



ГЕОФИЗИК БА ОДОН ОРОН СУДЛАЛ

**МОНГОЛ УЛСЫН ШИНЖЛЭХ УХААНЫ АКАДЕМИ
ОДОН ОРОН, ГЕОФИЗИКИЙН ХҮРЭЭЛЭН**

№ 4 2017

Монгол улсад Одон орон, геофизикийн судалгаа
үүсэж хөгжсөний 60 жилийн ойд
зориулав.

УЛААНБААТАР ХОТ
2017 он

ISBN: 99929-5-575-9

Монгол Улсын Шинжлэх Ухааны Академийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэн
“Геофизик ба Одон орон судлал” сэтгүүл, № 4, Улаанбаатар, 2017, 151 хуудас.

Редакцийн зөвлөл:

ШУ-ны доктор, профессор С.Дэмбэрэл
Доктор, дэд профессор Ч.Одонбаатар
Доктор Ү.Сүхбаатар
Доктор Ч.Лхагважав
Доктор Д.Батмөнх
Доктор М.Өлзийбат
Доктор Б.Цэгмэд
Доктор Н.Тунгалаг
Доктор Ч.Баярсайхан
Доктор Ц.Батсайхан
Доктор А.Мөнхсайхан
Доктор Ц.Баатарчулуун
Доктор Х.Цээдулам

Дугаарыг эрхлэн гаргасан:

Доктор, дэд профессор Ч.Одонбаатар
Докторант Б.Буянтогтох

Редакцийн хаяг:

Улаанбаатар хот-13343, БЗД, 5-р хороо, Ж.Лхагвасүрэнгийн гудамж-42,
ШУА-ийн 7-р байр, Монгол улс
Утас: +976-11-453685
Факс: +976-11-455204
И-мэйл: iag@iag.ac.mn
Вэб хаяг: www.iag.ac.mn

ГАРЧИГ

ОРХОН АЙМГИЙН ТӨВД МОГОДЫН ХАГАРЛААС ИРЭХ СИНТЕТИК СЕЙСМОГРАМЫГ ТООЦСОН НЬ М.Оюун-Эрдэнэ, Ч.Одонбаатар	5.
УЛААНБААТАР ХОТ ОРЧМЫН ГАЗАР ХӨДЛӨЛТ БҮРТГЭХ ӨРГӨН ЗУРВАСЫН СТАНЦУУДЫН ЦАГИЙН АЛДААГ КОРРЕЛЯЦИЙН АРГААР ШАЛГАСАН СУДАЛГАА Д.Лхагвадорж, М.Өлзийбат, Б.Баттулга.....	13.
МОНГОЛ ОРНЫ ГАЗАР ХӨДЛӨЛТ БҮРТГЭХ СТАНЦЫН ХӨГЖИЛ Ж.Баяраа, Б.Баттулга, Б.Мөнхбаяр, М.Өлзийжаргал , Г. Төгөлдөр, С.Тогтохбаяр, Д.Лхагвадорж, А.Нармандах, А.Энхтүвшин.....	20.
ГАДАРГЫН ДОЛГИОНООР ГҮНИЙ БҮТЦИЙГ ТОДОРХОЙЛОХ А.Дөлгөөн, Ч.Одонбаатар.....	27.
ГАЗАР ХӨДЛӨЛТИЙН АВТОМАТ БОДОЛТЫН ҮНДСЭН ПАРАМЕТРУУДИЙГ НАРИЙВЧЛАН ТООЦОХ СУДАЛГАА Д.Энхтулга, М.Өлзийбат.....	33.
ГАЗАР ХӨДЛӨЛТИЙН ХҮЧНИЙ ТАРХАЛТЫН ТООЦОО Г.Байгальмаа, Ч.Одонбаатар.....	41.
ТОСОНЦЭНГЭЛ СТАНЦЫН ДООРХ ЦАРЦДАСЫН ЗУЗААНЫГ ТОДОРХОЙЛОХ СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН Т.Долгоржав, Ц.Баасанбат, Ч.Баярсайхан.....	49.
СЕЙСМИК ХУРДНЫ 1D МОДЕЛЬ (БАРУУН БҮС) С.Загдсүрэн, Б.Диймаа, П.Батбаяр, Х.Ганзориг, Мөнгөнхүү, П.Чимэдцэрэн.....	56.
ГАЗАР ХӨДЛӨЛИЙН ГОРИМЫН СУДАЛГАА (ХОВД) С.Загдсүрэн, Б.Диймаа, П.Батбаяр, Х.Ганзориг, Ч.Мөнгөнхүү, П.Чимэдцэрэн.....	62.
БАГАНУУРЫН НҮҮРСНИЙ УУРХАЙН ДОТОРХ УС ХУРААХ БАЙГУУЛАМЖИД УУРХАЙН ТЭСЭЛГЭЭНИЙ ҮЗҮҮЛЭХ НӨЛӨӨЛЛИЙН ҮНЭЛГЭЭ Ц.Баасанбат, Ч.Одонбаатар, Ж.Баяраа, Г.Хасбаатар.....	70.
УЛААНБААТАР ХОТ ОРЧМЫН ИДЭВХТЭЙ ХАГАРЛУУД ДАХЬ ЦАЦРАГ ИДЭВХТ РАДОНЫ АЖИГЛАЛТЫН ҮР ДҮН М.Билгүүн, М.Өлзийбат, М.Оюун-Эрдэнэ.....	80.
MAG-МТТ СОРОНЗОН ОРГИЛ ДАХЬ ЛЕМИ-418 МАГНИТОТЕЛЛУРИКИЙН СТАНЦЫН МЭДЭЭЛЭЛ БОЛОВСРУУЛАЛТ (Хугацааны цуваанаас импеданс тензорыг тодорхойлох) Э.Батмагнай, Ү.Сүхбаатар, С.Ганцогт, Т.Батбилэг.....	84.
ХҮНДИЙН ХҮЧНИЙ СУДАЛГААНЫ МЭДЭЭЛЛИЙН НЭГДСЭН САН (Монгол орны хэмжээнд)	

Б.Өнөрбаяр, Д.Дагвадорж, Б.Төвд, Б.Энхбаатар, Б.Оюун-Эрдэнэ, О.Цолмон.....	92.
ГАЛБЫН ГОВИЙН ГАЗРЫН ТОС АГУУЛАГЧ БҮТЦИЙГ ГЕОФИЗИКИЙН СУДАЛГААГААР ЗУРАГЛАХ НЬ	
Н.Баатар, П.Дугараа, С.Чинбат, Л.Оюунтуяа, Б.Дашбаатар, Б.Тунгалаг.....	98.
НАРНЫ ТИТЭМИЙН FeXIV ИОНЫ НОГООН ШУГАМ:ТОГТОНГИ ТӨЛӨВИЙН ТЭГШИТГЭЛҮҮДИЙГ ТООЦООЛОХ НЬ	
Д.Батмөнх, Б.Батбаяр, Д.Мөнхманлай.....	106.
УЛААНБААТАР ХОТ ОРЧМЫН НАРНЫ НИЛ ЯГААН ЦАЦРАГИЙН ЭРЧИМ	
Б.Түвшинжаргал, Д.Батмөнх, Г.Даваахүү, Д.Мөнхманлай.....	113.
“ТАВАН ТОЛГОЙ”, “ХҮРЭЛТОГООТ” ОРЧМЫН УУР АМЬСГАЛЫН ШИНЖ ТӨЛӨВИЙГ ХАРЬЦУУЛЖ ҮЗЭХ НЬ	
М.Батболд, Г.Даваахүү.....	119.
ДЭЛХИЙН ЭРГЭЛТИЙН ПАРАМЕТРУҮДИЙН ӨӨРЧЛӨЛТӨД ВЕЙВЛЕТ ХУВИРГАЛТЫГ АШИГЛАСАН ЗАРИМ ҮР ДҮНГҮҮД	
Д.Баатархүү, Д.Лхагвасүрэн, Ш.Амаржаргал.....	123.
САНСРЫН ГАММА ГЯЛБААТ ТЭСРЭЛИЙН ОПТИК АЖИГЛАЛТ	
Б.Гантуяа, Н.Тунгалаг.....	128.
АСТРОНОМИ, АСТРОФИЗИКИЙН ОЛИМПИАДЫН ТЭМЦЭЭНИЙ БЭЛТГЭЛЭЭР ЭЗЭМШИХ ҮР УХААН, СУДЛАГДАХУУНЫ НЭР ТОМЬЁО ОРЧУУЛГЫН АСУУДАЛД	
Ч.Лхагважав, Д.Батмөнх, Д.Улам-Оргих.....	132.
ХҮН АМЫН АЮУЛГҮЙ БАЙДЛЫГ ХАНГАХАД БАРИЛГА БАЙГУУЛАМЖИЙН НӨЛӨӨЛЛИЙН ЧИГЛЭЛЭЭР МОНГОЛ УЛСАД ХЭРЭГЖҮҮЛЖ БУЙ БОДЛОГО, ПРАКТИК ҮЙЛ АЖИЛЛАГААНД ХИЙСЭН СУДАЛГАА	
Д.Дэлгэрэх.....	145.

ОРХОН АЙМГИЙН ТӨВД МОГОДЫН ХАГАРЛААС ИРЭХ СИНТЕТИК СЕЙСМОГРАМЫГ ТООЦСОН НЬ

М.Оюун-Эрдэнэ¹, Ч.Одонбаатар¹

¹ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэн

Хураангуй. Энэхүү судалгааны ажлаар Могодын 1967 оны 1 дүгээр сарын 5-ны $M_w=7.1$ хүчтэй газар хөдлөлтөөс үүсэх синтетик сейсмограмыг Стохастик Грини функцийн арга болон Фурье хувиргалтад үндэслэсэн вэблет (wavelet) хувиргалт гэсэн хоёр аргаар тооцсон болно. Хагарлын параметруудийг геологи-геофизикийн судалгаагаар тогтоогдсон хагарлын урт, магнитуд, голомтын механизм болон хагарлын параметруудийн эмпирик томъёонуудыг хэрэглэн тооцоолсон. Энэхүү тооцоолсон хөрсний оргил хурдатгал нь Стохастик Гриний Функцийн аргаар 38.6 см/с², Вэблет хувиргалтын аргаар 51 см/с² тус тус гарсан. Могодын хагарлын бүс нь Орхон аймгаас 98км-ийн зайд байрлах ба тус аймгийн нийт 842.5 км² талбайд үүсэх хөрсний оргил хурдатгалыг тооцсон.

Түлхүүр үг: Грини функц, синтетик сейсмограм, газар хөдлөлийн аюулын үнэлгээ, хөрсний оргил хурдатгал

Оршил

Орхон аймаг нь хүн ам олноор суурьшсан аж үйлдвэр, уул уурхай эрчимтэй хөгжсөн Монгол улсын хоёр дахь том хот юм. Аймгийн нийт хүн амын 97 орчим хувь нь аймгийн төвдөө суурьшин амьдардаг, хотжилт, эдийн засгийн төвлөрөл эрчимтэй явагдаж өдрөөс өдөрт өргөжин тэлсээр байна.

Орхон аймагт газар хөдлөлийн аюул учруулахуйц боломжит хүчтэй газар хөдлөлийн голомтын бүсүүдийн нэг нь Могодын хагарлын бүс юм. 1967 оны 01 сарын 05 –ны Могодын газар хөдлөлт нь Булган аймгийн Могод сумын Түлээ ууланд голомтондоо Х баллын чичирхийлэл үүссэн. Уг газар хөдлөлтөөр газрын гадаргууд хойноосоо урагшаа чиглэлтэй 45 км-ийн урт хагарал үүссэн ба Орхон аймгийн нутаг дэвсгэрт VI-VII баллаар мэдрэгдсэн байна (Хилько С.Д. 1985). Газар хөдлөлтийн аюулыг багасгах нэг арга нь тухайн бүс нутагт үүсч болзошгүй газар хөдлөлтийн чичирхийллийг үнэлэх түүнд тэсвэртэй барилга байгууламж барих явдал юм. Орчин үед барилгын бат бөх барихын тулд хүчтэй газар хөдлөлтийн загварчилсан бичлэгийг өргөн хэрэглэдэг болсон. Бид энэхүү ажилд Стохастик Грини функцийн арга болон Фурье хувиргалтад үндэслэсэн вэблет хувиргалтын аргыг ашиглан Могодын хагарал дээр $M_w=7.1$ хүчтэй газар хөдлөлт болоход голомтоос ирэх газар хөдлөлтийн синтетик сейсмограмыг Орхон аймгийн талбайн хувьд тооцон гаргах зорилго тавин ажилласан.

