас гадна экзоконтактын бүсэд бага зузаантай (5-20 м) сулхан роговикжсан бүсийг үүсгэсэн байдаг.

Доод дэд зузаалгийн хурдас нь эрлийн талбайн баруун хойд хэсэгт баруун хойшоо 280° - 330° -аар сунасан, гол төлөв зүүн хойшоо 40° - 70° уналтай моноклиналь структурыг үүсгэн тогтсон байхад зүүн урд хэсэгт зүүн хойш чиглэлтэйгээр сунасан нилээд блоклог тогтоц бүхий синклиналь структурийг үүсгэсэн байна.

Дээд дэд зузаалаг ($E_2-O_1hr_1^2$) нь талбайн хэмжээнд өргөн тархалттай бөгөөд эдгээр нь цайвар саарал, цайвар хөх саарал өнгийн янз бүрийн ширхэгтэй элсэн чулуулгаас тогтох бөгөөд үе байдлаар алевропесчаник, ногоовтор саарал, хөхөвтөр саарал өнгийн кварц-плагиоклаз – серициттэй занаруудыг жигд үеүдээр агуулсан байдаг. Уг дэд зузаалгийн чулуулгууд нь мөн адил гарш муутай.

Дээд дэд зузаалгийн чулуулгууд нь баруун хэсэгт БХ- 300° чиглэлтэйгээр сунасан 50° - 70° -ын уналтай антиклиналь атирааг үүсгэн тогтсон бол зүүн хэсэгт ЗХ- 40° - 60° -ын суналтайгаар синклиналь атирааг үүсгэсэн гол төлөв нилээд босоо уналтайгаар ажиглагддаг. Дээд дэд зузаалгийн песчаник, алевропесчаник нь доод дэд зузаалгийн занараа бодвол цахиуржих хувиралд илүү автсан нь ажиглагддаг.



Зураг 1. Хараа серийн дээд дэд зузаалгийн алевропесчаникийн атираажил, цахиуржих хувиралд орсон байдал

Уг зузаалгийг бүрдүүлж буй песчаник, алевропесчаник, занарууд нь интрузив чулуулгийн экзоконтактын бүсэд роговикжсоноос гадна сулхан серицитжсэн байдаг. Хил заагийн термаль метаморфизмын ногоон занарын фацын хувирлын дүнд алевропесчаник, серицит-хлориттой занарууд нь биотиттой роговик, толболог занарт, песчаник нь захаасаа талсжин, эсвэл бүхэлдээ хувирч талстат занар, плагиогнейс, гранитын найрлагатай мигматит болсон байдаг.

Хараа серийн хурдас нь 50 м хүртэлх өргөнтэй 200 м хүртэлх урттай дайкуудаар зүсэгдсэн байдаг бөгөөд ялангуяа интрузив массивын ойролцоо элбэг тохиолдох нь олон.

Кайнозойн сэвсгэр хурдас. Талбайн хэмжээнд кайнозойн сэвсгэр хурдас харьцангуй өргөн тархалттай бөгөөд дээд плиоценээс орчин үеийг хүртэл хуримтлагджээ. Орчин үеийн аллюви, пролюви, дээд дөрөвдөгч-орчин үеийн пролюви, делюви-пролювийн хурдасууд нь жалгын гольдрол, хөндий, уулын бэл хормойн хэсгээр тархжээ.

Дээд дөрөвдөгч-орчин үеийн хурдас (dpQ_{III-IV}) нь хамгийн өргөн тархалттай сэвсгэр хурдас бөгөөд уулын бэл хормойн дагуу үргэлжилсэн шлейф үүсгэн хөндий хажуугийн амуудын налуу хажууг хучин тогтдог.

Цайвар саарал, шар саарал, бор хүрэн өнгийн элс, элсэнцэр, шавранцар, муу мөлгөржсөн хайрга, мохоо өнцөгт хэмхдэс, үйрмэг, уулын бэл хормойн хэсгээр сайрга, дайрга, бул чулуу ховроор шаварлаг найрлагатай бараан өнгийн материалаар чигжигдсэн байдаг. Уг хурдас нь орчин үеийн аллювийн сэвсгэр хурдастай хиллэх хилийн дагуу 7м хүртэлх

өндөртөй, 500-1км хүртэл үргэлжилсэн дэнжүүдийг үүсгэсэн байдаг.

Орчин үеийн хурдас ($арQ_{IV}$) харьцангуй бага хэмжээгээр тархаж түр зуурын урсгалтай горхины хөндий болон хуурай ам, богино жалга сайрт хуримтлагдсан сэвсгэр хурдсыг бүрдүүлнэ. Томоохон хөндийн татамын хэсэгт энэ төрлийн хурдас нь мөлгөржилт, ангилалт сайтай цэвэр аллювийн, жижиг ам салаа, хөндийн хэсэгт голдуу пролювийн, эсвэл аллюви-пролювийн гарал үүсэлтэй хурдсаас тогтдог.

Гүний чулуулаг. Тусгай зөвшөөрлийн талбайн хэмжээнд гүний чулуулгууд нилээд өргөн тархацтай бөгөөд нийт талбайн 35% - ийг эзэлнэ. Гүний чулуулгуудыг дунд-хожуу ордовикийн Бороо голын, түрүү девоны интрузив комплексуудаас гадна дайк судлын комплексууд бүрдүүлдэг.

Дунд-хожуу ордовикийн Бороо голын интрузив комплекс ($\delta_1, \delta_1, \gamma\delta_2, \gamma_3 O_2-b$). Бороо голын интрузив комплекс нь Хойд Хэнтийн структур формацийн бүсийн каледоны атираажилтийн инвесийн үеийн үүсэлтэй габбродиорит, диорит, гранодиорит, гранитийн гэсэн ялгаралтайгаар 3 фазаас бүрддэг.

Бороо голын интрузив комплексын I фазын ($\gamma\delta_1, \delta_1 O_2-b$) габбродиорит, диоритууд нь бага хэмжээгээр талбайн баруун хойд хэсэгт хөгжсөн байдаг бөгөөд нилээд хэдэн жижгэвтэр биетүүд тогтоогдсон нь 100х200м-ээс 800х1,2км-ын хэмжээтэйгээр илэрнэ. Энэ фазын чулуулгууд нь бараан саарлаас хөх саарал өнгийн, жижиг дунд ширхэгтэй диоритууд голлон тархсан маш бага хэмжээгээр хар ногоон өнгийн жижиг ширхэгтэй габбродиорит ажиглагддаг.

Бороо голын интрузив комплексын II фазын ($\gamma\delta_2 O_2-b$) чулуулгууд нь цайвар саарал заримдаа бараавтар саарал өнгийн дунд ховроор том ширхэгтэй биотит, эвэр хуурмагтай гранодиоритуудаас тогтдог. Эдгээр нь хайгуулын тусгай зөвшөөрлийн талбайн баруун хэсэгт голлон тархсан бөгөөд гол төлөв Хараагийн серийн тунамал хурдас, I фазынхаа диоритуудыг зүссэн болон III фазын гранитуудаар зүсэгдсэн хил

заагтайгаар илэрдэг. Гранодиоритууд нь жижгээс 1х1,5км хүртэлх хэмжээтэй биетүүдийг үүсгэсэн өгөршилд нилээд автсан байх бөгөөд ховроор шигтгээлэг текстуртэй байдаг. Уг фацийн гранодиоритууд дотор гранитын дайкууд нилээд хэмжээгээр хөгжсөн байдаг бөгөөд тектоник хагарлын бүсэд гнейслэг текстуртэй ажиглагддаг.

III фазын гранитууд ($\gamma_3 O_2-b$) нь гол төлөв цайвар саарал, ягаавтар саарал өнгийн том ихэнхдээ дунд ширхэгтэй, биотит, эвэр хуурмаг бүхий зарим хэсэгтээ шигтгээлэг текстуртэй байдаг.

Гранитууд нь талбайн төвийн хэсэгт зүүн хойноос баруун урагш сунаж тогтсон жижиг массивыг үүсгэх бөгөөд энэ нь Хараа серийн тунамал зузаалгийг зүссэн байх бөгөөд экзоконтактын хэсэгт 10-50 м хүртэлх зузаантай роговикжсон бүсийг үүсгэсэн байдаг.

Түрүү девоны интрузив комплекс (γD_1) нь тусгай зөвшөөрлийн талбайн төвийн хэсгээр баруун урдаас зүүн хойш чиглэсэн жижиг штокуудыг үүсгэн тогтсон байдаг.

Уг интрузив комплекс нь эх газрын ороген хөгжлийн үеийн гранит-лейкогранитын формацийн лейкогранит ховроор гранит-порфиороос бүрдэх бөгөөд гол төлөв ягаан, ягаавтар саарал өнгийн дунд ширхэгтэй шигтгээлэг структуртай, плагиоклазын кристаллууд элбэгтэй, захын хэсгээрээ кристаллын хэмжээ жижгэрэхийн зэрэгцээ лейкократ, шүлтлэгдүү найрлагатай болдог ба уг комплексын гранитууд нь мөлгөржилт багатай асгархаг гаршийг үүсгэсэн байх нь олон.

Түрүү девоны интрузив комплексын чулуулгууд нь Хараа серийн тунамал-хувирмал чулуулгийг зүсэхдээ хил заагийн хувирал, роговикжилт, дахин талжилт, кварцжилт, пиритжилт, серицитжилтийн хувиралд автах ба заримдаа 150 м хүртэл өргөнтөй хувирлын бүсийг үүсгэдэг.

Гидротермаль хувирал. Талбайн хэмжээнд баруун өмнөөс зүүн хойш чиглэлтэй бүсийн дагуу кварцын судлууд нь ихээр хөгжсөн байдаг бөгөөд энэ дагуу ногоон занарын хувирлын чулуулгууд нь атираажил

занаржилтад өртөн кварцжсан бүсүүдийг үүсгэсэн байдаг. Кварцын судлууд нь сунасан шугаман, линз хэлбэрийн болон тектоник хагарлаар хэрчигдсэн блок хэлбэртэй болсон байдаг бөгөөд уулын хажуу хэсэгт глыб, щебень байдлаар илэрдэг.

Ихэнх тохиолдолд агуулагч чулуулгууд нь босоо, огцом уналтайгаар илэрдэг. Судлууд нь жижгээс 0,2 м-ээс 5-12 м хүртэлх өргөнтэй, 200 м хүртэлх урттайгаар гадаргууд илэрдэг.



Зураг 2. Кварцын судлын тархсан ерөнхий төрх

Кварцын судлуудын захын хэсгээр агуулагч чулуулгууд нь кварцжих, лимонитжих, серицитжих ховроор пиритжих хувиралд хувиралд орсон байдаг. Кварцын судлууд нь сүүн цагаанаас хөх саарал заримдаа шаргал хүрэн өнгийн, жижиг ширхэгтэйгээс том хэмхдэслэг, ихэнхдээ цул текстуртэй, исэлдсэн орон зайгаар нь сульфидын (пирит, халькопирит, галенит, малахит, азурит ховроор арсенопирит, халькозин), хоосон орон зайг дүүргэсэн кварцын друзууд болон лимонит, гематитын исэлдсэн үүрүүд үүсгэдэг ба ихэнхдээ хэвтээ буюу бага уналтай, уналын өнцөг нь 20° - 60° , ховроор 70° заримдаа босоо уналтай ажиглагддаг.

Штуфын сорьцонд хийсэн ActLabs лабораторийн шинжилгээний үр дүнгээр кварцын судлуудад (занар, элсэн чулуу, гранитад агуулагдах) цөөн дээжинд алт Дээж-BD-KA-41 Au-1738 ppb, дээж -JO-KA-614 Au- 886 ppb, дээж-JO-KA-616 Au-350 ppb, мишьяк дээж JO-KA-619 As-2050 ppm, дээж JO-KA-608 As-1340 ppm, дээж JO-KA-613 As-564 ppm, дээж JO-KA-618 As-526 ppm, дээж BD-KA-39 As-467 ppm агуулгатайгаар тогтоогдсон ба эдгээрт пиритжилт, лимонитжилт тогтмол ажиглагддаг.