Судалгааны арга зүй

Орхон аймгийн төвд Могодын хүчтэй газар хөдлөлтийн голомтоос ирэх синтетик сейсмограмыг тооцохдоо 2005 онд Японы газар хөдлөлтийн аюулыг детерминистик газрын зургийг зохиоход хэрэглэсэн Япон-жор хэмээх Ирикура нарын зохиосон алгоритм (Irikura 2004) болон Станфордын Их Сургуулийн профессор Ямамотогийн боловсруулсан 2 аргачлалыг хэрэглэсэн болно (Yamamoto. 2011).

1. Стохастик Грини Функцийн Арга

Грини функцийг загварчлах Стохастик аргачлалыг 1997 онд Beresnev Atkinson нар дэвшүүлсэн бөгөөд судалгааны талбайд болж байсан сул газар хөдлөлтийн мэдээлэл байхгүй тохиолдолд Стохастик онол дээр тулгуурласан эмпирик Грини функцийг тооцоолох арга боловсруулжээ. (Beresnev 1997) Эмпирик Грини функцийн аргын тухайн талбайд ажиглагдсан сул газар хөдлөлтийн оронд синтетик газар хөдлөлтийн бичлэгийг оруулан хүчтэй газар хөдлөлтийг зохиомлоор тооцоолдог учраас энэ аргыг Стохастик Грини функцийн арга гэдэг. Судалгааны талбайн газрын гүний тогтоцын утгаас Стохастик Грини функцийн үр дүн ихээхэн шалтгаална. Стохастик Грини функцийн аргад долгионы голомтын эффект $S(\omega)$, тархах зам ба тухайн талбайн нөлөөллийг илэрхийлэх фильтр $P(\omega)$ - ийн спектрүүдийн үржвэрээр илэрхийлэгдэх Фурье спектрийг ашиглана. Хэрэв газар хөдлөлт бүртгэх станц хадан хөрсөнд суурилагдсан бол “shear” буюу хөндлөн долгионы хурдатгалын спектрийг доорх томъёогоор илэрхийлж болно.

$$A(\omega) = 2\omega^2 * S(\omega) * P(\omega) * e^{\omega R/2Q\beta} \quad (1.1)$$

Үүнд: ω – өнцөг хурдны давтамж, R – гипоцентрийн зай, Q – судалгааны талбайн уян хатан чанарын фактор, β – хөндлөн долгионы хурд

Энэ аргын хувьд $P(\omega)$ – ийн хэлбэр нь дөрөвдүгээр эрэмбийн баттервортийн (butterworth) фильтертэй адилхан байдаг.

$$P(\omega) = [1 + (\omega/\omega_m)^8]^{-1/2} \quad (1.2)$$

Тухайн спектрийн дундаж далайц ба хэлбэрийг илэрхийлэх тооцоолох (детерминистик) функцүүд (ихэвчлэн ω -2 загвар) ба симуляцаар гаргаж авсан газар хөдлөлийн долгионы бодит ба тохиолдлын шинж чанарыг илэрхийлэх Стохастик функцийн үржвэрээр газар хөдлөлтийн голомтын спектр $S(\omega)$ – ийг тооцоолдог болно. Стохастик загварчлалыг хагарлын тохиолдолд хэрэглэхдээ хэмжээсийг хязгааргүй гэж тооцон газар хөдлөлийн голомтыг тооцсон онолын томъёоллыг уг хэмжээст тохируулан өөрчилнө. Хагарлын хавтгайн хэмжээсийг L , W гэж үзвэл хагарлыг Δl , Δw хэмжээст хэд хэдэн тэгш өнцөгт дэд хагаралд хувааж болно. Энэ тохиолдолд дэд хагарал сейсмик момент ба дэд хагарлын спектрийн өнцөг давтамжаар тодорхойлогдох ба ω -2 спектр бүхий голомтын цэг гэж авч үзэж болно. Уг параметрууд ба дэд хагарлын хэмжээс хоорондын хамаарлыг $\Delta\sigma$ болон k гэсэн хоёр коэффициентээр тодорхойлж болно. Нарийвчлан үзвэл, $\Delta l = \Delta w$ гэсэн энгийн тохиолдолд дэд хагарлын сейсмик момент m_0 –ийг илэрхийлбэл:

$$m_0 = \Delta\sigma * \Delta l^3 \quad (1.3)$$

$\Delta\sigma$ – хүчдэлийн параметр. нь тухайн дэд хагарлын сейсмик момент ба хязгааргүй хэмжээстэй холбоотой. Нөгөө талаас k параметр нь дэд хагарлын спектрийн өнцөг давтамж f_c болон геометр хэмжээстэй дараах хамааралтай.

$$k = (f_c * \Delta l) / \beta \quad (1.4)$$

Энд: β - хөндлөн долгионы хурд

Газар хөдлөлтийн голомтын параметрийг гадаад, нарийвчилсан болон ерөнхий гэсэн 3 хэсэгт хувааж үзсэн байна. Газар хөдлөлтийн бичлэг нь нарийвчилсан параметр буюу газар хөдлөлтийн голомтын асперити-гээс маш хүчтэй хамаардаг болохыг (Aki.K 1967) (Somerville 1999) харж болно. Хагарлын хавтгайд орших газар хөдлөлтийн голомтоос тухайн ажиглалтын цэгт (торны цэгүүд) ирэх газар хөдлөлтийн долгионыг зохиомлоор гаргаж авахдаа асперити бүрийн дэд хэсгүүдэд бодогдсон стохастик Грини функцийн NS, EW болон UD байгуулагчийг босоо, хөндлөн байгуулагчид хувиргадаг. Стохастик функц ба хагарлын хавтгайн азимутын ялгааг засварлахын тулд долгионы сарнилын нөлөөллийг агуулсан SH- долгионы цацрагийн коэффициентийг ашигладаг. Дагуу ба босоо байгуулагчийн хувьд засвар хийхдээ P- SV долгионы цацрагийн түгэлтийн коэффициентийг хэрэглэнэ.

2. Вэблет хувиргалтаар синтетик акселерограм тооцоолох арга

Вэблет хувиргалт ба EPSD: Спектрал нягтралын чадлын хувьсал (Evolutionary Power Spectral Density) нь үргэлжилсэн долгионы хувиргалтыг ашигладаг (Spanos 2004). үргэлжилсэн долгионы хувиргалт нь хугацаа болон давтамжийн шинж чанарыг илүү нарийвчлалтай гаргаж авдаг. Гэвч вэблет хувиргалтаас өөр учраас хугацааны цувааг гаргаж авахад бэрхшээлтэй. Вэблет ашиглан ойролцоогоор спектрал нягтралын чадлын хувьслыг гаргасан байдаг (Yamamoto. 2011). Вэблет хувиргалт нь долгионы хувиргалтын өөрчлөгдсөн хувилбар бөгөөд дараах байдлаар тодорхойлогдоно.

$$C_{j,k}^i = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \psi_{j,k}^i(t) dt \quad 2.1$$

Энд: $x(t)$ -хугацааны цуваа, $C_{j,k}^i$ – j шаталбар параметр дээр Вэблет i дугаар хэсгийг илэрхийлдэг, k – хувиргалтын параметр, $\psi_{j,k}^i$ – Вэблет функц

Үүнээс $\psi_{j,k}^i(t)$ - нь хугацаа болон давтамжийн тэнхлэгт байдаг бол долгионууд нь давтамжийн муж болон хугацааны тархалт дахь энергийг тодорхойлдог. Урвуу вэблет хувиргалтыг ашиглан долгионуудаар дараах байдлаар хугацааны цувааны мэдээллийг тогтоох боломжтой.

$$x(t) = \sum_{i=1}^{2^j} \sum_{k=1}^{2^{N-j}} c_{j,k}^i \Psi_{j,k}^i(t) \quad 2.2$$

Энд: 2^N -хугацааны цуваан дахь мэдээллийн дугаар

Вэблет болон хугацааны цувааны шинж чанарын хоорондын хамаарлыг ашиглан стохастик 2 бүлэг (major – үндсэн, minor – бусад дагалдах) долгионы хэлбэрээр гаргадаг учир Вэблет хувиргалт нь шахалттай буюу цөөхөн тооны их амплитудтай вэблет-үүд болон бусад бага эсвэл тэг амплитудтай вэблет-үүдээс бүрдэнэ. Вэблет-үүдийн нийлбэр нь эдгээр бүлгүүдийн нийлбэр байдлаар дараах томъёогоор илэрхийлэгдэнэ.

$$|c_{j,k}^i|^2 = |c_{j,k,maj}^i|^2 + |c_{j,k,min}^i|^2 \quad 2.3$$

Энд: $c_{j,k,maj}^i$ – үндсэн бүлгийн вэблет, $c_{j,k,min}^i$ – бусад дагалдах бүлгийн вэблет “major буюу” үндсэн бүлгийн вэблет нь хамгийн их амплитудтай, газар хөдлөлтийн нийт энергийн 70%-ийг агуулдаг. Иймд

$$\frac{\sum_{i,k} |c_{j,k,maj}^i|^2}{\sum_{i,k} |c_{j,k}^i|^2} = 0.7 \quad 2.4$$

Бусад дагалдах долгионуудыг “minor” бүлэг гэж нэрлэдэг. Харин үндсэн “major” бүлгийн долгионы энергийн харьцааг “minor” болон “major” бүлгийн Вэблет характеристик (үргэлжилсэн хугацаа, зурвасын өргөн, давтамжийн дундаж) –ын өөрчлөлтийн хамгийн их утгаар илэрхийлнэ. Уг харьцааг 5%-ийн өсгөлттэйгөөр мөн бүх тохиолдолд 70% нь хамгийн сайн үр дүнг үзүүлж байна гэж үздэг.

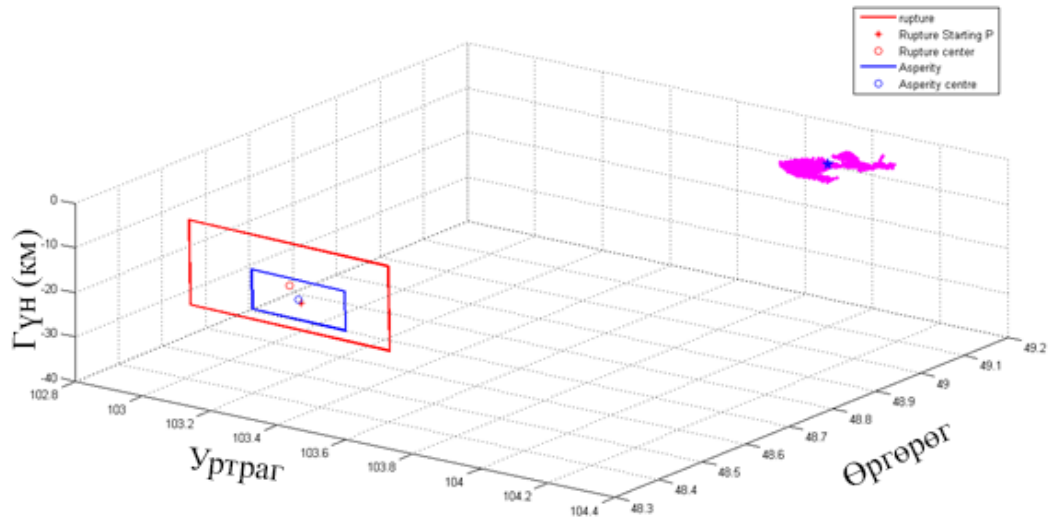
Мэдээлэл боловсруулалт, үр дүн

Стохастик Грин функцийн аргаар тооцоолох нь: 1967 оны 1 дүгээр сарын 5-ны $M_w=7.1$ хүрсэн хүчтэй газар хөдлөлтөөр үүссэн хагарлын параметруудийн утга болон голомтын механизм болох хагарлын азимут-20 (φ-strike-өнцөг), хагарлын хэвтээ гадаргуутай үүсгэх налуу өнцөг-830 (σ-dip) хагарлын өнцөг шилжилт (slip)-ийг -179 гэж тооцсон үр дүн болон газар хөдлөлтийн голомтын төвийг 48.40, 103.330 солбицолд, голомтын гүн нь 18 км гэж онолын тооцоонд оруулсан болно (Зураг 1). Хагарлын параметруудийг геологи-геофизикийн судалгаагаар тогтоогдсон хагарлын урт, магнитуд болон хагарлын параметруудийг эмпирик томъёонуудыг хэрэглэн тооцоолсон (Хүснэгт 1).

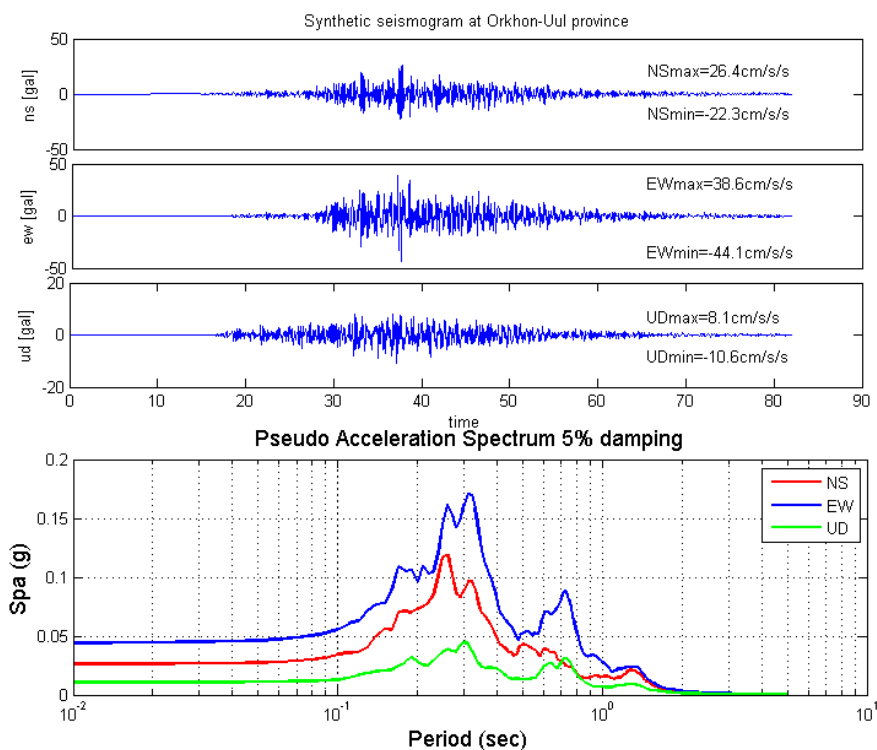
Хүснэгт 1. Хагарлын параметрууд

Хагарлын ерөнхий параметр				
Параметр	Тэмдэг -лэгээ	Ашигласан томъёо	Гарсан үр дүн	Нэгж
Хагарлын урт	L	Судалгаанаас	4.50E+04	м
Сейсмик момент	M_0	$10^{(1.17M(jma)+10.72)}$	3.97E+19	н*м
Момент магнитуд	M_w	$(\log M_0 - 9.1)/1.5$	7.1	
Хагарлын талбай	S	$L*W$	8.65E+08	м ²
Хагарлын дундаж шилжилт	D	M_0/mS	1.39	М
Хагарлын өргөн	W	$W=10^{(0.667*\log(L)+1.13)}$	1.92E+04	М
Эквивалент радиус	R	$\sqrt{S/p}$	1.66E+04	м
Дундаж чөлөөлөгдсөн хүчдэл	D_s	$(7/16)(M_0/R^3)$	3.80E+06	Па
Хурдатгалын түвшин	A	$2.46E10*(M_0*1E7)^{(1/3)}$	1.81E+19	н*м/сек ²
Хагарлын нарийвчилсан параметр				
Параметр	Тэмдэг -лэгээ	Ашигласан томъёо	Гарсан үр дүн	Нэг ж
Асперитигийн эквивалент радиус	r	$(7p/4)*(M_0/AR)$	7.78E+03	м
Асперитигийн талбай	S_a	πr^2	1.90E+08	м ²
Асперитигийн урт	L_a	$L*\sqrt{S_a/S}$	2.11E+04	м
Асперитигийн өргөн	W_a	$W*\sqrt{S_a/S}$	9.01E+03	м
Асперитигийн дундаж чөлөөлөгдсөн хүчдэл	D_{sa}	$(S/S_a)D_s$	1.73E+07	Па
Асперитигийн шилжилтийн дундаж	D_a	2D	2.78	м
Асперитигийн сейсмик момент	M_{0a}	$m*D_a*S_a$	1.75E+19	н*м
Асперитигийн момент	M_{wa}	$(\log M_{0a} - 9.1)/1.5$	6.8	

Тооцооллын үр дүнгээс Могодын хагарлын бүсэд момент магнитуд нь 7.1- тэй хүчтэй газар хөдлөлт болоход хадан хөрсний хувьд Орхон аймгийн төв орчимд (49.0434, 104.071) хөрсний оргил хурдатгал нь 38.6 см/с² байна (Зураг 2).

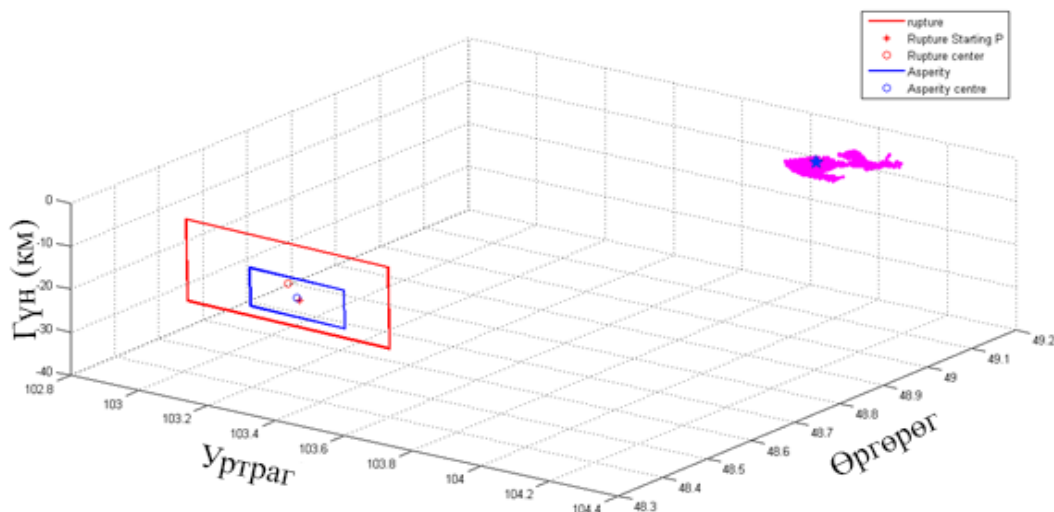


Зураг 1. Орхон аймгийн нутаг дэвсгэр болон Могодын хагарлын хавтгайн 3 хэмжээст зураг. Ягаан - Орхон аймгийн талбай, Таван хошуугаар тооцоо хийсэн цэг

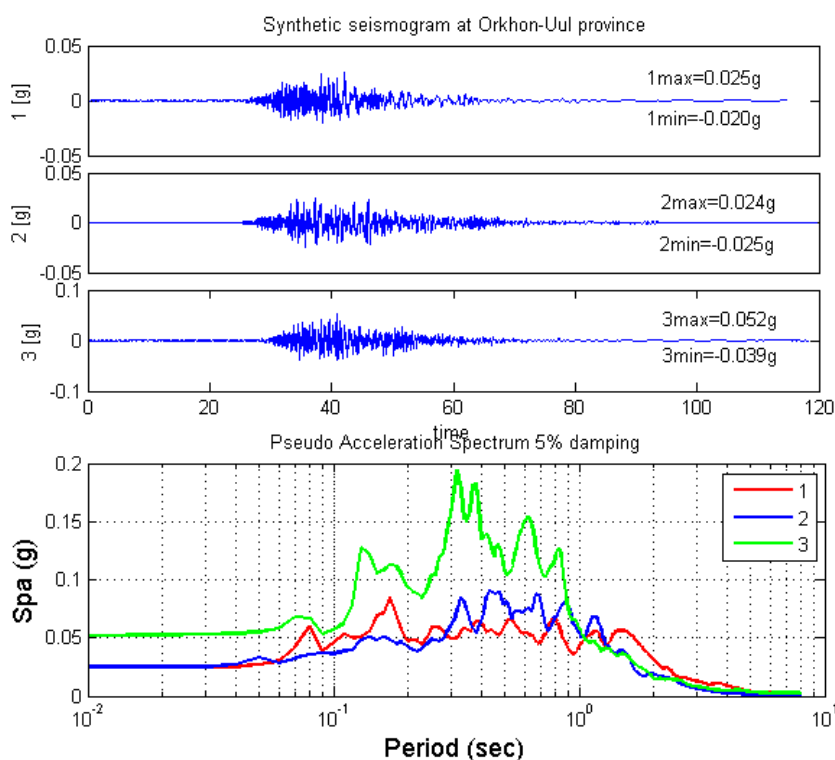


Зураг 2. Орхон аймгийн 49.04340, 104.0710 цэгт үүсэх синтетик сейсмограм ба спектр

Вэблет хувиргалтын ашиглан тооцоолох нь: Могодын хагарал орчмын бүсийн газар хөдлөлтийн төвийн мэдээлэлд тулгуурлан хагарлын хавтгай дахь газар хөдлөлтийн голомтын төвийг 48.010, 103.040 гэж онолын тооцоонд оруулсан болно (Зураг 3). Тооцооллын үр дүнгээс Могодын хагарлын бүсэд момент магнитуд нь 7.1- тэй хүчтэй газар хөдлөлт болоход сэвсгэр хөрсний хувьд Орхон аймгийн төв орчимд (49.0277, 104.0437) хөрсний оргил хурдатгал нь 0.052 g буюу 51 см/с² байна (Зураг 4).

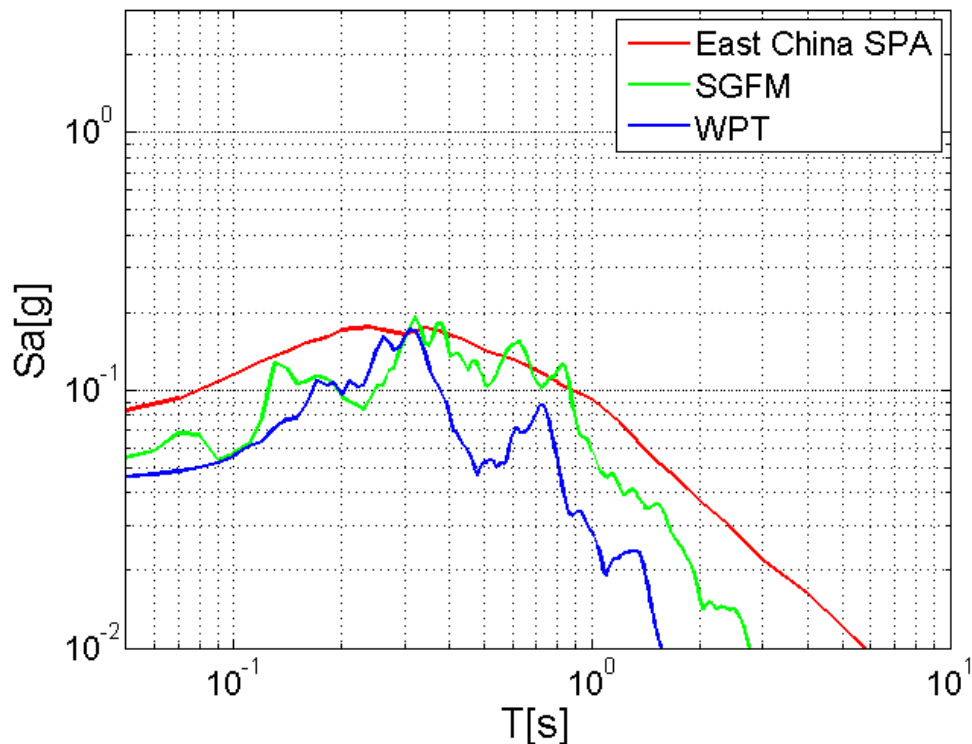


Зураг 3. Орхон аймгийн нутаг дэвсгэр болон Могодын хагарлын хавтгайн 3 хэмжээст зураг. Ягаан - Орхон аймгийн талбай, Таван хошуугаар тооцоо хийсэн цэг



Зураг 4. Орхон аймгийн 49.0277⁰, 104.0437⁰ цэгт үүсэх синтетик сейсмограм ба спектр

Дээрх 2 аргачлалаар тооцсон синтетик сейсмограмын спектрийг Зүүн Хятадад хэрэглэгдэж буй респонс спектртэй харьцуулсан. Доорх спектрийн харьцуулалтаас харахад хөрсний оргил хурдатгалын хамгийн их утга нь хоорондоо ойролцоо ба энэхүү утга нь бүгд 0.3 сек-ийн үе дээр байна (Зураг 5). Мөн манай орны хувьд ашиглагдаж буй Чандрагийн замхралтын функцээр тооцоход Могодын хагарлаас Орхон аймгийн талбайд үүсэх хөрсний оргил хурдатгал нь 51 см/с² буюу дээрх 2 аргачлалаар тооцсон үр дүнтэй ижил VI балл байна.