Эрдэсжилт: Талбайд доорхи төрлийн эрдэсжилт ажиглагддаг.

- Талбайн хэмжээнд хөгжсөн кварцын судал, түүний захын хувирал, агуулагч чулуулаг болон гранитын дайкуудаас авсан бүх дээжинд Au<1 ppb агуулгууд тогтоогдсон.
- Кварцын судлын зальбандын хэсэг, брекчилэгдсэн бүс, захын хувирлын березитжсэн бүсээс авсан хэсэгт сульфидын эрдэсжилт ажиглагддаг. Эдгээрт лимонит, гематит, малахит, азурит ховроор халькозин, арсенопирит, галенит ажиглагддаг.
- Эдгээр заримдаа халькопиритийн эрдэсжилтээс гадна лимонитжиж, гематитжсанаас гадна цахиуржих хувиралд, орж серицитжсэн байдаг.
- Кварцын судлын хажуугийн хувирал нь брекчилэгдсэн бүсийг үүсгэдэг бөгөөд энэ нь 7 м хүртэл өргөнтэй, 200м хүртэлх урттайгаар илэрдэг.
- Кварцжсан бүс түүний сульфидын эрдэсжилт бүхий лимонитжсон хэсгээс авсан дээжинд Au-1738 ppb; (BD-KA-41) агуулгууд тогтоогддог.

Тектоник. Талбай нь Монгол-Өвөр байгалийн атираат системийн Хойд Хэнтийн Структур формацийн бүсийн баруун хойд зах хэсгийг даган байрладаг. Тектоник сруктурын үндсийг каледон, герцин, мезозойн тектоно-магмын идэвхжилтийн болон кайнозойн неотектоникийн үе шатууд бүрдүүлдэг.

Каледоны үе шат. Талбайн тектоник структурын каледоны үе шатыг дунд кембридоод ордовикийн эх газрын хажуу буюу субдукцийн бүсийн структурын ярус төлөөлж байна. Энэ структурын ярусыг Хараа серийн терриген флиш формац, Бороо голын комплексын габбродиорит-гранитын формацын инверсийн интрузив бүрдүүлж байна. Хараа серийн хурдас нь региональ метаморфизмын ногоон занарын фацийн хувиралтай песчаник, алевропесчаник, шаварлаг занарын флиш маягийн үелэл бүхий терриген хурдас юм. Эдгээр нь интрузив чулуулгаар зүсэгдсэн хэсэгтээ

хүчтэй метаморфизмд автсан байдаг. Хараа серийн хурдас нь дотроо хоёр нийцлэг зузаалагт хуваагддаг. Инверсийн үеийн интрузив болох Бороо голын комплекс нь 3 фазаас тогтдог. Бороо голын комплексын интрузивүүд нь түрүү девоны интрузив комплексуудын хамт Хараа голын интрузив цулыг үүсгэх бөгөөд залуу интрузивүүд нь цулын төвд жижиг шток байдлаар тохиолдоно.

Кайнозойн неотектоникийн үе шат.

Кайнозойн үеийн структурын ярусыг дөрөвдөгчийн үеийн саарал өнгийн элс, хайрга, шаварлаг хурдсууд бүрдүүлэх бөгөөд неотектоникийн үр дүнд үүссэн янз бүрийн чиглэлтэй депрессүүдийг дүүргэсэн байдаг. Дөрөвдөгчийн үеийн саарал өнгийн хурдас нь бүх л уулын хажуу, хөндийнүүдийг дүүргэсэн делюви-пролюви, аллювийн гарал үүсэлтэй хурдас байх бөгөөд томоохон хөндийнүүдэд 20 м хүрдэг байна.

Хагарал, тасрал, эвдрэлүүд. Талбайн тектоник-структурын дүр төрхийг бүрдүүлэхэд зүүн хойш чиглэлтэй болон түүнд хөндлөн баруун хойш чиглэлийн хагарлууд ихээхэн үүрэгтэй юм. Кайнозойн шинэхэн тектоникийн үеийн шаталсан өргөгдөлд талбайн төв ба зүүн хэсэг хамгийн их орсон байна. Энэхүү хэсэглэл шаталсан өргөгдлүүдийн зөрөө нь 600-700 м хүрэх бөгөөд хоорондоо 100-200 м зөрүү бүхий 4-5 шаттайгаар өргөгдсөн байгаа нь харагдана.

II. ГЕОФИЗИКИЙН СУДАЛГААНЫ АЖЛУУД

Судалгааны талбайн геологийн тогтоцын гүнд нь үнэлэлт өгөх зорилгоор 46.33 кв.км талбайд цахилгаан хайгуулын болон соронзон зураглалын ажлууд хийснээс гадна талбайн БУ хэсэгт 200 м-ийн гүний мэдээлэлүүдийг баталгаажуулж, далд структурыг зураглах, өрөмдлөгийн цэг тодорхойлохоор 9 тууш км урт албадмал туйлширлын хос туйлт (Dipole-Dipole) аргыг хэрэглэн хэмжилт хийсэн.

Соронзон зураглал. Соронзон зураглал нь ерөнхийдөө эрлийн маршрут, сорьцлолтын

ажлаар тогтоогдсон хагарал структур болон хувирлын бүс дагуу сонгон ялгаж авсан нийт 46.33 кв.км талбайн хэмжээнд хийгдсэн. “Хавчуу” талбайн хэмжээнд гүйцэтгэсэн соронзон зураглалын ажлын үр дүнд чулуулаг тус бүр нь өөр өөрийн физик шинж чанараараа геофизикийн жигд тогтсон гажил өгөх нь ховор, ямар нэгэн байдлаар зүй тогтолгүй мэт ажиглагдах боловч гүний интрузив бүрдлүүд тархсан талбайд өндөр утга бүхий гажлууд нь илэрсэн байна.

Цахилгаан хайгуул. Цахилгаан хайгуулыг мөн адил 46.33 кв.км талбайд албадмал туйлширлын хос туйлт аргаар (Pole-pole болон Dipole-dipole) цахилгаан дамжуулах болон эсэргүүцэх чадвараар нь 150-200 м гүнд мэдээлэл авах зорилгоор 200х50м-ийн торлолоор нийт 116 тууш км хэмжилтийн ажлыг хийж гүйцэтгэсэн.

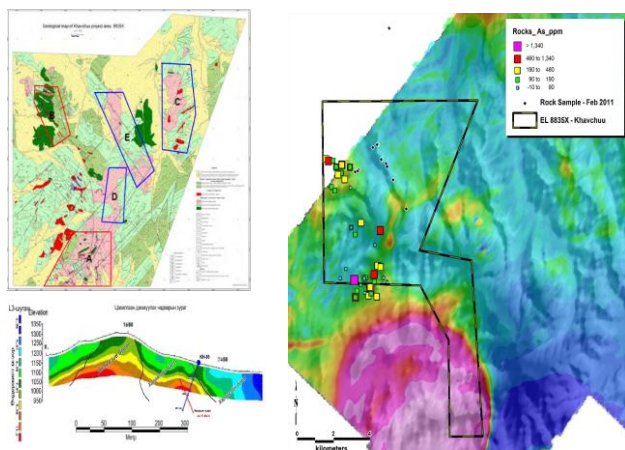
Цахилгаан дамжуулах болон эсэргүүцэх чадвараараа судалгаанд хамрагдсан талбайн хүрээнд үүсгэгдэж буй гажил утгуудыг харахад ерөнхийдөө зүүн хойш болон баруун хойш сунасан структурууд ялгарах бөгөөд гадаргууд ил гараагүй, ялангуяа 50 м гүнд цахилгаан дамжуулах чадвараараа 11.9-19.9 s/м-ийн өндөр утга тогтоогдсон.

Уг цахилгаан гажилуудын зарим нь орон зайн хувьд гадаргуудаа боржин болон тунамал чулуулгуудын цахирын судал агуулсан хувирлын бүсийн, алтны геохимийн анхдагч болон хоёрдогч сарнилын хүрээнүүдтэй давхцадаг боловч чулуулгийн физик шинж чанар болоод хүдэржилт, хувирлын бүсүүдийг ялгах тодорхой зүй тогтолтой гажлууд ялгагдах нь хүндрэлтэй бөгөөд харин зүүн хойш болон баруун хойш чиглэлтэй хагарал структурыг ялгаж болох юм.

Хавчуугийн цахилгаан хайгуулын ажилд үнэлэлт дүгнэлт хийж судалгаанд хамрагдсан талбайн хүрээнд геологийн хувьд сонирхолтой нийт 5 хэсэг талбай ялгаж цаашид нэмэлт судалгааны ажлыг үргэлжлүүлэн хийх шаардлагатай гэж үзсэн. Эхний ээлжинд А, В хэсэгт онцгой анхаарч

ажиллахыг санал болгосон бөгөөд ялангуяа А хэсэг нь геофизикийн үзүүлэлтээрээ Бороогийн алтны уурхайн үзүүлэлтүүдтэй ижил байгааг анхааруулж байсан.

Одоогийн байдлаар дээрх ялгасан 5 талбайгаас А,С хэсгүүд дээр эрэл хайгуулын ажлаар алтны үндсэн ордын эрдэсжсэн бүсүүд олж тогтоогоод байна.



Зураг 3. Ялгасан 5 талбайн бүдүүвч зураг, соронзо зураглалын зураг, Цахилгаан хайгуулын шугамын зүсэлт.

Диполь-диполь цахилгаан дамжуулах албадмал туйлширлын хос туйлт аргаар Хавчуу талбайн А хэсэгт 3 шугамаар тус бүр нь 3 км урттай нийт 9 тууш км хэмжилтийг цахилгаан дамжуулах болон эсэргүүцэх чадвараар нь 200 метрийн гүнд мэдээлэл авах зорилгоор хийж гүйцэтгэсэн.

Уг цахилгаан дамжуулах хэмжилтийн үр дүнг ажиглахад түүнд илэрсэн өндөр нам утгатай гажлуудын зааг буюу градиент орчмоор Хар ямаатын хүдэржилт бүхий хувирлын бүсийг хянаж байж болох бага уналтай тохрол маягийн структурын зүй тогтол ажиглагдаж байгаа бөгөөд өрмийн ажлаар шалгаж үзэхэд 2013 онд КН-05 цоонгогт 208,5 м-т 11,4 г/т алтны агуулга бүхий 1 м зузаан хүдрийн бүс-кварцын судлууд тогтоогдоод байна.

III. ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ, ДҮГНЭЛТ

Судалгааны талбайд хувирч серицитжсэн пириттэй боржингоос улбаалж эрлийн анхны цооног КН-01 өрөмдснөөр уг талбайн зүүн хойд хэсэгт 1 кв.км талбайг

хамарсан “Хавчуугийн ам” алтны үндсэн орд байж болох хүдрийн бүсийг олж тогтоосон.

Урсгал сарнилын сорьцлолтоор алтны 12-25 ppb агуулгатай болон хүнцлийн 30-50 ppm агуулгуудтай сул гажлууд илэрсэн ба мөн 100х100м-ийн торлолоор авсан хоёрдогч сарнилын хүрээний сорьцлолтоор 700-800 м урт зүүн хойш сунасан алтны 50-250 ppb болон хүнцлийн 100-407 ppm агуулгууд бүхий уг хоёр элементийн давхцамал сарнилын хүрээнүүд тогтоогдсон ба хүдрийн бүс нь гадаргуудаа зарим хэсэгт сулавтар цахиржиж серицитжсэн дотроо исэлдсэн пиритын шигтгээ агуулсан, цахирын 4-8мм-ийн судлаар зүсэгдсэн хувирсан боржингуудын гаршуудаар илэрч байхад, зарим хэсэгт цахирын 15-50 см-ийн судал агуулсан хүчтэй исэлдэж лемонитжсон пириттэй Хараагийн элсжингийн гаршаар тодорхойлогддог.

Геологийн тогтоц нь энэ районд өргөн тархалттай байдаг доод палеозойн насны Хараа группын хувирмал, тунамал чулуулаг, кайнозойн сэвсгэр хурдас, ордовикийн настай Бороогол бүрдлийн гүнийн болон түрүү девоны настай гүнийн интрузив чулуулгаас бүрдэнэ.