Зураг 5. Стохастик Грини функцийн арга (SGFM), Фурье хувиргалтад үндэслэсэн вэблет хувиргалтын аргаар (WPT) тооцоолсон синтетик сейсмограммын спектрыг Зүүн бүсийн Хятадад (East China SPA) хэрэглэгдэж буй спектртэй харьцуулсан харьцуулалт (Могодын $M_w=7.1$ хүчтэй газар хөдлөлтийн хувьд)

Дүгнэлт

Стохастик Грини функцийн арга болон Фурье хувиргалтад үндэслэсэн вэблет хувиргалтын аргыг ашиглан Могодын хагарал дээр $M_w=7.1$ хүчтэй газар хөдлөлт болоход голомтоос үүсэх синтетик сейсмограммыг Орхон аймгийн талбайн хувьд тооцон гаргалаа.

Орхон аймгийн төв орчимд Стохастик Грини функцийн аргаар хөрсний оргил хурдатгалыг тооцоход 38.6 см/с^2 буюу VI балл, харин вэблэт хувиргалтын аргаар тооцоход 51 см/с^2 (0.052 g) буюу VI балл байна.

Дээрх 2 аргачлалаар тооцсон синтетик сейсмограммын спектрийг Зүүн Хятадад ашиглагдаж буй респонс спектртэй харьцуулахад хөрсний оргил хурдатгалын хамгийн их утга нь хоорондоо ойролцоо ба энэхүү утга нь бүгд 0.3 сек-ийн үе дээр байна. Түүнчлэн манай улсын хувьд ашиглаж буй Чандрагийн замхралтын функцээр тооцоход мөн адил Могодын хагарлын бүсээс Орхон аймгийн талбайд үүсэх хөрсний чичирхийлэл нь VI балл байна.

Ном зүй

- Aki, K. 1967. "Scaling law seismic spectrum." J Geophys Res., 72, 1217-1231.
 Beresnev, I. A. and G. M. Atkinson (1997). 1997. "Modeling finite-fault radiation from the omega**n spectrum." Bulletin of the Seismological Society of America 87, 67-84.
 Irikura, K. 2004. "Recipe predicting strong ground motions from future large earthquake." 47A 25-45.
 Mallat, S. 1999. "A wavelet tour of signal processing (Seconded.)." Academic Press.

- Somerville, P., Irikura., R Graves, D. Wald, N. Abrahamson., Y Iwasaki, T. Kagawa, N. Smith and A. Kowada. 1999. "Characterizing crustal earthquake slip models for the prediction of strong ground motion ." Seismol.Res.Lett., 70, 59-80.
- Spanos, P.D. & G.Failla. 2004. "Evolutionary spectra estimation using wavelets. ." Journal of Engineering Mechanics 130(8), 952.
- Yamamoto., Y. 2011. "Stochastic model for earthquake ground motion using wavelet packets." Y. Yamamoto-ээр, 13-26.
- Хилько С.Д., Курушин Р.А., Кочетков В.М., и др., 1985. Землетрясения и основы сейсмического районирования Монголии.

УЛААНБААТАР ХОТ ОРЧМЫН ГАЗАР ХӨДЛӨЛТ БҮРТГЭХ ӨРГӨН ЗУРВАСЫН СТАНЦУУДЫН ЦАГИЙН АЛДААГ КОРРЕЛЯЦИЙН АРГААР ШАЛГАСАН СУДАЛГАА

Д.Лхагвадорж¹, М.Өлзийбат¹, Б.Баттулга¹

¹ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэн

Хураангуй. Энэхүү судалгааны ажлын үндэс нь сейсмик шуугиан бөгөөд орчны шуугианы кросс-корреляцийн аргыг ашиглан сейсмик станцуудад техникийн гэмтлийн улмаас гарсан цагийн хоцрогдлыг тогтоох, тухайн бүс нутгийн сейсмик хурдны өөрчлөлтийг хянах явдал юм. Улаанбаатар хот орчмын газар хөдлөлт бүртгэх өргөн зурвасын 16 станцын хоёр жилийн мэдээллийг ашиглан микросейсмийн давтамжийн зурваст өдөр өдрөөр кросс-корреляцийн функцийг тооцоолон эталон корреляцийн функцтэй харьцуулснаар станц хооронд бүртгэгдэж буй долгионы хугацааны хоцрогдол δt -ийг тодорхойлсон. У11М станц дээр техникийн гэмтлийн улмаас үүдэн гарсан 0-3 секунд хүртэлх хугацааны зөрүүг тогтоосон бөгөөд энэхүү хугацааны зөрүүг цаашид У11М станцын мэдээллийг ашиглан судалгаа шинжилгээний ажил хийхэд тооцохоос гадна Үндэсний Мэдээллийн Төвийн (ҮМТ) газар хөдлөлтийн мэдээллийн боловсруулалтад тус хугацааны зөрүүг засварлах шаардлага гарч ирж байна.

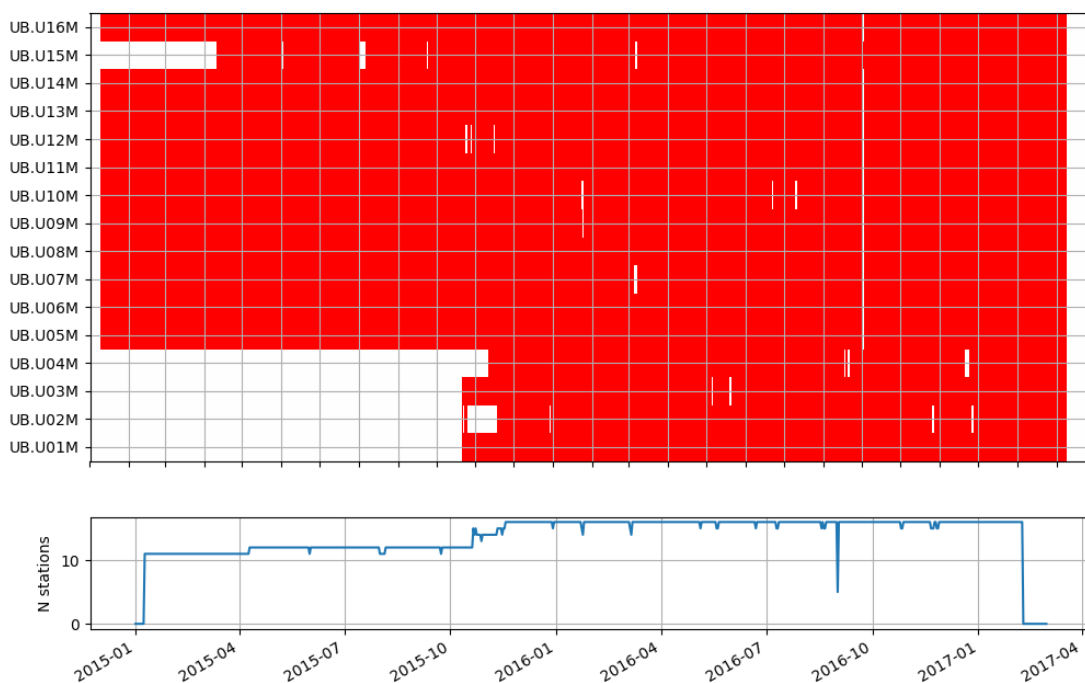
Түлхүүр үг: Кросс-корреляци, газар хөдлөлт бүртгэх станц, орчны шуугиан

Оршил

Сейсмик мэдээлэл нь сейсмик долгион болон сейсмик шуугианаас бүрддэг. Сейсмик долгион нь газар хөдлөлт, галт уулын дэлбэрэлт, цөмийн тэсэлгээ зэрэг хүчин зүйлүүдээр үүсгэгддэг бол сейсмик шуугиан нь байгалийн болон хүний хүчин зүйлээр үүсгэгддэг. Энэхүү судалгааны ажилд 0.1-0.5Гц –ийн давтамжийн зурваст үүсдэг микросейсмийн шуугиан юм. Газар хөдлөл судлах шинжлэх ухаанд микросейсмийг байгалийн үзэгдлээр үүсгэгдсэн сулхан газрын чичирхийлэл гэж тодорхойлдог. Дэлхийн өнцөг булан бүрд байрласан сейсмометрүүдэд микросейсм нь маш сайн бүртгэгддэг онцлогтой. Энэхүү онцлог шинж чанарыг ашиглан Улаанбаатар хот орчмын газар хөдлөлт бүртгэх өргөн зурвасын станцуудын мэдээлэл бүрдүүлэлт, мэдээллийн чанарыг шалгах, тухайн бүс нутгийн сейсмик хурдны өөрчлөлтийг хянах байнгын тасралтгүй мониторинг хийх нь энэхүү судалгааны ажлын үндсэн зорилгууд юм. Сүүлийн жилүүдэд олон улсад орчны шуугианы корреляцийн аргыг дэлхийн бүтцийг судлах судалгаанд өргөнөөр ашиглах болсон. Энэхүү арга нь өөр өөр байрлалд байрлах хоёр болон түүнээс олон сейсмик станцуудад бичигдсэн сейсмик орчны шуугианы корреляцийн шинжилгээнд үндэслэгдсэн. (N. C. Shapiro 2005). Орчны шуугианы корреляцийн аргыг ашиглан хүчтэй газар хөдлөлт болон галт уулын дэлбэрэлтийн өмнө сейсмик хурдны өөрчлөлтийг тогтоосон судалгааны ажлууд хийгдсээр байна. Үүнээс 2003 онд болсон магнитуд нь 6.5 хүчтэй San Simeon, 2004 онд болсон магнитуд нь 6.0 хүчтэй Parkfield, 2012 онд Коста Рика улсад болсон магнитуд нь 7.6 хүчтэй Nicoya Peninsula зэрэг газар хөдлөлтүүдийн үед орчны шуугианыг ашиглан хийсэн судалгааны ажлуудаас хүчтэй газар хөдлөлтийн өмнө сейсмик хурдны өөрчлөлт ажиглагдсан байна (Schwartz 2016).