Давхарга зүйн хувьд Хавчуугийн ам талбайд хамгийн эртний хурдсаас Хараа серийн хувирмал, тунамал чулуулаг, дөрөвдөгчийн аллюви, делюви, пролювийн сэвсгэр хурдсууд том талбайд тархжээ. Хараа серийн хурдсаас талбайн хэмжээнд Ширгүү формацын алевролит элсжинт хурдас тархсан.

“Хавчуугийн ам” талбайд гүний чулуулгууд нь дунд-хожуу ордовикийн настай Бороо гол бүрдлийн ба түрүү девоны бүрдлийн боржингуудаас тогтоно. Дунд-хожуу ордовикийн настай Бороо гол бүрдлийн гуравдугаар фазын гүний чулуулаг нь нарийвчилсан хайгуулын талбайн баруун хойд талд ойролцоогоор 0.05 км.кв талбайд тархана. Түрүү девоны бүрдлийн боржингууд нь нарийвчилсан хайгуулын талбайн баруун урдаас зүүн хойш чигт жижиг жижиг цухуйц гарш маягаар 0.04 км.кв талбайд тархана.

Хүдэр хянагч гол структур нь ЗУ 70-80 хэмийн уналтай, ЗХ чигтэй уртрагийн дагуу хайгуулын одоогийн түвшинд 700-800 м орчим үргэлжлэх Хавчуугийн амны хагарал структурыг Бороогийн алтны ордын хүдэр хянагч структур болох Бороо голын хагаралтай дүйцүүлж ойлгож болох боловч зүүн-зүүн урагш чигт гадаргуудаа босоодуу уналаар хянагдах ба уг структур нь хайгуулын өрмийн КН-01, КН-03 цооногуудын уртрагийн дагуу хоорондоо 490 м орчим зайтай өрөмдсөн ба цооногийн чөмгөн сорьцолтонд хийсэн хэмжилтийн мэдээлэлээр 240-250 метр гүнд эрдэсжсэн хүдрийн бүс нь бага налуу уналттай хэвтээ маягийн 25-30 хэмийн структурт шилжиж байгаагаар тодорхойлогдоно.

Хавчуугийн амны талбайн хэмжээнд зүүн, зүүн хойд, баруун хойшоо чиглэлтэй ан цав, хагарлуудыг дагасан 0.5-1.0 м, цүлхгэр хэсэгтээ 3-5 м хүртэл өргөнтэй, 10-900 м гаруй урттай исэлдсэн, цахиуржсан, лимонитжсэн, серицитжсэн, цөөн пириттэй (березитжсэн) хэд хэдэн эрдэсжсэн бүсийг тунамал болон боржин чулуулаг тархсан талбайд эрлийн маршрутын явцад олж тогтоосон. Дээрх хувирлын бүс дэх эрдэсжилтийг ерөнхийд нь алт-пирит-арсенопиритийн эрдэсжилттэй кварцын судал, судланцар, штокверк, болон сарнимал эрдэсжилттэй хүчтэй цахиуржсан-брекчлөгдсөн-лимонитжсэн хувирлын бүс

(хувирсан боржинд болон Хараа серийн хувирмал-тунамал хурдсанд). Зарим кварцын судал, судланцаруудыг дагасан 0.1-0.6 м хүртэл өргөнтэй бережитжсэн бүс үүссэн байна. Кварцын судлуудад пирит төмрийн ислээс гадна хааяа алт нүдэнд үзэгдэх нь бий. Цэглэн сорьцын үр дүнгээс харахад кварцын судал дахь алтны агуулга (0.01-3.0 г/т, түүнээс ч их) хэлбэлзэлтэй байдаг нь кварц дахь алтны тархалт жигд биш байгааг илтгэнэ.

Бережитсэн хувирлын бүсэд алт нь сарнимал байдлаар орших бөгөөд нүдэнд харагдахгүй байдаг. Бережитжилт нь голдуу боржин чулуулагт байршсан байна.

Эрдэслэг бүрэлдэхүүн нь алт пирит арсенопирит халькопирит, галенит зэргээс тогтох бөгөөд алт-пирит-арсенопиритээс бусад нь аншлифэнд тодорхойлогддог. Алтны хүдэржилттэй холбоотой геохимийн эвшлийн гол элементүүд нь As, Ag, Zn, Pb, Sb, Cu байх бөгөөд эдгээрээс As /0.01-0.2%/ , Pb /0.003-0.03%/ нь бүх төрлийн хүдрийн структурт ямагт гажил агуулгатай байдаг. Ялангуяа хүнцэл нь үргэлж алтны дагуул элемент байдгаараа энэ бүсийн онцлог болдог байна. Бусад элементийн хувьд кларк агуулгатай ойролцоо байна.

1. Кампе А., Готтесман В., Роммель В., Тауберт П. О съемочно-поисковых работах в масштабе 1:50000 в районе золоторудных месторождений юго-западного Хэнтэя, севернее г.Улан-Батор. Т.И.П. Берлин, 1968. ф.#1836.
2. Кампе А., Крафт М., Пельхен В., Зем К. По металлогеническим исследованиям коренной золоторудной минерализации в южной части Северо-Хэнтэйского рудного пояса. Улан-Батор. 1975. ф.#2097.
3. Крузе Б., Крафт М., Хаге Э. О разведочных работах на золоторудном

месторождении Сужигтэй в массиве Зун-Мод юго-западного Хэнтэя, севернее Улан-Батора. Т.И. Берлин, 1968. ф.#1846.

4. Таранин В.В., Горин М.И. Геологическое строение и золотоносность южной части западного Хэнтэя. Улан-Батор. 1965. ф.#1629.
5. Төмөр С., Лхагвасүрэн Ж. Бороо-Зуун модны хүдрийн дүүргийн Ноён уулын талбайд 1991-1994 онуудад явуулсан 1:50000-ны масштабын геологийн зураглал, ерөнхий эрлийн ажлын үр

- дүнгийн тайлан. Дархан хот. 1995. ф. #4859.
6. Монгол улсын 1:200000-ны масштабтай геологийн зураг. М-48-XXIX; М-48-XXXV хавтгайнууд. 2003,
7. Ухнаа.Г, Нарантуяа.П. “Хавчуу” талбайд явуулсан алтны хүдэржилтийн эрэл шалгалтын ажлын тайлан. 2007
8. Инструкция по применению классификаций запасов золоторудных месторождений, 2006.
9. “Хачуу Ланд Монголиа” ХХК-ны 2009-2013 онуудад хийж гүйцэтгэсэн хайгуулын ажлын тайлангууд.

Нялгын Савын Зарим Хэсэгт Шатдаг Занарын Баялгийг Дахин Үнэлсэн Үр Дүнгээс

Б.Эрдэнэцогт, Л.Жаргал, Н.Байгалмаа

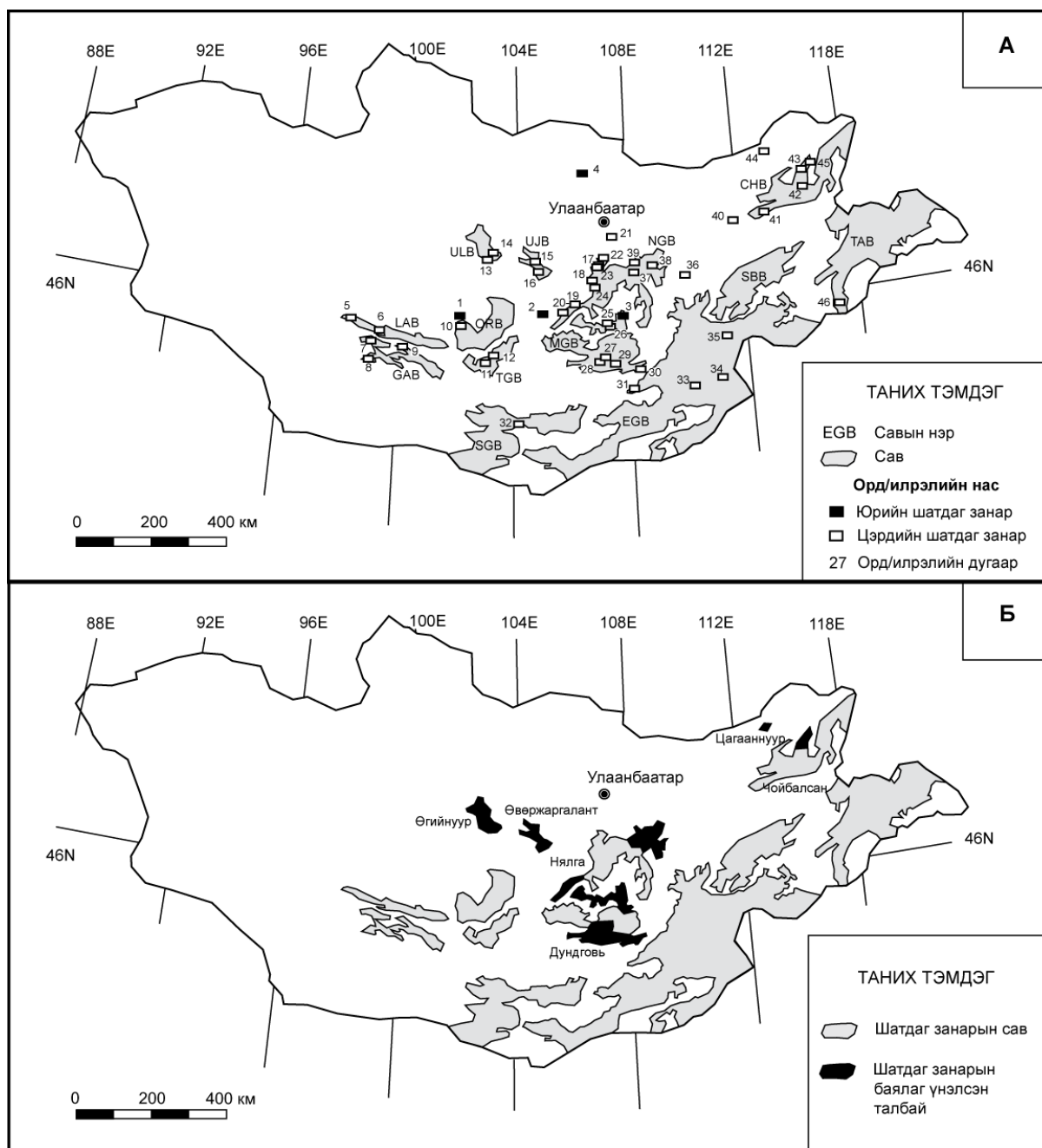
МУИС, ШУС, Геологи, геофизикийн тэнхим

ХУРААНГУЙ

Одоо мөрдөгдөж буй ангиллаар, Монгол улсад шатдаг занарын 13 савыг ялгадаг ба эдгээр савуудад шатдаг занараас гадна газрын тос, байгалийн битум, нүүрсний хэвтэш, ордууд байрлана (Зураг 1а). Өмнөх судлаачид Монгол орны бүх шатдаг занар доод цэрдийн хурдастай холбоотой гэж үзэж байсан [2] боловч сүүлийн үеийн судалгаагаар зарим шатдаг занар агуулсан хурдсын нас дунд юра болохыг тогтоогоод байна [4]. Дунд юра болон доод цэрдийн шатдаг занарууд нь I төрлийн керогентэй, хүхрийн агуулга багатай (0.1%-1.5 %). Юрийн шатдаг занарын органик нүүрстөрөгчийн агуулга (ТОС) <33.2 %, харин доод цэрдийн шатдаг занарын ТОС 35.6 % хүрч байна [3].

Монголын шатдаг занар болон шатдаг занарын давирхайн баялагийг Бат-Эрдэнэ, Жаргал нар (1994) үнэлсэн байдаг. Шатдаг занарын баялагийг тухайн үед тодорхой хэмжээгээр судлагдаад байсан 9 сав, 3 илрэлийн хэмжээнд 788 тэрбум тонн, харин давирхайн баялагийг 4 сав, 2 илрэлийн хэмжээнд 22.7 тэрбум тонн гэсэн байдаг. Энэ нь шатдаг занарын савуудын нийт талбайн 19.2%-д шатдаг занарын баялгийг, 7.8%-д давирхайн баялгийг тус тус үнэлсэн гэсэн үг юм.

Сүүлийн жилүүдэд Төв Монголын хэмжээнд, хэд хэдэн шатдаг занарын савуудад бидний гүйцэтгэсэн судалгааны үр дүнд зарим шинэ мэдээлэл цуглараад байна. Энэхүү мэдээлэлд тулгуурлан Нялгын савын Дэрэнгийн дэд савын хэмжээнд шатдаг занар болон түүний давирхайн баялгийг үнэлсэн үр дүнг илтгэлд өгүүлнэ. Энэхүү үнэлгээнд геологийн зураглал, хүндийн хүчний судалгаа, өрөмдлөг, лабораторийн задлан шинжилгээний үр дүнг ашигласан болно. Өмнө нь Дэрэнгийн дэд савын шатдаг занарын баялгийг 7.1 тэрбум тонн гэж үнэлээд, харин лабораторийн задлан шинжилгээ дутмаг тул давирхайн баялгийг үнэлээгүй байсан юм.



Зураг 1а. Монголын шатдаг занарын сав, орд, илрэлүүд (Бат-Эрдэнэ, 2009-аас авч засварлав).
 Савууд: LAB – Нууруудын хотгор, GAB – Говь-Алтай, ORB – Онгийн гол, TGB – Төгрөг, ULB – Өгий нуур, UJB – Өвөржаргалант, NGB – Нялга, MGB – Дундговь, SGB – Өмнөговь, EGB – Дорноговь, SBB – Сүхбаатар, TAB – Тамсаг, CHB – Чойбалсан; Орд/илрэл: 1 – Баянтээг, 2 – Цагаан-Овоо, 3 – Хөөт, 4 – Шарынгол, 5 – Эрдэнэ-Уул, 6 – Баянцагаан, 7 – Гаиуунгол, 8 – Сухай, 9 – Бахар-Уул, 10 – Андхудаг, 11 – Төгрөг, 12 – Эрдэнэ, 13 – Хөгишингол, 14 – Зүүнбулаг, 15 – Өвөржаргалант, 16 – Төхөмнуур, 17 – Эрэнговь, 18 – Нарийн-Уул, 19 – Царсанчулуут, 20 – Өвдөгхоолойн гаиуун, 21 – Налайх, 22 – Эрэнговь, 23 – Өлзийтнуур, 24 – Бээлийнжас, 25 – Шаварт-Овоо, 26 – Нүхт, 27 – Хөхцаа, 28 – Нэргүй, 29 – Хаашаатхудаг, 30 – Жирмийнхудаг, 31 – Шинэ-Ус, 32 – Хавхастай, 33 – Нэргүй, 34 – Замын-Үүд, 35 – Хар эрэг, 36 – Шорвогнуур, 37 – Төгрөг, 38 – Баян-Эрхэт, 39 – Баянжаргалан, 40 – Овоосүм, 41 – Хөлөнбуйр, 42 – Бухынхудаг, 43 – Мэлхийхудаг, 44 – Цагааннуур, 45 – Амны худаг.

Зураг 1б. Шатдаг занарын баялаг үнэлсэн сав, дэд сав, орд илрэлүүд (Бат-Эрдэнэ, Жаргал нар, 1994)

ИШЛЭЛ

1. Бат-Эрдэнэ Д., “Шатах ашигт малтмал. Монголын геологи ба ашигт малтмал”, Боть V. УБ, 2009, х.178-270.
2. Бат-Эрдэнэ Д., Жаргал Л., “Монголын шатдаг занар, түүний хэтийн төлөв”, УБ, 1994
3. Erdenetsogt B., Jargal L., “Fossil fuels hosted in Mesozoic sequences of Mongolia”, 2nd International Symposium of IGCP Project 608, Tokyo, Japan, Proceeding of the symposium, 2014, p.135-138.
4. Li G., Ando H., Hasegawa H., Yamamoto M., Hasegawa T., Ohta T., Hasebe N., Ichinnorov N., “Confirmation of a Middle Jurassic age for the Eedemt Formation in Dundgobi Province, Southeast Mongolia: constraints from the discovery of new spinicaudatans (clam shrimps)”, Alcheringa, 2014, 38, 305-316.

Morphometric analysis of a drainage basin with Oyu Tolgoi Cu-Au deposit, South Mongolia

Ulambadrakh Khukhuudei

Department of Geology & Geophysics, National University of Mongolia

I. INTRODUCTION

Morphometric analysis represent relatively simple approaches to describe basin processes and to compare basin characteristics. This study allows the description of the physical changes in a drainage system over time in response to natural disturbances or human impacts. The drainage characteristics for Oyu Tolgoi deposit studied to describe and evaluate their hydrological characteristics by analyzing topographical maps and satellite images. Scholars would attend to morphometric study, regarding with Mongolia hasn't been publishing papers for this subject since the end of 1980's.

II. STUDY AREA

The drainage basin of Oyu Tolgoi deposit, one of the largest Cu-Au porphyry deposit in the world is located in the South Mongolia, approximately 550-600 km from the Ulaanbaatar city. The drainage basin of Oyu Tolgoi deposit (Otdb) covers an area of 1675.2 km² on a scale of 1:500,000 (Fig. 1). The basin lies between latitudes 106°00' and 107°30'N and longitudes 42°40' and 43°20' E. The maximum elevation basin ranges from 1,491 m in the northwestern to 950 m in the southeastern. Area has several springs, not any river, therefore all of streams are dry valley network including ravines and gorges.

Geology

The area occurs within the Gurbansaikhan island arc terrane (Badarch et al., 2002). Regional geology consists of Siluro-Carboniferous sedimentary and volcanic sequences dominated by terrigenous sedimentary and intermediate to felsic volcanic rocks. Terrigenous sedimentary rocks are fine grained, interbedded sandstone, siltstone, argillite, sometimes limestone and conglomerate with significant volcanics. Volcanics are massive, porphyritic augite basalt (Alagbayan formation) to rhyolite flows and andesitic and dacitic to rhyolite tuff. These sequences are intruded by Devonian

syenite and granite and by Carboniferous diorite, granite, granodiorite and syenite bodies and by Permian REE rich peralkaline granite complex (Khanbogd massive). Cretaceous (Bayanshiree formation) to Quaternary sediments are overlaid about 75% of whole area (Perello et al., 2001; Kirwin et al., 2005; Khashgerel, 2006; Gerel, 2009).

III. MATERIALS AND METHODS

A topographic map of 1:500,000 scale and LANDSAT 8 satellite image were used as a base for the delineation of Otdb. The morphometrics parameters were divided in three categories: basic parameters, derived parameters and shape parameters. The data in the first category includes area, perimeter, basin length, stream order, stream length, maximum and minimum heights and slope. Those of the second category are bifurcation ratio, stream length ratio, RHO coefficient, stream frequency, drainage density, drainage texture, basin relief and relief ratio. The shape parameters are elongation ratio, circularity index and form factor. The drainage network of the basin was analysed as per Horton's (1945) laws and the stream ordering was made after Philosophov (1960) and Strahler (1964).

IV. RESULTS AND DISCUSSION

Drainage basin morphology are regarded into structures, such as uplifts and depressions, for example, Duulgat, Khatsavch and Ulaan uul uplifts and Bayan ovoo, Ereen khongor and Galba gobi depressions, as seen from gravimetric survey (Burenkhoo et al., 1995) and drainage combined map (Fig.2). But Otdb has not sub-divided to sub-basins.

Basic parameters

Area (A) and Perimeter (P)

The entire drainage area of Otdb is 1675.2 km². The perimeter is the total length of the drainage

basin boundary. The perimeter of Otdb is 225.5 km, and is shown in Table 1.

Basin length (L)

The basin length corresponds to the maximum length of the basin and if there have a sub-basins, could measure parallel to the main drainage line. The basin length of Otdb is 93 km.

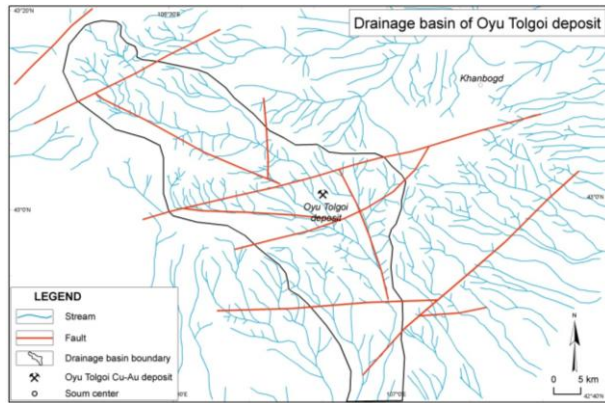


Figure 1. Drainage density map of Oyu Tolgoi deposit

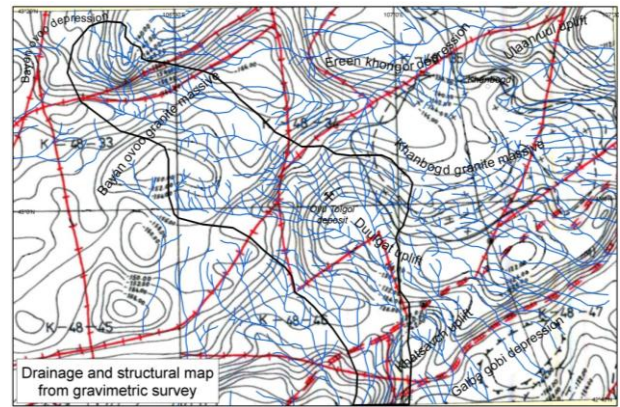


Figure 2. Combined map of drainage and structure. Streams are accorded with faults and geological structures from gravimetric survey

Stream order (Nu)

Stream order, or classification of streams based on the number and type of tributary junctions, has proven to be a useful indicator of stream size, discharge and drainage area (Strahler, 1957; Philosophov, 1960; Bold, 1987). The details of stream characteristics confirm Horton's first law (1945) "law of stream numbers" which state that the number of streams of different orders in a given drainage basin tends closely to approximate an inverse geometric ratio. Otdb is designated as a fifth order basin.

Table 1. Basic, derived and shape parameters of Otdb

Basic parameters						Derived parameters						Shape parameters		
A	P	L	H	h	Sb	RHO	Fs	Dd	T	R	Rr	Re	Rc	Ff
1675.2	225.5	93	1492	950	5.81	0.30	0.12	0.60	0.07	542	5.83	0.50	63.59	0.194

Table 2. Detailed values of some parameters

Stream order	N	Lu	Lt	Rb	Rl
I	151	0.28	679.5	3.87	0.78
II	38	0.22	163.4	3.80	0.83
III	9	0.18	68.7	2.25	0.94
IV	3	0.17	53.7	1.50	0.91
V	1	0.16	37.8	0.00	0.00
	202		1003.1	2.86	0.87

Stream length (Lu)

The stream length characteristic confirms Horton's second law (1945) "laws of stream length," which states that the average length of streams of each of the different orders in a drainage basin tends closely to approximate a direct geometric ratio. Most drainage networks show a linear relationship with a small deviation from a straight line (Chow 1964). The values of length (Lu) and total stream length (Lt) are shown in Table 2.

Maximum and minimum heights (H, h)

The maximum and minimum height corresponds to the highest and lowest point of the basin. The maximum height of Otdb is 1,491 m (Kharaat mountain) in the northwest, and the minimum height is 950 m in southeastern sector of basin.

Slope

The slope angle of a basin is a morphometrical factor of hydrological relevance. Steep slopes generally have high surface run-off values and low infiltration rates. Sediment production thus tends to be high except when largely barren slopes are concerned (Verstappen 1983). The basin slope was calculated applying the following formula:

$$S_b = H - h / L'$$

where H and h are the maximum and minimum basin heights, respectively; and L' is the horizontal length of the basin. The Otdb slope is 5.81. This value is in relationship with the gradual topography of the basin area.