Ашигласан мэдээллийн сан

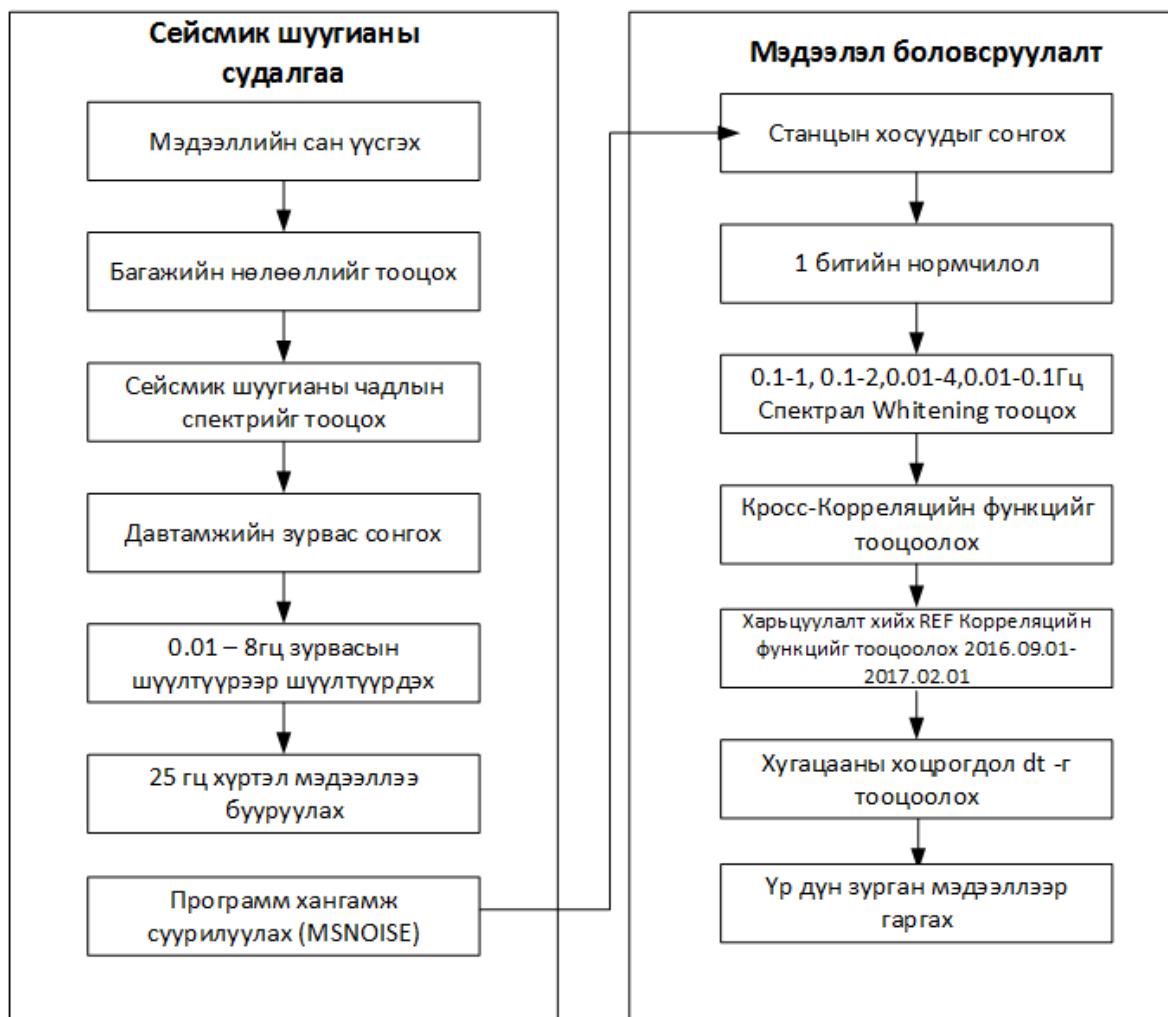
Улаанбаатар хот орчмын бүс нутагт байрлах нийт 16 өргөн зурвасын газар хөдлөлт бүртгэх станцуудын 2015.01.01-2017.03.01 хүртэлх нийт 182 Гб мэдээллийг ашиглан энэхүү судалгааны ажлыг хийж гүйцэтгэсэн. Уг станцууд нь мэдээллээ Одон Орон, Геофизикийн Хүрээлэнгийн (ООГХ) ҮМТ-д өндөр давтамжийн радио модем, үүрэн холбооны операторуудын өндөр хурдны интернет сүлжээг ашиглан мэдээллээ байнгын тасралтгүй дамжуулдаг. 2015 оны 1 дүгээр сарын 1 –ний өдрөөс 2017 оны 3 дугаар сарын 1–ний өдрийг хүртэлх U01M – U16M станцуудын анхан шатны мэдээлэл бүрдүүлэлтийг тооцоолон график хэлбэрээр харууллаа (Зураг 1).



Зураг 1. Улаанбаатар хот орчмын өргөн зурвасын сейсмик станцуудын анхан шатны мэдээлэл бүрдүүлэлт. Улаан өнгө- Станцын мэдээлэл, Цагаан өнгө- Станцын мэдээлэл тасралт.

Мэдээлэл боловсруулалт, арга зүй

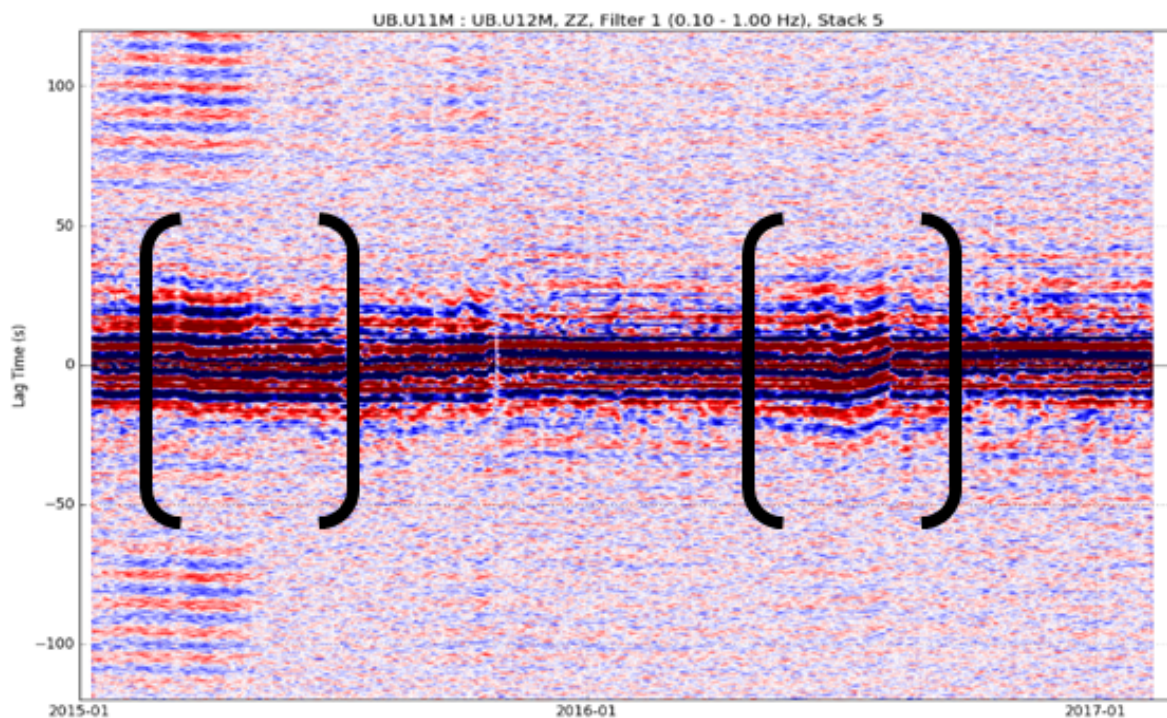
Сейсмик шуугианы мэдээллийг боловсруулахдаа нэн тэргүүнд багажийн нөлөөллийг тооцсон бөгөөд газрын шилжилтийг багажийн ямар нэгэн нөлөөлөлгүйгээр тооцсоноор шуугианы спектрийн түвшнийг тооцоолох боломжтой юм. Уг тооцоолсон шуугианы спектрийн түвшингээс корреляцийн функцийг тооцоолох микросейсмийн давтамжийн зурвасыг сонгон авсан. Энэхүү судалгааны ажилд орчны шуугианы мэдээллийг ашиглах учир газар хөдлөлтийн сигналын нөлөөг багасгах шаардлагатай. Үүний тулд 1 битийн нормчлолын аргаар эерэг амплитудыг 1, сөрөг амплитудыг -1 гэсэн утгаар орлуулсан. 16 станцыг нийт 120 хос станц болгон зохион байгуулснаар өдөр тус бүрээр корреляцийн функцийг тооцоолсон. Өдөр тус бүрээр тооцоолсон корреляцийн функцээс хамгийн тайван буюу тогтмол үеийн эталон корреляцийн функцийг 2016 оны 09 сарын 01 –ээс 2017 оны 02 сарын 01 –ний хугацаанд тодорхойлж харьцуулалт хийсэн. Энэхүү харьцуулалтаар станц хооронд бүртгэгдсэн долгионы хугацааны хоцрогдлыг хэмжих боломжтой. MWCS (Moving Window Cross Spectrum) аргаар 1, 2, 5, 10, 30 хоногоор нэмж дундчилж хугацааны хоцрогдол ∂t –г хэмжих боломжтой. Мэдээлэл боловсруулах дарааллыг харууллаа (Зураг 2).



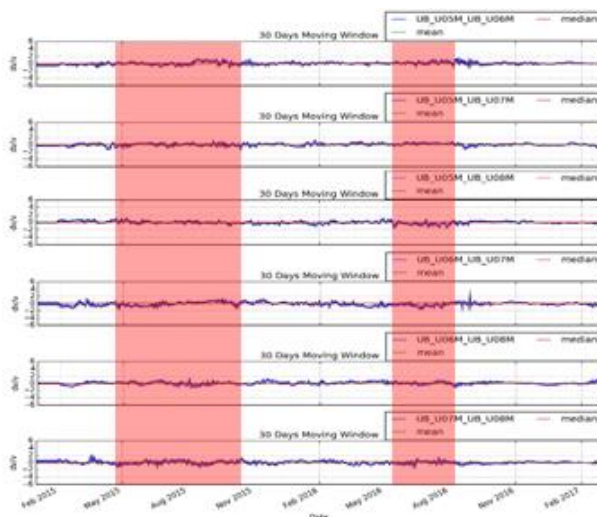
Зураг 2. Мэдээлэл боловсруулах дараалал, ашиглагдсан аргууд

Сейсмик шуугианы кросс-корреляцийн функцээс станцуудын цагийн алдааг шалгасан судалгааны үр дүн

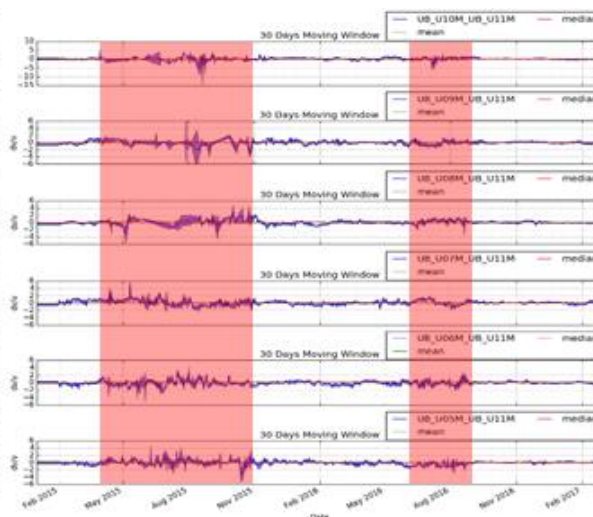
Газар хөдлөлтийн төв тодорхойлоход цагийн систем чухал ач холбогдолтой бөгөөд цагийн алдаанаас болж хэмжилт болон үр дүн буруу гарах эрсдэлтэй. Иймээс Улаанбаатар хот ормын өргөн зурвасын газар хөдлөлт бүртгэх станцуудын цагийн алдаа буюу станцын хэвийн үйл ажиллагааг шалгасны үр дүнд газар хөдлөлт бүртгэх U11M станцын цагийн алдааг илрүүлсэн. U11M, U12M станцуудын хооронд сейсмик шуугианы кросс-корреляцийн функцийн үр дүнг зурган мэдээллээр харууллаа (Зураг 3). Энэхүү үр дүнгээр 2015 оны 05-11 сар, 2016 оны 06-08 саруудад U11M станцын GPS-ийн хүлээн авагч техникийн гэмтлийн улмаас эвдэрсэн бөгөөд 0-3 секунд хүртэл корреляци алдагдаж байгаа үр дүн ажиглагдсан. Энэхүү үр дүн нь U11M станцыг бусад станцуудтай тооцоолсон корреляцийн бүх тооцоололд ажиглагдсан нь корреляцийн аргыг цаашид сейсмик станцуудын мэдээллийн чанарыг байнгын тасралтгүй хяналт хийн ажиллах боломжтой болохыг илтгэж байна.



Зураг 3. U11M-U12M сейсмик шуугианы кросс-корреляцийн үр дүн, U11M станцын корреляцийн өөрчлөлтийг хар өнгийн хаалтаар ялгасан



Зураг 4а. U05M-U10M станцуудын хоорондын корреляцийн үр дүнгээс гарч буй хурдны өөрчлөлт, Улаан- U11M станц дээр гарсан техникийн гэмтэл.