Derived parameters

Bifurcation ratio (Rb)

This is an adimensional parameter that expresses the ratio of the number of streams of any given order (Nu) to the number in the next lower order (Nu+1) (Horton, 1945). Therefore, it is defined as:

$$R_b = N_u / N_{(u+1)}$$

This is a very important parameter that expresses the degree of ramification of the drainage network. The Rb of Otdb is 2.86 (Table 2).

Stream length ratio (Rl)

The basin stream length ratio has been calculated by applying the following formula:

$$R_l = L_u / L_{u-1}$$

where Rl = stream length ratio, Lu = stream length order u and Lu-1 = stream segment length of the next lower order. Rl between successive streams orders varies due to differences in slope and topographic conditions, and has an important

relationship with the surface flow discharge and erosional stage of the basin (Sreedevi et al., 2004). The value of Rl for the Otdb is 0.87 (Table 2).

RHO coefficient (RHO)

This parameter was defined by Horton (1945) as the ratio between the stream length ratio (Rl) and the bifurcation ratio (Rb):

$$RHO = R_l / R_b$$

It is an important parameter that determines the relationship between the drainage density and the physiographic development of the basin, and allows the evaluation of the storage capacity of the drainage network (Horton 1945). It is influenced by climatic, geologic, biologic, geomorphologic and anthropogenic factors. The RHO of the basin is 0.30 (Table 1).

Stream frequency (Fs)

The stream frequency (Fs) was defined by Horton (1945) as the ratio between the total number of stream segments of all orders in a basin and the basin area:

$$F_s = \sum N_u / A$$

where $\sum N_u$ = total number of stream segments of all orders, and A = basin area.

The Fs of the whole basin is 0.12.

Drainage density (Dd)

According to Horton (1945), the drainage density (Dd) is defined as the total length of streams per unit area divided by the area of drainage basin. It is expressed as:

$$D_d = \sum L_t / A$$

where $\sum L_t$ = total length of all the ordered streams, and A = area of the basin.

Dd is a measure of the degree of fluvial dissection and is influenced by numerous factors, among which resistance to erosion of rocks, infiltration capacity of the land and climatic conditions rank high (Verstappen 1983). The Dd of Otdb is 0.60.

Drainage texture (T)

The drainage texture (T) is an expression of the relative channel spacing in a fluvial dissected terrain. It depends upon a number of natural factors such as climate, rainfall, vegetation, rock and soil type, infiltration capacity, relief and stage of development of a basin (Smith 1950). It can be expressed by the equation (Smith 1950):

$$T = D_d \times F_s$$

where Dd = drainage density, and Fs = stream frequency. The value of T for the basin is 0.07.

Basin relief (R)

Basin relief is the difference in elevation between the highest and the lowest point of the basin:

$$R = H - h$$

The R controls the stream gradient and therefore influences floods patterns and the amount of sediment that can be transported (Hadley and Schumm 1961). The relief of Otdb is 542 m and have small value of R due to physiographic hilly structure of the area.

Relief ratio (Rr)

Schumm (1963) exposed that Rr is the dimensionless height-length ratio between the basin relief (R) and the basin length (L):

$$Rr = R / L$$

The Rr of Otdb is 5.83 and the value of the basin is low due to the presence of actively eroded rocks in the area.

Shape parameters

Elongation ratio (Re)

Elongation ratio (Re) was defined for Schumm (1956) as the ratio between the diameter of a circle of the same area as the basin (D) and basin length (L). The Re is calculated by using the following formula:

$$Re = D / L = 1.128 \times \sqrt{A} / L$$

where A = area of the basin, L = basin length, and 1.128 is a constant.

The Re of Otdb is 0.50. This value is indicative of elongated shapes.

Circularity index (Rc)

The circularity ratio (Miller 1953; Strahler 1964) is expressed as the ratio of the basin area (A) and the area of a circle with the same perimeter as that of the basin (P):

$$Rc = 4\pi A / P^2$$

where Rc = basin circularity, P = basin perimeter, A = area of the basin and 4 is a constant.

The Rc of Otdb is 63.59. This value is indicative of the abundant of circularity.

Form factor (Ff)

Horton (1945) proposed this parameter to predict the flow intensity of a basin of a defined area. The Ff of a drainage basin is expressed as the ratio between the area of the basin (A) and the squared of the basin length (L^2). Therefore, the Ff is expressed as:

$$Ff = A / L^2$$

The Ff of Otdb is 0.194. The index of Ff shows the inverse relationship with the square of the axial length and as a direct relationship with peak discharge (Gregory and Walling 1973).

V. CONCLUSION

The stream ordering system of Otdb reveals a high hierarchization and high degree of ramification of the watershed (Horton 1945). Lower order streams mostly dominate the basin. Rb for the basin is the expected value relative to uplifted or highly dissected areas (Horton 1945). The mean Rb (2.86) indicates that the drainage pattern is not much influenced by geological structures (Strahler 1964). This value also is in relationship with the elongate shape of the basin (Schumm 1956). The development of stream segments is affected by slope and local relief (Strahler 1964). The particularity of area is very important considering the management objective in the basin and a progressive land use pressures.

-
1. Badarch G., Cunningham W., Windley B., 2002. A new terrane subdivision for Mongolia: Implications for the Phanerozoic crustal growth of Central Asia. *Journal of Asian earth sciences* 21, no.1, 87-110
 2. Bold Ya., 1987. Introduction to geomorphology and study. Ulaanbaatar, 87 p. (in mongolian)
 3. Burenkhuu E., Gotovsuren A., Badarch G., Dagvatseren A., 1995. Geological complex mapping report to 1:200,000 scale for Galba gobi area. Ulaanbaatar, #4877, in archive of Geological Information Center
 4. Chow Ven T (ed) (1964) Handbook of applied hydrology. McGraw Hill Inc., New York
 5. Gerel O., 2009. Copper deposits of Mongolia. In book: Geology and mineral resources of Mongolia, vol. 6, pp. 47-84 (in Mongolian)
 6. Gregory KJ, Walling DE (1973) Drainage basin form and process: a

- geomorphological approach. Wiley, New York, 456pp
7. Hadley RF, Schumm SA (1961) Sediment sources and drainage basin characteristics in upper Cheyenne River Basin. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 1531-B, 198 pp
 8. Horton RE (1945) Erosional development of streams and their drainage basins. Hydrophysical approach to quantitative morphology. Geol Soc Am Bull 56(3):275–370
 9. Khashgerel B., 2006. Geology and reconnaissance stable isotope study of the Oyu Tolgoi porphyry Cu – Au system, South Gobi, Mongolia. Economic geology 101, 503-522
 10. Kirwin D., Forster Ch., Kavalieris I., Grane D., Orsich C., Panther C., Garamjav D., Munkhbat T., Niislelkhuu G., 2005. The Oyu Tolgoi copper – gold porphyry deposits, South Gobi, Mongolia. In Geodynamics and metallogeny of Mongolia, IAGOD guidebook series 11, London, 175-191
 11. Perello J., Cox D., Garamjav D., Sanjdorj S., Diakov S., Schissel D., Munkhbat T., Oyun G., 2001. Oyu Tolgoi, Mongolia: Siluro – Devonian porphyry Cu – Au – (Mo) and high sulfidation Cu mineralization with a Cretaceous chalcocite blanket. Economic geology 96, 1407-1428
 12. Philosophov V.P., 1960. Short manual of morphometric methods revealing tectonic structure. Saratov, USSR, 69 pp. (in russian)
 13. Schumm SA (1956) Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. Geol Soc Am Bull 67:597–646
 14. Schumm SA (1963) Sinuosity of alluvial rivers on the great plains. Geol Soc Am Bull 74:1089–1100
 15. Smith KG (1950) Standards for grading texture of erosional topography. Am J Sci 248:655–668
 16. Sreedevi PD, Subrahmanyam K, Ahmed S (2004) The significance of morphometric analysis for obtaining groundwater potential zones in a structurally controlled terrain. Environ Geol 47:412–420
 17. Strahler AN (1957) Quantitative analysis of watershed geomorphology. Trans Am Geophys Union 38:913–920
 18. Strahler AN (1964) Quantitative geomorphology of drainage basin and channel networks. In: Chow VT (ed) Handbook of applied hydrology. McGraw Hill Book Co., New York, pp. 4–76
 19. Verstappen H (1983) The applied geomorphology. International Institute for Aerial Survey and Earth Science (I.T.C), Enschede, The Netherlands, Amsterdam, Oxford, New York

Very Large Scale PV Power Generation for Shifting to a Renewable Energy Future

Namjil Enebish¹, Keiichi Komoto², Christian Breyer³, Sicheng Wang⁴,
Edwin Cunow⁵, David Faiman⁶, Parikhith Sinha⁷ and Tomoki Ehara⁸

¹National University of Mongolia, Mongolia, enebish@seas.num.edu.mn

²Mizuho Information & Research Institute, 2-3 Kanda-Nishikicho, Chiyoda-ku,
Tokyo 101-8443, Japan, e-mail: keiichi.komoto@mizuho-ir.co.jp,

³Lappeenranta University of Technology, Finland, christian.breyer@lut.fi,

⁴Energy Research Institute, National Development and Reform Commission,
China, wangsc@eri.org.cn,

⁵LSPV Consulting, Germany, edwin.cunow@lspv-consulting.com,

⁶Ben-Gurion Univ of The Negev, Israel, faiman@bgumail.bgu.ac.il,

⁷First Solar, Inc., USA, parikhith.sinha@firstsolar.com,⁸

²E-konzal, Japan, ehara.ekonzal@gmail.com

In order to meet the environmental challenge in the 21st Century, renewable energy must play an important role. PV is one of the most promising renewable energy technologies. It may be no exaggeration to say that we're now coming to the stage of energy transition by PV power plants. PV power plants came on the market first in the latter half of 2000s. Since then, a capacity of the largest PV power plant in the world has been broken every year. In 2014, some PV plants over 500MW started operation. Currently, a share of PV power plants will be 15% or more of the total PV installation in the world. The technical and economic feasibility of the large scale PV power plants are already proven, and the environmental and socio-economic benefits can make the project more attractive. To deploy large scale PV power plants as a major power source, the feasibility and expected benefits of PV power plants are analysed, as well as a potential for global energy system.

Keywords: VLS-PV, Large Grid-connected PV systems, Sustainable

I. INTRODUCTION

In order to meet the environmental challenge in the 21st Century, renewable energy must play an important role. PV is one of the most promising renewable energy technologies. It may be no exaggeration to say that we're now coming to the stage of energy transition by PV power plants.

PV power plants came on the market first in the latter half of 2000s. Since then, a capacity of the largest PV power plant in the world has been broken every year, and some PV plants over 500MW have already started operation. Currently, a share of PV power plants will be 15% or more of the total PV installation in the world. The technical and economic feasibility of the large scale PV power plants are already proven, and the environmental and socio-economic benefits can make the project more attractive.

To deploy large scale PV power plants as a major power source, under the framework of the

IEA PVPS [1] and Task8 [2]-[6], we analysed the feasibility and expected benefits of PV power plants, as well as a potential for global energy system

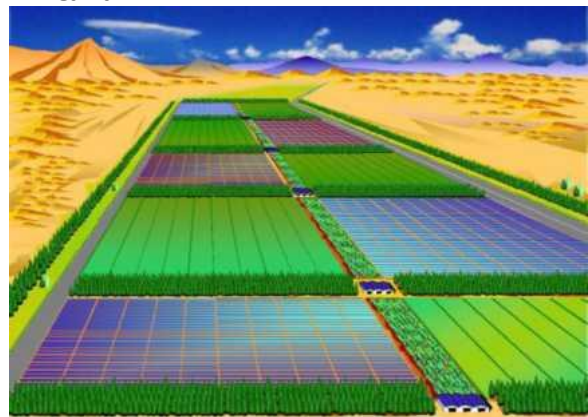


Figure 1. Image of VLS-PV on a desert area

II. FEASIBILITY AND BENEFITS OF PV POWER PLANTS

A. Technical feasibility

PV power plants with several hundred MW scales are already in the commercial stage and technically feasible, as shown in Fig.2. In 2014, some PV plants over 500MW started operation. It may be reasonable to expect that GW- scale PV power plants will come on the market in near future. CPV is another promising technology with options suitable in the desert environment, and some large-scale projects are implemented.

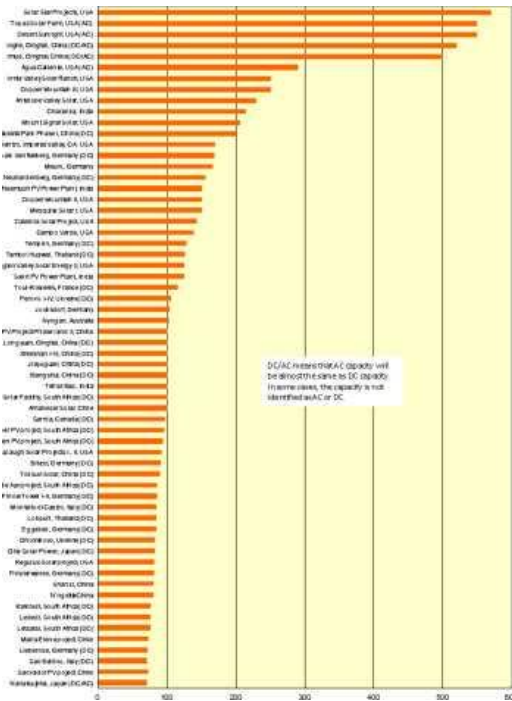


Figure 2. Examples of existing large scale PV power plants in the world

PV power plants in the desert have to endure the severe environmental conditions, such as soiling. A degree of soiling and its impact is depending upon surrounding environments and meteorological conditions of the site. Cleaning option of the PV plants can be justified if the cost for cleaning is lower than the income generated by the solutions (see Fig.3). In general, a cost for cleaning is heavily depending upon the local cost of labour and water.

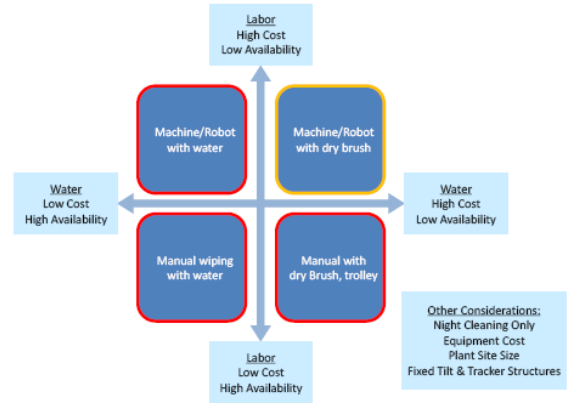


Figure 3. Classifications of cleaning method [6]

Besides soiling, sand storm and particles, high temperature and large temperature difference between day and night, exposure to intense ultraviolet irradiation, etc. are the significant and special issues for PV power plants in the deserts environment. Recently, importance and necessity of evaluating capability and performance of PV modules under the desert condition is widely accepted. Evaluation method for those issues are not standardised internationally yet, and further discussions are needed.

B. Economic feasibility

Initial cost for PV installation has been decreasing. In some regions, LCOE of PV technology is already reached to the level of retail electricity tariff. According to the IEA PV technology roadmap [7], initial cost for utility-scale PV system will be 1.5-3 MUSD/MW in 2015, and reached to approximately 1 MUSD/MW and 0.7 MUSD/MW in 2030 and 2050 respectively. If the indicated costs are achieved, the LCOE of PV power plants will be able to compete with conventional power plants.

Fig.4 represents the expected LCOE of 1 GW PV power plants assuming some desert areas, as a function of global horizontal annual irradiation.

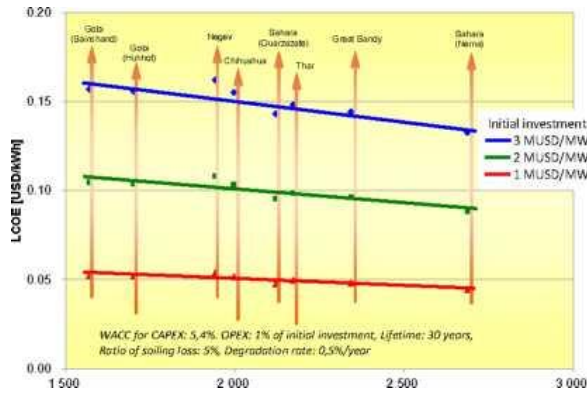


Figure 4. Expected LCOE of PV power plants [6]

When it comes to the PV power plant in the desert environment, the LCOE is already low even, 0.1 USD/kWh, with the current module price level. In the near future, PV power plants will become more competitive against conventional power plants; their production costs in tendency are steadily increasing.

C. Environmental benefits

PV technology is one of the promising technologies for climate change mitigation, as the Energy Pay-Back Time is very short and the CO₂ emission rate is very small. The Energy Pay-Back Time and CO₂ emission rate of the VLS-PV plants are within the ranges of 1 to 3 years and 30 to 70 g-CO₂/kWh respectively, depending on the type of PV module (efficiency mainly) and location of installation (irradiation and array manufacturing electricity mainly).

Assuming 30 years life-time, the plants can produce 10 to 30 times more energy than the total energy consumed throughout the life-cycle. Similarly, the CO₂ emission rate will be one-tenth or one-twentieth of average CO₂ emission rate in China or Africa. This means that 90 to 95 % CO₂ emissions for power generation can be reduced by substituting new fossil fired power plants with the VLS- PV plants.

As relative indicator, the Ecological Footprint (EF) is there, which is one of the indicators to monitor the effects of CO₂ on the environment. The EF is expressed by the capability of ecosystem required to purify, absorb and mitigate the impact of human activities. Capability of ecosystem is called bio-capacity

(BC). The earth is sustainable while the EF is smaller than the BC, but if the EF is higher than the BC, the earth is regarded as unsustainable.

The EF and BC in the Northeast Asian region can be balanced by installing the 1,000 GW VLS-PV plants in the Gobi desert covering China and Mongolia. The Area required for the VLS-PV plants is only 1 to 2 % of the Gobi desert. It should be noted that, this calculation considers the effects of CO₂ emissions reduction only. The environmental effect can be further exploited if the development is coupled with afforestation and agricultural development in the surrounding area.

Without VLS-PV

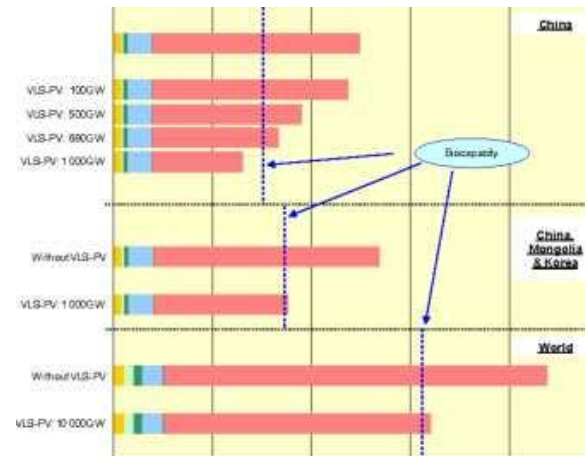


Figure 5. Ecological impacts by VLS-PV project on the Gobi desert [4]

PV technology is one of the promising technologies for climate change mitigation, as the Energy Pay-Back Time is very short and the CO₂ emission rate is very small. The Energy Pay-Back Time and CO₂ emission rate of the VLS-PV plants are within the ranges of 1 to 3 years and 30 to 70 g-CO₂/kWh respectively, depending on the type of PV module (efficiency mainly) and location of installation (irradiation and array manufacturing electricity mainly).

Assuming 30 years life-time, the plants can produce 10 to 30 times more energy than the total energy consumed throughout the life-cycle. Similarly, the CO₂ emission rate will be one-tenth or one-twentieth of average CO₂ emission rate in China or Africa. This means that 90 to 95

% CO₂ emissions for power generation can be reduced by substituting new fossil fired power plants with the VLS- PV plants.

As relative indicator, the Ecological Footprint (EF) is there, which is one of the indicators to monitor the effects of CO₂ on the environment. The EF is expressed by the capability of ecosystem required to purify, absorb and mitigate the impact of human activities. Capability of ecosystem is called bio-capacity (BC). The earth is sustainable while the EF is smaller than the BC, but if the EF is higher than the BC, the earth is regarded as unsustainable.

The EF and BC in the Northeast Asian region can be balanced by installing the 1,000 GW VLS-PV plants in the Gobi desert covering China and Mongolia. The Area required for the VLS-PV plants is only 1 to 2 % of the Gobi desert. It should be noted that, this calculation considers the effects of CO₂ emissions reduction only. The environmental effect can be further exploited if the development is coupled with afforestation and agricultural development in the surrounding area.

Figure 6 shows an example of study on life-cycle water use for electricity generation. Conventional power plants such as fossil power and nuclear power consume much water for cooling. The plants locating inland are generally using ground water. On the other hand, PV technologies consume water at the production stage to some extent, but little during their operation. Clearly, PV power plants will contribute to saving ground water use by substituting conventional power plants inland.

D. Social benefits

A construction of GW-scale PV power plant will create substantial and stable demand for PV system components as well as employment for construction if the construction is managed in an appropriate manner. Figs.7 and 8 show one of our scenarios we proposed for GW- scale PV plant with sustainable social development.

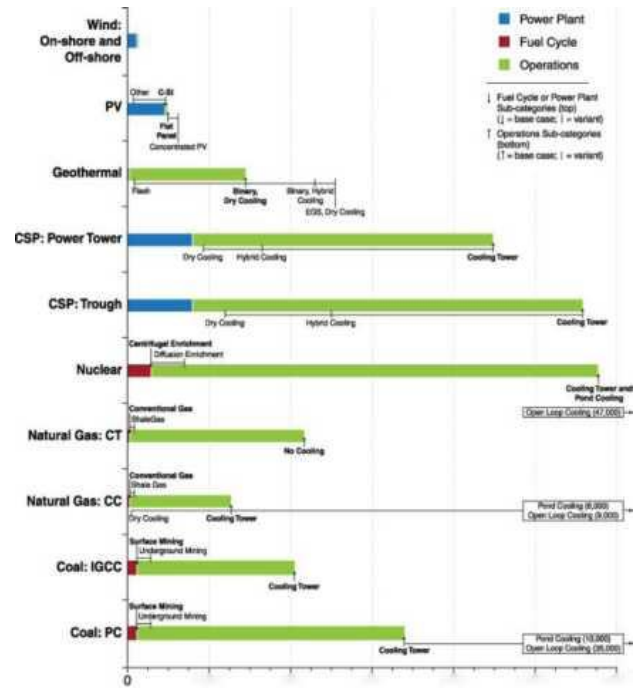


Figure 6. Life cycle water withdrawal [8]

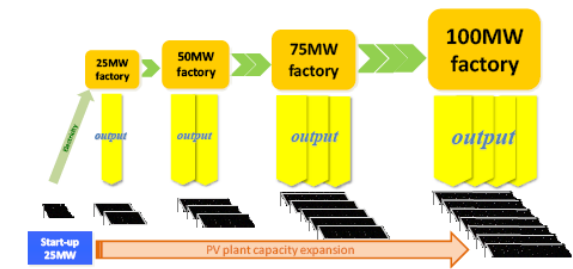


Figure 7. Conceptual view of a sustainable scheme [6]

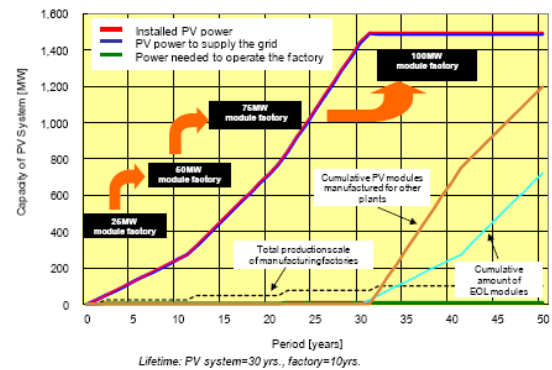


Figure 8. Sustainable scheme for VLS-PV development [6]

Under the scenario, approximately 9 thousand jobs are created during the projected period, and approximately 400 stable jobs are created annually (see Fig.9). It should be noted that, the simulation only includes direct employment. If it is coupled with indirect employment in the supply chain, the impact of VLS-PV on

sustainable job creation can be doubled.