Зураг 4б. U11M станцыг U05M-U10M станцуудын хоорондын корреляцийн үр дүнгээс гарч буй хурдны өөрчлөлт, Улаан- U11M станц дээр гарсан техникийн гэмтэл

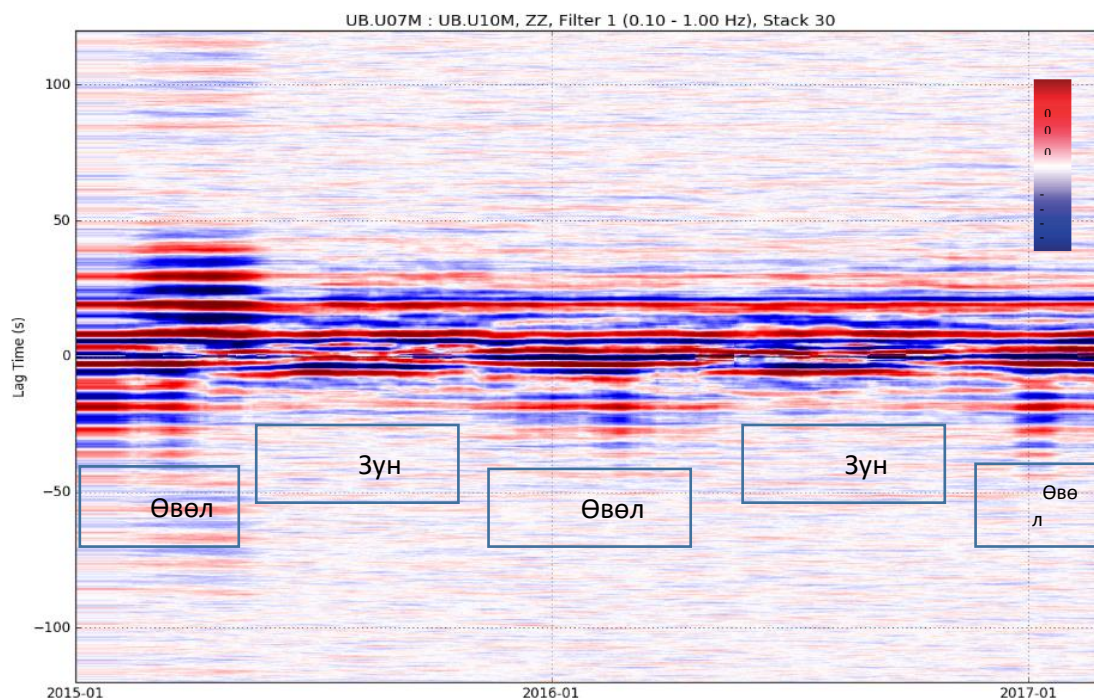
U11M станцыг бусад 15 станцтай тооцоолсон кросс-корреляцийн үр дүнгүүдээс сейсмик хурдны өөрчлөлт U11M станц дээр гарсан техникийн гэмтлийн улмаас хамгийн

ихдээ 10%-аар буурсан үзүүлэлт ажиглагдаж байгаа бөгөөд техникийн гэмтэл гарснаас засварлаж хэвийн болох хүртэл ажиглагдаж байна. (Зураг 4б) U11M станцын хувьд 2015 оны 04 сараас 2015 оны 11 сар хүртэлх хугацаанд хурдны өөрчлөлт ажиглагдаж байна. Бусад станцуудын хосуудын тооцоололд тухайн хугацаанд сейсмик хурдны өөрчлөлт ажиглагдаагүй бөгөөд U05M, U06M, U07M U08M станцуудын хурдны өөрчлөлтийг 30 хоногийн хугацааны интервалд тооцоолсон үр дүнг харуулсан (Зураг 4а).

2015 оны 04-11 сар, 2016 оны 06-08 саруудад хурдны өөрчлөлт ажиглагдаагүй нь тухайн хугацаанд U11M станц дээр гарсан техникийн гэмтлийг илүү тодорхой болгож байна. Үүнээс үзэхэд энэхүү арга нь станцуудын мэдээллийн чанарыг шалгахад үр дүнтэй болохыг илтгэж байна.

Сейсмик шуугианы кросс-корреляцийн функцээс ажиглагдсан улирлаас хамаарсан өөрчлөлт

Микросейсмийн спектрийн амплитуд улирлаас хамааран өөрчлөгддөг болох нь орчны шуугианы корреляцийн тооцооллоос ажиглагдсан (Зураг 5).



Зураг 5. U07M, U10M станцуудын хооронд тооцоолсон корреляцийн функцээс ажиглагдаж буй улирлын хамаарал, өвөл зуны улирлын саруудыг ялгаж харуулав.

Улаанбаатар хот орчмын газар хөдлөлт бүртгэх өргөн зурвасын станцуудын кросс-корреляцийн функцийн оргил утгууд өвлийн саруудад хугацааны хоцрогдлын харьцангуй өргөн завсарт илүү тод ажиглагдаж байна. Одоогийн байдлаар микросейсмийн шуугианы үүсгүүрийн байрлалыг тодорхойлсон хамгийн сайн жишээ нь Хойд Америк, Европ, Африкийн сейсмик станцуудад бүртгэгдсэн 26 секундйн үе дээрх микросейсмийн шуугианыг кросс-корреляцийн аргаар тодорхойлсон ажил юм. Энэхүү нарийн зурвасын 26 секундйн үетэй долгион нь Гвинейн булангийн Баруун Африкийн эргийн ойролцоо үүсч байгаа бөгөөд тархаж буй долгионы хурд нь 3.5 км/с байгааг

харуулсан. Өвөл, зуны саруудын мэдээлэл дээр үүсгүүрийн байршил нь тогтмол бөгөөд өвлийн турш бөмбөрцгийн өмнөд хэсэгт хамгийн их утгад хүрсэн байна (N.M.Shapiro 2006).

Дүгнэлт

Улаанбаатар хот орчмын өргөн зурвасын сейсмик станцуудын шуугианы түвшнийг чадлын спектрийн нягтын аргаар тооцоолон, микросейсмийн шуугиан ажиглагдаж буй 0.1-1Гц, 0.1-2Гц, 0.01-4Гц, 0.01-1Гц-ийн давтамжийн зурвасуудад корреляцийн функцийг тооцоолсноор нэг үүсгүүрээс үүсгэгдэн станц хооронд тархаж буй сейсмик шуугианы хугацааны хоцрогдлыг тогтоосон бөгөөд энэхүү хугацааны зөрүүг цаашид U11M станцын мэдээллийг ашиглан судалгаа шинжилгээний ажил хийхэд тооцохоос гадна ҮМТ-ийн газар хөдлөлтийн мэдээллийн боловсруулалтад тус хугацааны зөрүүг засварлах шаардлага гарч ирж байна. Гэхдээ энэ нь зөвхөн 2015.01.01-2017.03.01 хугацааны мэдээллийг ашигласан. Цаашид 2000 оноос одоог хүртэлх Улаанбаатар хот орчмын сейсмик станцуудын мэдээлэл дээр анализ хийж урт хугацааны ажиглалт хийх нь илүү үр дүнтэй болох бөгөөд энэхүү судалгааны аргыг ашиглан цаашид хүчтэй газар хөдлөлтийн өмнө ажиглагддаг сейсмик хурдны өөрчлөлтийг байнгын тасралтгүйгээр ажиглалт хийн хянах боломжийг бүрдүүлсэн.

Ном зүй

- Boaz, Daniel E. McNamara and Richard I. 2010. PQLX: A Seismic Data Quality Control System. Denver: U.S. Geological Survey Open-File Report.
- Brenguier, F , P. Kowalski, T. Staudacher, V. Ferrazzini, F. Lauret, P. Boissier,. 2012. "First results from the UnderVolc high resolution seismic and GPS network deployed on Piton de la Fournaise Volcano." Seismological Research Letters 97-102.
- Campillo, M., Paul, A. 2003. "Long-range correlations in the diffuse seismic coda." Science 547-549.
- Cessaro, Robert K. 1994. "Sources of Primary and Secondary Microseisms ." Bulletin of the Seismological Society of America 142-148.
- Esteban. 2016. "Monitoring transient changes within overpressured regions of subduction zones using ambient seismic noise." EARTH SCIENCE 4-7.
- Havskov J, Alguacil G. 2010. "Seismic noise." Instrumentation in earthquake seismology, Jens Havskov and Gerardo Alguacil-ээр, 77-85. Netherlands: Springer.
- Havskov J., Alguacil G., 2010. "Correction for instrument response." Instrumentation in Earthquake Seismology-Д, Alguacil G, Havskov J.-ээр, 173-180. Netherlands: Springer.
- N.M.Shapiro, M.H.Ritzwoller, G.D.Bensen. 2006. "Орчны сейсмик шуугианы кросс-корреляцаас 26 секундын микросейсмийн үүсгүүрийн байрлалыг тодорхойлох." Geophysical Research Letter 1-5.
- Peterson. 1993. Observation and modeling of seismic background noise. Albuquerque, New Mexico : U.S Geol. Surv. Tech.
- Schwartz, Esteban J. Chaves* and Susan Y. 2016. "Monitoring transient changes within overpressured regions of subduction zones using ambient seismic noise." Science 1-6.
- Shapiro. 2006. "Source location of the 26 sec microseism from cross-correlation of ambient seismic noise." GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS 10-12.
- Shapiro, N.M., Campillo, M., Stehly, L. & Ritzwoller, M.H.,. 2005. "High resolution surface wave tomography from ambient seismic noise." Science 1615-1618.
- Thomas L, Corentin Caudron, Florent Brenguier. 2014. "Msnoise, a Python Package for Monitoring Seismic Velocity Changes Using Ambient Seismic Noise." Seismological Research Letters 1-5.
- Wegler, U., and C. Sens-Schönfelder. 2007. "Fault zone monitoring with passive image interferometry." Geophysical Journal International 1029-1033.

- Балжинням И. 1972. “Монголын газар хөдлөлийг багажаар судлах асуудал.” Физик математикийн хүрээлэн 10-11.
- Мөнгөнсүрэн.Д, Анхцэцэг.Д. 2015. “Улаанбаатар хот орчмын газар хөдлөлийн идэвхжилт ба горимын судалгаа.” МУИС, Эрдэм шинжилгээний бичиг <Физик> 32-35.
- ООГХ. 2016. Монгол орны газар хөдлөлийн идэвхжилт, аюулын үнэлгээ ба дэлхийн гүний тогтоцын судалгаа. Улаанбаатар: ООГХ.
- ООГХ-Тайлан. 2013. "Улаанбаатар хот орчмын газар хөдлөлтийн идэвхжилтийн бүсэд нарийвчилсан судалгаа хийх" зөвлөх үйлчилгээний гэрээт ажлын тайлан. Улаанбаатар: ООГХ.

МОНГОЛ ОРНЫ ГАЗАР ХӨДЛӨЛТ БҮРТГЭХ СТАНЦЫН ХӨГЖИЛ

**Ж.Баяраа¹, Б.Баттулга¹, Б.Мөнхбаяр¹, М.Өлзийжаргал¹, Г. Төгөлдөр¹,
С.Тогтохбаяр¹ Д.Лхагвадорж¹ А.Нармандах¹, А.Энхтүвшин¹**

¹ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэн

Хураангуй. Газар хөдлөлтийн зүй тогтлын судалгааг багаж тоног төхөөрөмжгүйгээр төсөөлөхийн аргагүй. Монгол улсад газар хөдлөлтийн бүртгэх анхны фото цаасан бичлэгтэй багажийг олон улсын геофизикийн жил болох 1957 онд Улаанбаатар хотод суурилагдсанаас хойш сүүлийн 20 гаран жил дэвшилтэт тоон технологи бүхий багаж тоног төхөөрөмжүүдийг ашиглан газар хөдлөлт бүртгэх станцыг Монгол орны хэмжээнд шинэчлэн суурилуулан мэдээллийг Одон орон, геофизикийн хүрээлэн (ООГХ) дээр шууд авч түргэн шуурхай боловсруулалт хийн үр дүн гаргах судалгааны ажил хийх боломжтой болсон тухай энэхүү өгүүлэлд оруулав.