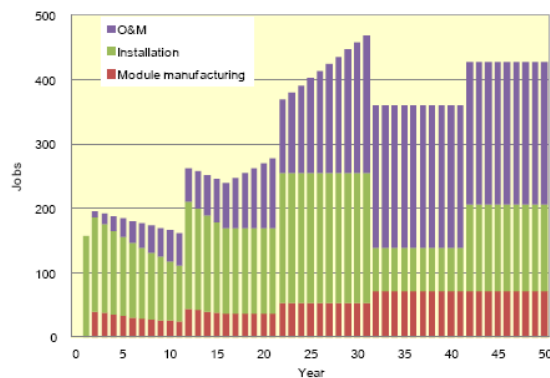


Figure 9. Expected direct employment by VLS-PV project with productivity improvement [6]

III. PV POWER PLANTS AS A MAJOR POWER SOURCE

The cross-border supply networks for electricity are the prerequisite for the mass deployment of PV power plants as a major power source. Global deployment of PV power plants will be accelerated by developing energy supply system combined with other renewables and energy storage technologies.

For Northeast Asia it is proposed that the excellent solar and wind resources of the Gobi desert could be utilized for load centers in China, Korea and Japan as a contribution to the energy transformation ahead. The area is composed by regions, which can be interconnected by a high voltage direct current (HVDC) transmission grid. Our precise study such as Fig.10 revealed that 100% renewable energy system in Northeast Asia is reachable. PV will play an important role although wind energy may dominate the region. Main electricity exporters are Northwest, North and Central China.

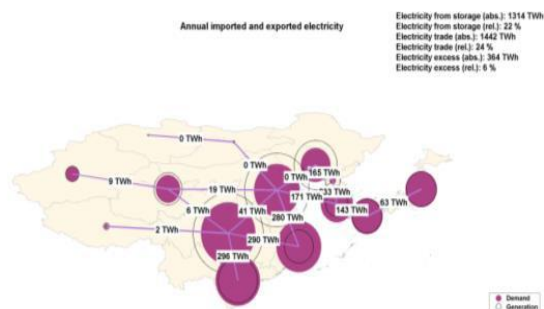


Figure 10. Annual generation and demand for area-wide open trade scenario for Northeast Asia and reference year 2030 [9]

The renewable energy can also be used to produce gaseous and liquid fuel when the power supply surpasses the demand. One of the advantages of this technology is that such fuel can be used for non-electricity energy demand such as heat or vehicle fuel. Although there are technical and economic barriers to be solved for the renewable-based fuel production system, low carbon energy system with 100 % renewable energy is certainly possible in the future.

It will be difficult, of course, to immediately start a super grid project, including construction of hundreds of GW of PV power plants. However, socio-economic benefits as well as environmental value of a concept of a VLS-PV supergrid should be seriously taken into account from a long-term viewpoint.

In order to achieve the goal, technical and institutional issues for international grid connection should be addressed and discussed in a more intensive manner.

[1] IEA PVPS Annual Report 2014 (2015) (ISBN: 978-3906042-34-3).

[2] Kosuke Kurokawa, Energy from the Desert: Feasibility of Very Large Scale Power Generation (VLS-PV) Systems, James and James (2003) (ISBN: 1-902916-41-7).

[3] Kosuke Kurokawa, Keiichi Komoto, et al., Energy from the Desert: Practical Proposals for Very Large Scale Photovoltaic Systems, Earthscan (ISBN: 978-184407-363-4) (2007).

[4] Keiichi Komoto, et al., Energy from the Desert: Very Large Scale Photovoltaic Systems: Socio-economic, Financial, Technical and Environmental Aspects, Earthscan (ISBN: 978-1-84407-794-6) (2009).

[5] Keiichi Komoto, et al., Energy from the Desert: Very Large Scale PV Power -State of the Art and into the Future-, Earthscan from Routage (ISBN: 978-0-41563982-8) (2013).

[6] IEA PVPS Task8, Energy from the Desert: Very Large Scale PV Power Plants for Shifting to Renewable Energy Future, Report IEA-PVPS T8-01: 2015 (ISBN: 978-3-906042-29-9) (2015).

[7] OECD/IEA, Technology Roadmap: Solar

Photovoltaic Energy, (2014).

[8] J. Meldrum, G. Heath, et al., Life cycle water use for electricity generation: a review and harmonization of literature estimates, *Environmental Research Letters*, 8 (2013).

[9] C. Breyer, D. Bogdanov, K. Komoto, T. Ehara, et al., North-East Asian Super Grid: Renewable Energy Mix and Economics, 6th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, Kyoto, Japan (2014).

Гачуурт Орчмын Нуга ба Хээрийн Зарим Ургамлын Хлорофиллийн Флуоресценцийн Үзүүлэлтүүд

Ш.Оюунгэрэл, Б.Бурмаа, Т.Гун-Аажав

МУИС, ШУС-ийн Биологийн тэнхим

ТОВЧ УТГА

Бид нуга ба хээрийн ургамлуудын фотосинтезийн идэвх болон физиологийн үйл ажиллагааг хэр зэрэг ялгаатай байдгийг харьцуулах зорилгоор энэхүү судалгааг Fluorpen-FP100 багажийг ашиглан 2015 оны 6-р сард Гачуурт орчимд хийсэн. Оптималь квант гарц нугын ургамлуудад 0,75-0,76 байхад хээрийн ургамлуудад 0,72-0,73, флуоресценцийн багасалтын харьцаа нугын ургамлуудад 3,40-3,43 байхад хээрийн ургамлуудад 2,95-3,35 байна.

ТҮЛХҮҮР ҮГ: флуоресценц, оптималь квант гарц, флуоресценцийн багасалтын харьцаа, фотосинтезийн идэвх, нуга, хээр.

I. УДИРТГАЛ

Ногоон ургамалд явагдах фотосинтезийн процессын тусламжтайгаар агаараас нүүрсхүчлийн хийг шингээн авч, агаарт хүчилтөрөгчийг ялгаруулахын зэрэгцээ органик биш бодисуудаас органик бодисыг өөртөө нийлэгжүүлэн хооллон, өсөн үржиж, амьдардаг. Энэхүү фотосинтезийн процессыг явуулахад нарны гэрлийн энергийг шингээн авдаг чухал ач холбогдолтой пигмент бол хлорофилл бөгөөд ургамал хлорофиллийг их хэмжээгээр агуулдаг учраас бидэнд ногоон өнгөтэй харагддаг. Хлорофиллийн физик шинж бол гэрлийг сонгож шингээх чадвар бөгөөд флуоресценцийн үзэгдлийг илрүүлдэг. Ямар нэгэн бие тусч байгаа гэрлийг эргүүлж цацаргах үзэгдлийг флуоресценц гэнэ. Хлорофиллүүд флуоресценцийг үзүүлэхдээ маш богино хугацаанд 10^{-8} - 10^{-9} сек гэрлийг хүлээн авч идэвхжиж байгаа өдөөгдсөн төлөв юм. Гэрлийн үйлчлэл зогсмогц хлорофиллийн өдөөгдсөн молекул бага энергитэй үндсэн төвшиндөө шилжинэ. Энэ үед нь шингээсэн эрчим хүчний нэг хэсгийг алдаж дулаанд шилжүүлэх юмуу аль эсвэл гэрэл хэлбэрээр буцааж цацаргадаг. Амьд эсэд флуоресценцийн үзэгдэл багасаж ирдэг нь буцаж цацарч байгаа гэрлийг хлорофилл дахин шингээдэгтэй холбоотой. Флуоресценцийн эрчим их байх нь хлорофилл фотохимийн идэвхтэй байгааг гэрчилдэг. Иймээс ургамлуудын

флуоресценцийн үзүүлэлтүүдээр төлөөлүүлэн фотосинтезийн идэвх, түүнчлэн физиологийн үйл ажиллагааг нь үнэлэх боломжтой. Нуга ба хээр нь ус чийг, температур, нарны гэрэл болон ургамал ургахад зайлшгүй шаардлагатай гадаад орчны нөхцөлүүдээрээ нэлээд ялгаатай бөгөөд энэ ялгаа нь ургамлын физиологийн үйл ажиллагаанд хэрхэн нөлөөлдөгийг илрүүлэх зорилгоор энэхүү судалгааны ажлыг гүйцэтгэлээ.

II. МАТЕРИАЛ

Судалгаанд нугад ургаж буй 6 зүйлийн ургамал (хус-*Betula microphylla*, тагийн тарна-*Polygonum alpinum*, ледебурын бургас-*Salix lederbouriana*, эмийн багваахай-*Taraxacum officinalis*, эмийн сөд-*Sanquisorba officinalis*, лавр навчит улиас-*Populus laurifolia*), хээрт ургаж буй 6 зүйлийн ургамал (дагуур тарваган шийр-*Thermopsis dahurica*, үмхий шимэлдэг-*Dracocephalum foetidum*, одой далан түрүү-*Stellera chamaejasme*, дагуур хатны цэцэг-*Cymbaria dauricum*, урт навчит гишүүнэ-*Rheum undulatum*, замын таван салаа-*Plantago depressa*) нийт 12 зүйлийн ургамлыг сонгож авсан.

III. АРГА ЗҮЙ

Хлорофиллийн флуоресценцийн үзүүлэлтүүдийг Fluor Pen (FP 100) багажаар тодорхойлсон. Оптималь квант гарц (optimal quantum yield, Schreiber & Bilger 1993) 1 гэрлийн квантад (нэгж гэрлийн эрчимд) харгалзах CO₂-ийн хэмжээ юм. Энэ хэмжээ их байвал гэрлийн энергийг сайн ашиглаж байна, харин бага байвал муу ашиглаж байгааг харуулах бөгөөд фотосинтезийн гэрлийн шатны урвалаар нь тухайн ургамлын физиологийн үйл ажиллагааг үнэлэх боломжтой. C₃ ургамалд оптималь квант гарцын хамгийн их утга 0.832 байдаг. Флуоресценцийн багасалтын харьцаа (Rfd)-гаар фотосинтезийн гэрлийн ба харанхуй шатны урвалуудыг нийтэд нь үнэлэх боломжтой бөгөөд тухайн үеийн флуоресценц (Ft), оптималь квант гарц (QY) ба флуоресценцийн хамгийн их (P) утгуудыг олж, дараах томъёогоор тооцоолон гаргадаг. Rfd ≥ 2.5 бол CO₂-ийн шингээлт буюу фотосинтезийн идэвх сайн байгааг, харин Rfd < 1 бол фотосинтезийн эрхтний үйл ажиллагаа хангалтгүй байгааг тус тус харуулна [1-4].

$$P = \frac{Ft}{1 - QY}$$

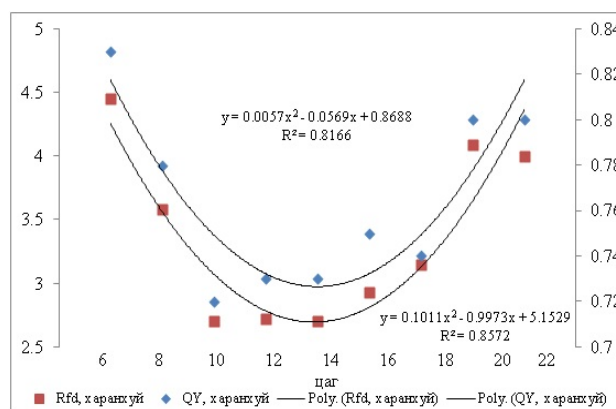
$$Rfd = \frac{P - Ft}{Ft}$$

IV. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

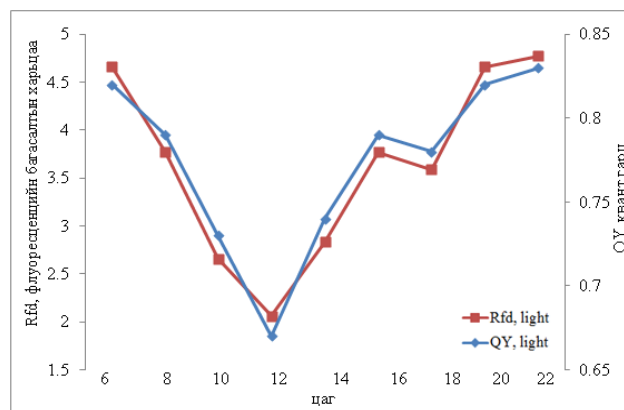
А. Флуоресценцийн үзүүлэлтүүдийн өдрийн явц:

Гачуур орчмын нуга ба хээрийн нийт 12 зүйлийн ургамалд флуоресценцийн үзүүлэлтүүдийн өдрийн явцыг өглөөний 6 цагаас оройн 22 цаг хүртэл 2 цагийн интервалтайгаар тодорхойлсон. Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд, хлорофиллийн флуоресценцийн үзүүлэлт (Ft) өдрийн туршид нэлээд хэлбэлтэй тогтворгүй буюу тухайн үеийн флуоресценцийн утгыг л зөвхөн илэрхийлж байна. Тийм учраас тухайн үеийн флуоресценцийн утга нь дангаараа ямар нэгэн

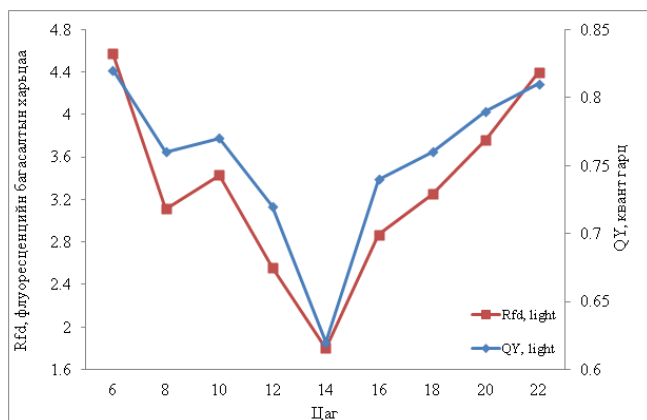
зүй тогтлыг илэрхийлж чадахгүй боловч энэ үзүүлэлт болон тухайн үеийн квант гарцын утгаар флуоресценцийн хамгийн их утга (P) болон флуоресценцийн багасалтын харьцаа (Rfd)-ны утгуудыг олох боломжтой. Оптималь квант гарц (QY), флуоресценцийн багасалтын харьцаа (Rfd)-ны үзүүлэлтүүд шууд хүчтэй хамааралтай (0.97-0.99) бөгөөд эдгээр үзүүлэлтүүд өглөөний цагуудад их байгаад, өдрийн цагуудад буурч, оройн цагуудад эргээд бага зэрэг ихэсч байна (Зураг 1-4). Үүнээс үзэхэд фотосинтезийн идэвх өглөөний 10-12 цагуудад хамгийн их байх бөгөөд үд дунд нарны гэрлийн эрчим хамгийн их байдаг учраас ургамал ууршилтаа багасгахын тулд навчны амсараа хааж, нүүрсхүчлийн хий шингэх боломжгүйгээс болоод фотосинтезийн идэвх буурч ирдэгийг харуулж байна.



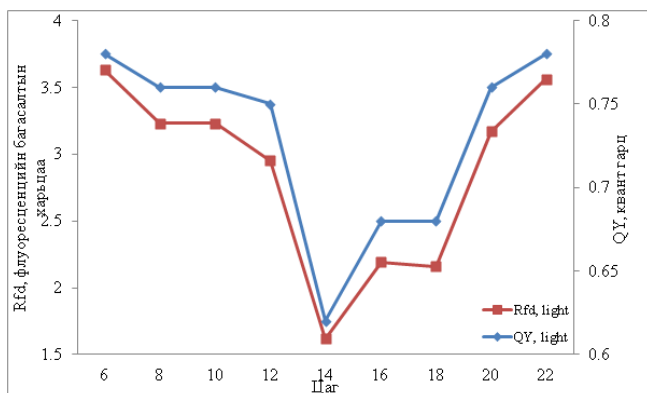
Зураг 1. Гачуурт орчмын ургамлуудын флуоресценцийн өдрийн явцын дундаж үзүүлэлт



Зураг 2. Betula microphylla-ийн хлорофиллийн флуоресценцийн үзүүлэлтүүдийн өдрийн явц

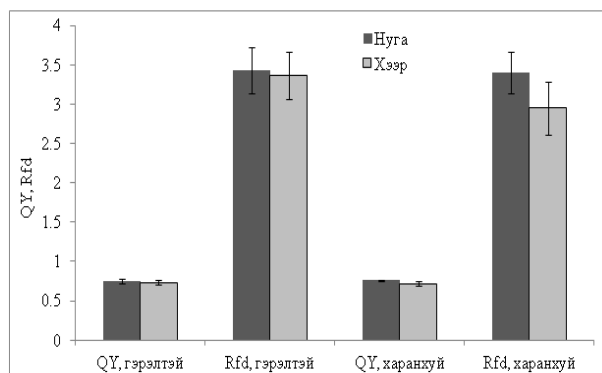


Зураг 3. *Dracoscephalum foetidum*-ийн хлорофиллийн флуоресценцийн үзүүлэлтүүдийн өдрийн явц



Зураг 4. *Plantago depressa*-ийн хлорофиллийн флуоресценцийн үзүүлэлтүүдийн өдрийн явц

фотосинтезийн идэвх харьцангуй бага байгааг харуулж байна. Харин нуга нь ургамлын физиологийн үйл ажиллагаанд гол чухал шаардлагатай ус чийгийн хангамж сайтай учраас тэнд ургаж буй ургамлуудын фотосинтезийн идэвх хээрийн ургамлуудынхаас харьцангуй илүү байна. Гэсэн хэдий ч нуга ба хээрийн ургамлуудын флуоресценцийн багасалтын харьцаа аль алинд нь 2,5-аас их буюу фотосинтезийн идэвх аль алинд нь сайн [2] байгааг харуулж байна. Энэ тухайн ургамлуудын орчин нөхцөлдөө дасан зохицон физиологийн үйл ажиллагаагаа хэвийн явуулж байдгийг харуулж байна.



Зураг 5. Нуга ба хээрийн ургамлуудын флуоресценцийн үзүүлэлтүүдийн харьцуулалт

Б. Нуга ба хээрийн ургамлуудын флуоресценцийн үзүүлэлтүүдийн харьцуулалт

Гачуурт орчмын нуга ба хээрт ургаж буй ургамлуудын флуоресценцийн үзүүлэлтүүдийн дундаж хэмжээгээр тэдгээрийг хооронд харцуулахад нугын ургамлуудын үзүүлэлт ямагт хээрийн ургамлуудынхаас илүү байв. Тухайлбал оптималь квант гарц 0,75-0,76 байхад нугын ургамлуудад 0,72-0,73, флуоресценцийн багасалтын харьцаа нугын ургамлуудад 3,40-3,43 байхад хээрийн ургамлуудад 2,95-3,35 байна (Хүснэгт 1-2, Зураг 5). Үүнээс үзэхэд хээрийн экосистем нь нугыг бодоход фотосинтезд шаардлагатай нарны тусгацын хэмжээгээр илүү боловч ус чийгийн хангамж ямагт нугаас бага, дутагдалтай байдагтай холбоотойгоор

V. ДҮГНЭЛТ

1. Ургамлуудын оптималь квант гарц (QY), флуоресценцийн багасалтын харьцаа (Rfd)-ны үзүүлэлтүүд шууд хүчтэй хамааралтай бөгөөд өглөөгүүр болон оройн цагаар их, харин өдрийн цагаар багасч байна. Үүнээс үзэхэд фотосинтезийн процесс өглөөгүүр хамгийн их эрчимтэй явагдах бөгөөд үд дундын үед буурч, оройн цагаар бага зэрэг нэмэгдэж байна. Үд дундын үед халуун нарны гэрлийн эрчим их учраас амсар хаагдаж, агаараас CO₂ нэвтрэх боломжгүй байдагтай холбоотой.
2. Оптималь квант гарц 0,75-0,76 байхад нугын ургамлуудад 0,72-0,73, флуоресценцийн багасалтын харьцаа нугын ургамлуудад 3,40-3,43 байхад хээрийн ургамлуудад 2,95-3,35 байна.

Нугын ургамлуудын флуоресценцийн үзүүлэлтүүд хээрийн ургамлуудынхаас харьцангуй илүү байгаа нь тэдгээр

экологийн орчны усан хангамжтай холбоотой гэж үзэж байна.

Хүснэгт 1. Нуга ба хээрийн ургамлуудын флуоресценцийн үзүүлэлтүүдийн дундаж хэмжээ

№	Ургамлын нэр	Гэрэлтэйд			Харанхуйд (20 минут)		
		Ft	QY	Rfd	Ft	QY	Rfd
Нугын ургамлууд							
1	<i>Betula microphylla</i>	4242±635	0.77±0.05	3.64±0.97	4369±493	0.77±0.04	3.58±0.89
2	<i>Polygonum alpinum</i>	3739±495	0.73±0.11	3.21±1.23	4710± 1216	0.75±0.06	3.21±0.92
3	<i>Salix lederbouriana</i>	4382 ±193	0,72 ±0,03	2,96± 1,24	5050± 484	0,6± 0,04	1,87± 0,32
4	<i>Taraxacum officinalis</i>	5743±374	0,7±0,02	2,59±0,24	5825±472	0,68±0,03	2,46±0,30
5	<i>Sanquisorba officinalis</i>	4656±262,7	0,76±0,17	3,36±0,73	4670±883	0,75±0,04	2,89±0,59
6	<i>Populus laurifolia</i>	3823±371	0,77±0,02	3,52±0,65	4175±524,4	0,74±0,03	3,09±0,76
	Дундаж	4552±744	0.75±0,03	3.43±0,30	4595±337	0.76±0,01	3.40±0,26
Хээрийн ургамлууд							
1	<i>Thermopsis dahurica</i>	2927±422	0,71±0,05	3,32±1,16	3421±403,9	0,73±0,04	3,25±0,57
2	<i>Dracocephalum foetidum</i>	3936±448	0,75±0,03	3,31±0,40	5235±501	0,71±0,03	2,73±0,43
3	<i>Stellera chamaejasme</i>	3675±402	0,78±0,02	3,69±0,36	4092±525	0,74±0,05	3,29±0,90
4	<i>Cymbaria dauricum</i>	2207±266	0,76±0,02	2,90±0,34	2668±526	0,74±0,04	3,00±0,56
5	<i>Rheum undulatum</i>	3510±204	0,77±0,02	3,56±0,37	4062±422,6	0,68±0,04	2,49±0,4
6	<i>Plantago depressa</i>	4218±182	0,73±0,17	2,86±0,71	4700±732	0,65±0,05	2,20±0,40
	Дундаж	3412±734	0.73±0,03	3.36±0,30	4030±909	0.72±0,03	2.95±0,34

3.

4. Хүснэгт 2. Нуга ба хээрийн ургамлуудын флуоресценцийн үзүүлэлтүүдийн харьцуулалт

Ургамал	QY, гэрэлтэй	Rfd, гэрэлтэй	QY, харанхуй	Rfd, харанхуй
Нугын ургамлууд	0.75±0,03	3.43±0,30	0.76±0,01	3.40±0,26
Хээрийн ургамлууд	0.73±0,03	3.36±0,30	0.72±0,03	2.95±0,34

-
1. Manuals of CO₂ and fluorescence measurements. 2001. Qubit Systems. Inc. Canada.
 2. Mohammed G.H., Binder W.D. & Gillies S.L. 1995. Chlorophyll fluorescence: A review of its practical forestry applications and instrumentation. *Scand. J. For. Res.* 10: 383-410
 3. Rinderle, U. & Lichtenthaler, K.K. 1988. The chlorophyll fluorescence ratio F_{690}/F_{735} as a possible stress indicator. *Applications of Chlorophyll Fluorescence*, pp. 189-196. Kluwer Academic, Dordrecht.
 4. Schreiber, U. & Bilger, W 1993. Progress in chlorophyll fluorescence research: major developments during the past years in retrospect. *Progr. Bot.* 54: 151-173