Түлхүүр үг: Сейсмометр, газар хөдлөл бүртгэх чадвар, газар хөдлөлт бүртгэх станц

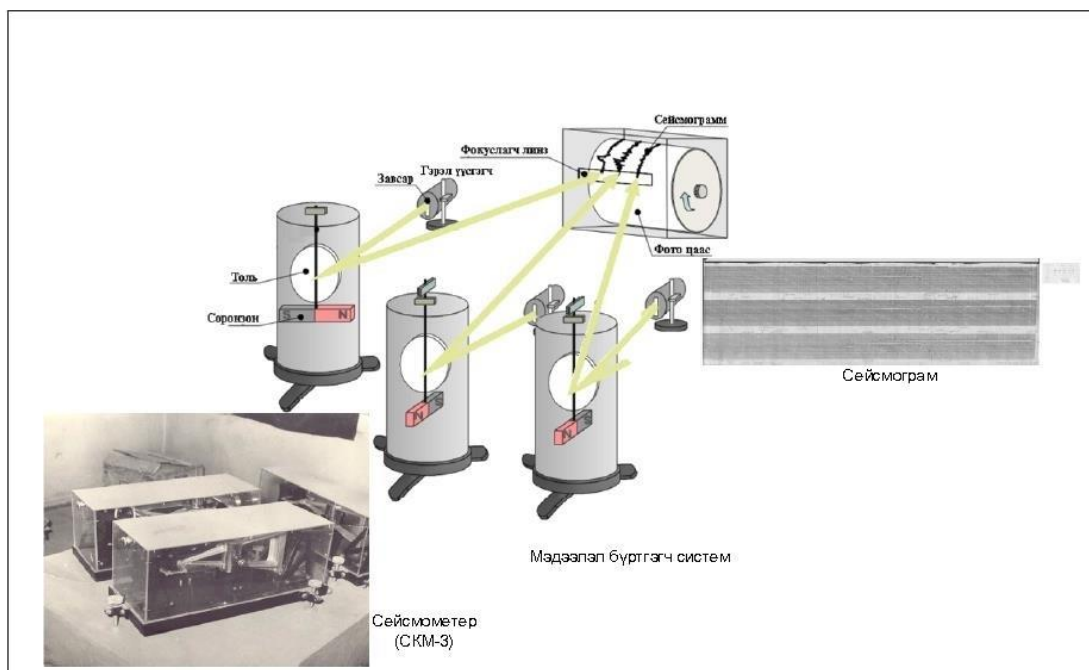
Оршил

Монгол орны хэмжээнд өнгөрсөн зуунд 8 баллтай 4 хөдлөлт болж байсан нь газар хөдлөлийн идэвхжил ямар ихтэй харуулж байна. Анхны газар хөдлөлт бүртгэх станцыг 1957 оны 7 сарын 6-нд Улаанбаатар хотод түүнчлэн Говь-Алтай аймагт Алтай станцыг 1959 оны 6-р сард, Архангай аймагт Цэцэрлэг станцыг 1964 оны 5-р сард, Завхан аймагт Тосонцэнгэл станцыг 1964 оны 10-р сард, Ховд аймагт Ховд станцыг 1965 оны 7-р сард, Өмнө-Говь аймагт Даланзадгад станцыг 1969 оны 6-р сард, Булган аймагт Булган станцыг 1973 оны 11-р сард, Хөвсгөл аймагт Хатгал станцыг 1975 оны 11-р сард, Увс аймагт Улаангом станцыг 1987 оны 8-р сард, Баян-Өлгий аймагт Өлгий станцыг 1988 оны 8-р сард тус тус суурилуулсан. Эдгээр суурилагдсан станцууд нь ЗХУ-д үйлдвэрлэгдсэн SKM-3 богино үет сейсмометрээр тоноглогдсон бөгөөд бичлэгээ фото цаасан дээр гэрлийн тусламжтайгаар бичигдэн түүнийгээ фото зургийн аргаар боловсруулж газар хөдлөлтийн судалгаанд ашигладаг байв (Зураг 1). Ингэхдээ сейсмометр болон бичигч багажийг гэрэлгүй байранд байрлуулж 8 цагийн зайтай фото цаасаа сольдог, шугамын радиогоор цагийн тэмдэглэгээ тавьж ажиллуулдаг байв. Тухайн үед станцын сейсмограм (фотоцаасан дээр буулгасан бичлэг) дунджаар 14 хоногийн дараа шуудангаар тээвэрлэгдэн ирж Одон Орон, Геофизикийн Судалгааны Төв (хуучнаар) дээр боловсруулагддаг байв.

Газар хөдлөлт бүртгэх тоон бичлэгт станцууд

1994 онд АНУ-ын USGS байгууллага 0,1-360 секундйн хооронд хөрсний хурдыг тогтмол өсгөх чадвар бүхий STS-1, өндөр давтамжийг бичих чадвартай GS-13 мөн хөрсний хурдатгал хэмжигч FBA-23 багажаар тоноглогдсон газар хөдлөлт бүртгэх ULN тоон бичлэгтэй станцыг Хүрэл тогоот дахь Одон Орон Судлах Оргил дээр анх суурилуулснаар Монголын газар хөдлөлт бүртгэх тоон бичлэгт станцын хөгжил эхэлсэн түүхтэй. Францын Хүрээлэн Байгаа Орчны Хяналтын Департаментаас анхны радио дамжуулалттай богино үет ARTM, Ивгээлт, Жавхлант, Шаварт станцуудыг 1994 онд суурилуулж урт болон богино үет ALFM станцыг 1995 онд, богино үет SEMM, UGDM

станцуудыг 1996 онд Улаанбаатар хотоос 25-75 км-ийн зайтай тус тус суурилуулсан байна.

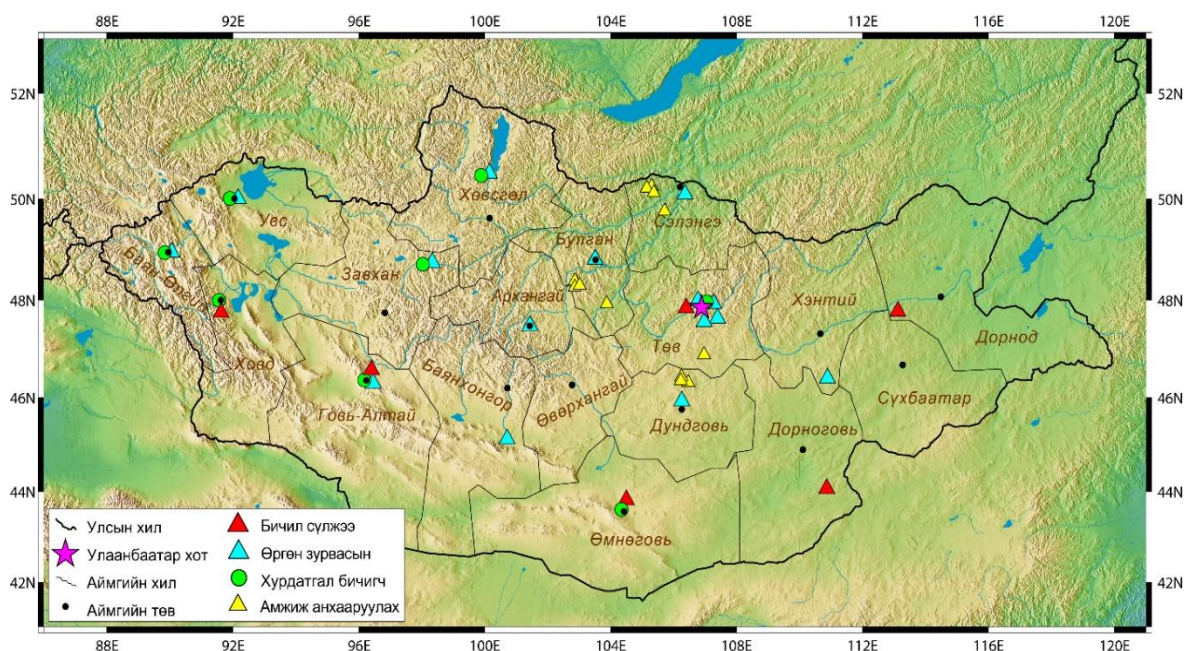


Зураг 1. СКМ-3 цахилгаан соронзон газар хөдлөлт бичигч багажийн ерөнхий ажиллагааны схем

2000-2003 онуудад Цөмийн Тэсэлгээг Бүрэн Хориглох Хэлэлцээрийн Олон Улсын байгууллагаас (ЦТБХХОУБ) 9 элемент нь 2 секундйн богино үет босоо байгуулагчтай сейсмометрээр тоноглогдсон ба нэг элемент нь 2 секундйн богино үет 3 байгуулагч болон 12 секундйн урт үет 3 байгуулагчтай хэт нам давтамжийн LPZ ба LPH12 сейсмометрээр тоноглогдсон нийт 10 станцаас бүрдэх PS25 сүлжээ станц суурилуулсан. Америкийн Нэгдсэн Улсын Агаарын Нисэх Хүчний Техник Хэрэглээний Төв (АНХТХТ) нь 2004 онд Монголд анх удаа тооцогдох 30-60 м гүний газар хөдлөлт бүртгэх 10 станц бүхий бичил сүлжээ станцыг Говь-Алтай аймгийн Тайшир суманд ALMAR, Дорноговь аймгийн Эрдэнэ сум ERMAR, 2008 онд Дорнод аймгийн Хөлөнбуйр сумын нутагт DOMAR бүхий нийтдээ 3 сүлжээ станц байгуулсан. Эдгээр станцуудын шуугианы түвшнийг Peterson Low Noise Model-той дүйцэхүйц бага байдаг ба мэдээлэл дамжуулалт нь сансрын антенаар ООГХ дээр 7-11 секундйн хоцрогдолтойгоор ирдэг.

Орон нутгийн станцуудын мэдээллийг бичигч фото цаас, угаагч хорны олдоц багассан мөн цаг үеийн шаардлагын дагуу тэдгээр станцуудыг тоон бичлэгтэй болгох шаардлагатай болсон (Б.Баттулга 2005-2007). Иймд 2005-2007 онуудад Орон нутгийн аналог станцуудыг тоон болгон сайжруулах техникийн судалгааны ажил хийгдэж орон нутгийн станцуудыг Aogai тоон хөрвүүлэгчтэй, 3 байгуулагч бүхий богино үет Sercel L4-3D сейсмометр бүхий багажаар тоноглож дууссан. Орон нутгийн газар хөдлөлт бүртгэх станцын ажиглагчид ONYX програм хангамжийн тусламжтайгаар өөрийн станцаараа газар хөдлөлтийн голомт тодорхойлох боломж бүрдэв. Орон нутгийн станцуудыг аймаг, сумын төвүүдээс зайдуу анх суурилуулснаас хойш хот суурин газрууд ихээхэн өргөжин тэлж ерөнхийдөө орон нутгийн хээрийн станцууд суурин газартай хил залгаа байрлах болсноор хүний нөлөөллөөс үүдсэн шуугианы хэмжээ эрс өссөн. Иймд 2010-2016

онуудад орон нутгийн станцуудыг шуугиан ихтэй төвөөс 15-25 км холдуулан радио модемын тусламжтайгаар мэдээллийг дамжуулан, 2-3 м гүнд нүхэн байранд нүүлгэн суурилуулсан ба өргөн зурвасын сейсмометр CMG-3ESPC (30 сек-50 Гц-д ажиллах чадвартай) багажаар сольж сайжруулав. 2014 онд Орон нутгийн станцын өргөтгөл хийж Сэлэнгэ, Дундговь, Баянхонгор аймгуудад CMG-3ESPC сейсмометр болон CMG-6TD сейсмометр тус тус шинээр байгуулан нийт 12 орон нутгийн салбар станцуудтай болсон. 2016 он 10 сард Хэнтий аймгийн Галшар суманд CMG-3ESPC сейсмометртэй газар хөдлөлт бүртгэх бүрэн автомат станцыг суурилуулсан бөгөөд мэдээллээ 3G интернет модемоор шууд дамжуулж байна. Монгол орон д суурилуулсан станцын тархалтын зургийг харуулав (Зураг 2).



Зураг 2. Монгол орны нутаг дэвсгэрт суурилуулсан станцуудын байршил

Одоогийн байдлаар Ховд аймгийн төвөөс урагш 25км-т 7 станц, Өмнөговь аймгийн Даланзадгад хотоос хойш 25 км-т 6 станцаас бүрдсэн, Говь-Алтай аймгийн Тайшир сум, Дорноговь аймгийн Эрдэнэ сум, Дорнод аймгийн Хөлөнбуйр сумын нутагт тус тус 10 станц бүхий бичил сүлжээ станц, Улаанбаатараас 50 км-т 10 станцаас бүрдсэн бичил сүлжээ станц нийт 6 сүлжээ станцууд ажиллаж байна.

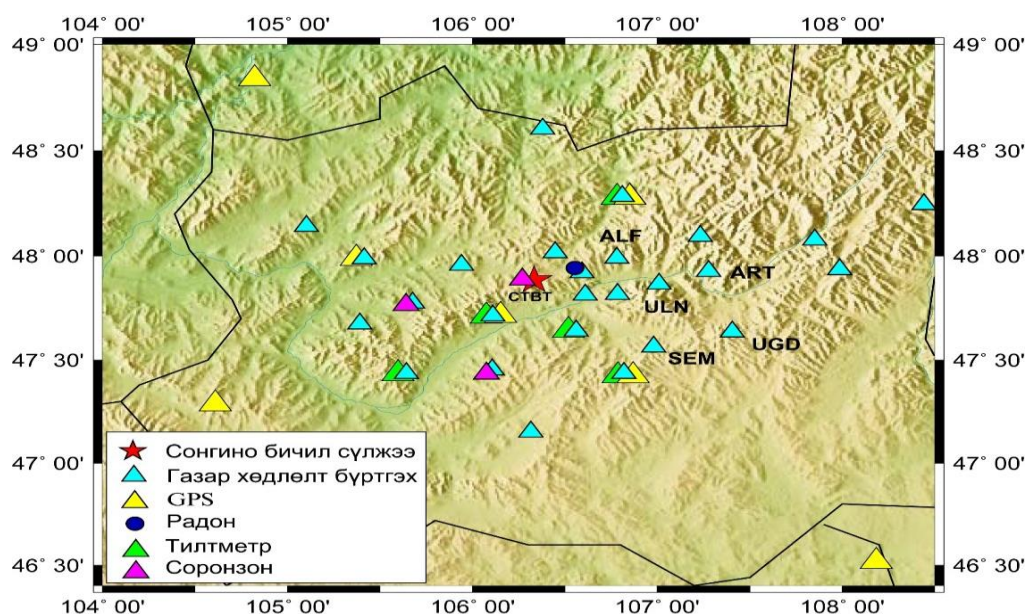
2014 оны сүүлээр Монгол засгийн газрын захиалгаар Улаанбаатар хотод нөлөөлж болохуйц, хүчтэй газар хөдлөхөд амжиж анхааруулах боломжтой зайд орших 3 идэвхтэй хагарал дээр 12 хөрсний хурдатгал хэмжигч суурилуулан мэдээллийг сансрын антенаар шууд дамжуулж автомат боловсруулалт бүхий газар хөдлөлийн гамшгаас амжиж анхааруулах системийн үйл ажиллагааг нь ханган ажиллаж байна.

2012-2013 онд Улаанбаатар хот орчмын идэвхтэй хагарлуудын газар хөдлөлтийн идэвхжилийг нарийвчлан судлах зорилгоор газар хөдлөлт бүртгэх өргөн зурвасын 16 станц, тектоник хөдөлгөөнийг судлах GPS-ийн 7 станц, газрын хэв гажлыг хэмжих тилтметрийн 5 багаж, радоны идэвхжилийг хэмжих 7 багаж, страйнметрын 1 багаж гэх мэт олон төрлийн станцуудыг суурилуулсан нь манай хүрээлэнгийн бие даан бүтээн

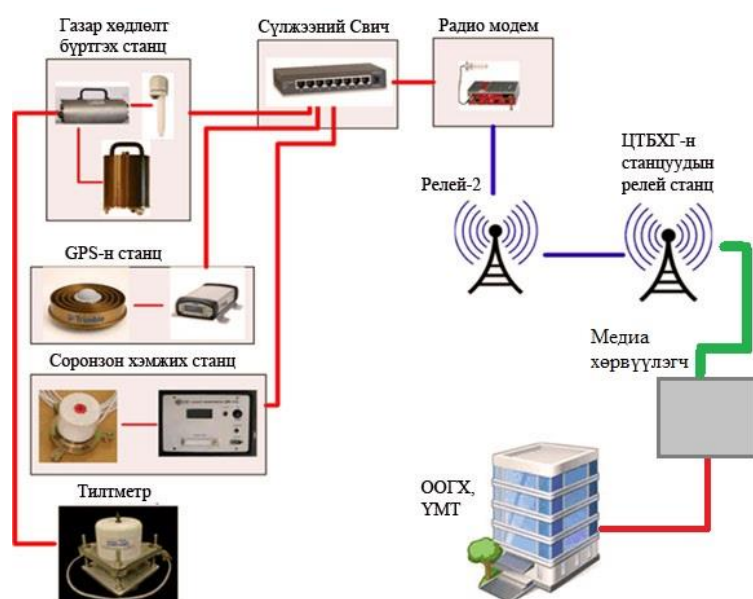
байгуулсан хамгийн том ажил болсон (Зураг 3). Тус станцуудын шууд мэдээлэл дамжуулалтыг EDGE/3G, радио модем болон шилэн кабелийн хосолсон сүлжээгээр шийдсэн (Зураг 4). ООГХ-ын ГХСС-ийн судалгаанд Монгол орны хэмжээнд газар хөдлөлийн сул хөдлөлтийг нарийвчлал өндөртэй тодорхойлоход станцуудын тархалт маш чухал байдаг.

Мэдээлэл дамжуулалт

Станцуудыг тоон системд шилжүүлсэн боловч тухайн үеийн мэдээлэл холбооны системийн хөгжлийн түвшин, зардлаас хамаарч мэдээлэл дамжуулах нь асуудалтай байсан ба харилцан өөр хоорондоо ялгаатай технологиуд болон програм хангамжуудыг ашиглаж ирсэн.



Зураг 3. Улаанбаатар хот орчимд ажиллаж байгаа геофизикийн станцууд

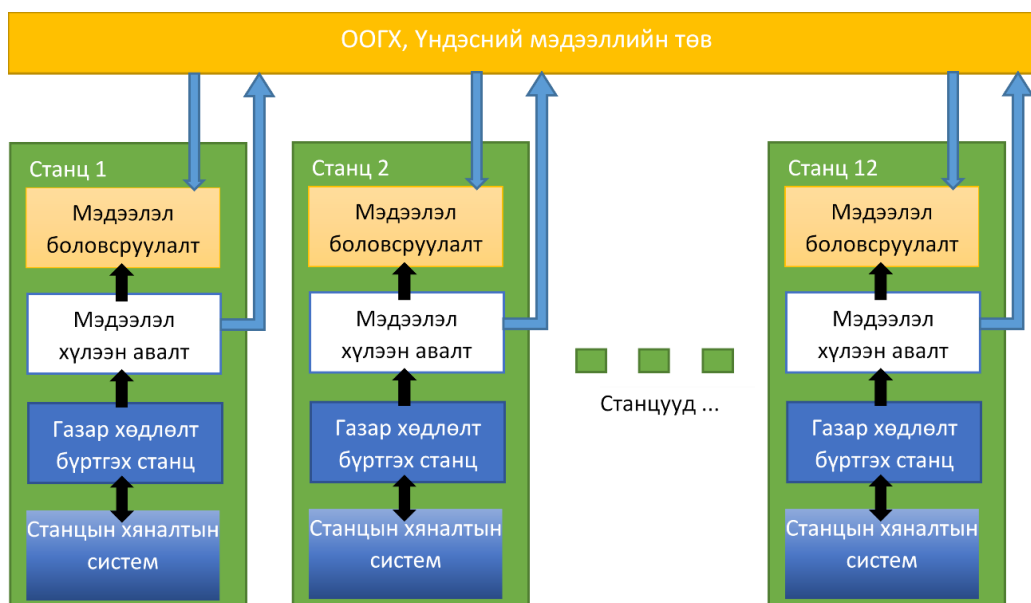


Зураг 4. Улаанбаатарын станцуудын шууд мэдээлэл дамжуулалтын блок схем

Тухайлбал эхэндээ флаш диск дээр бичигдсэн мэдээллийг шуудангаар дамжуулж эхэлсэн бөгөөд цаашдаа телефон утасны ADSL модем, үүрэн телефоны GPRS, EDGE, 3G модем, сансрын VSAT зэрэг холбооны технологи станцын онцлогоос шалтгаалан дамжуулалтыг цахим шуудан болон cd1 sender зэрэг мэдээ дамжуулах програм хангамжуудыг ашиглан дамжуулж байна. Одоогоор Монгол орны хэмжээнд ажиллаж байгаа бүх станцуудын мэдээллийг 4-30 секундйн хоцрогдолтойгоор радио модем, сансрын антен, шилэн кабель, үүрийн телефоны EDGE, 3G/4G холбооны технологи ашиглан шууд хүлээж авч байна.

Газар хөдлөлтийн Үндэсний Мэдээллийн Төв

2006 онд Монгол оронд суурилагдсан олон төрлийн тоон газар хөдлөлт бүртгэх багаж болон тэдгээрийн форматуудыг нэг санд нэгтгэн нэг форматад оруулан бодолт хийх зорилгоор Монголын Газар Хөдлөлийн Үндэсний Мэдээллийн Төв (YMT) байгуулагдсанаар мэдээллийг тасралтгүй хүлээн авч түргэн шуурхай боловсруулах боломж бүрдэж эхэлсэн. Орон нутаг дахь аймаг, сумын төвүүд шилэн кабельд холбогдсон нь манай 12 салбар станцууд ООГХ-тэй шилэн кабелиар VPN сүлжээ үүсгэн 2015 онд эхээр холбогдон станцын мэдээллээ дамжуулахаас гадна YMT-өөс газар хөдлөлийн мэдээллийг орон нутагтаа хүлээн авч ажиглагч операторууд ажлын байрандаа боловсруулалт хийж эхлээд байна (Зураг 5).



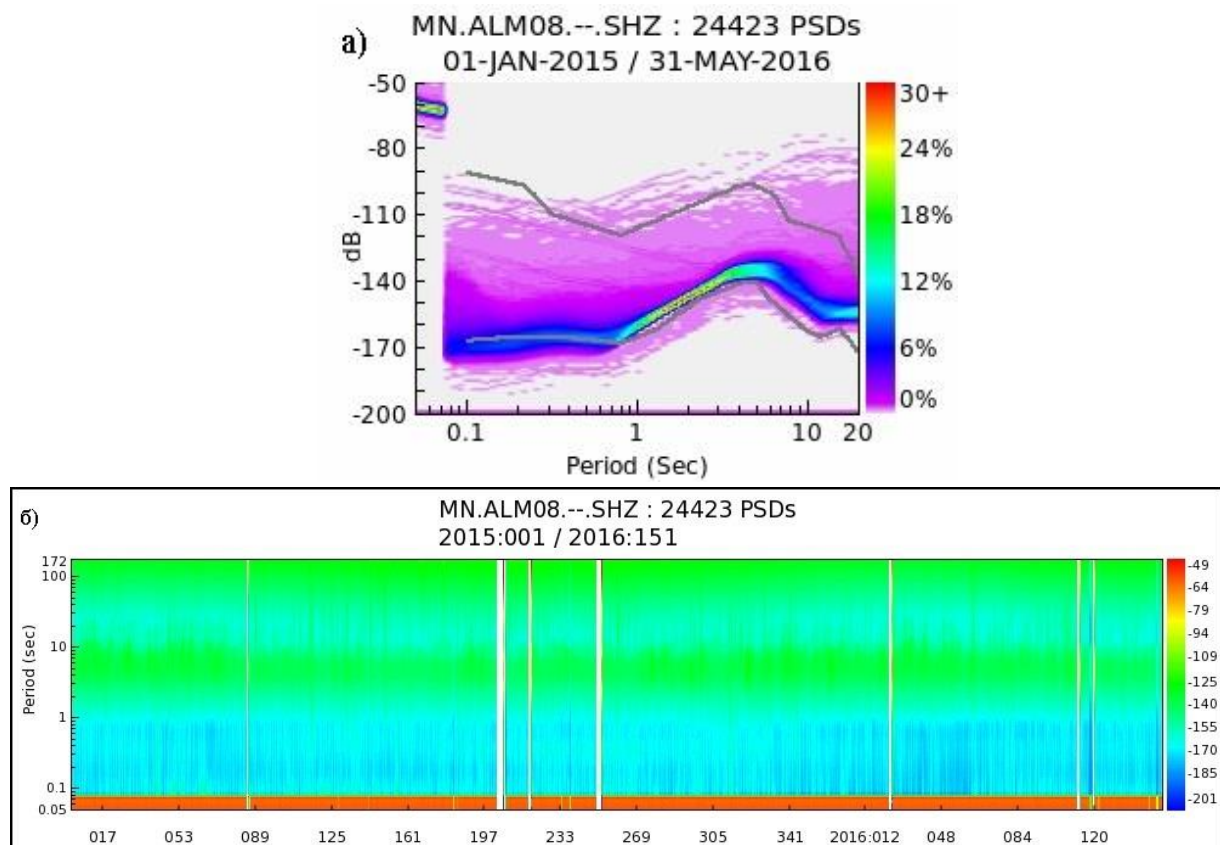
Зураг 5. Орон нутгийн станцуудын мэдээлэл дамжуулалт

Газар Хөдлөлтийн Үндэсний Мэдээллийн Төв нь 87 газар хөдлөлийн станцын нийт 187 сувгийн мэдээллийг авахаас гадна GPS-ийн станц, нил авианы станц, нүүдлийн 15 өргөн зурвасын станцын мэдээлэл, олон улстай хамтарсан судалгааны ажлаар хийгдсэн нүүдлийн станцуудын мэдээллүүдийг хадгалан, нөөц хувь үүсгэн аюулгүй байдлыг ханган, боловсруулалт хийхэд зориулан зохих форматад хөрвүүлэх ажиллагаа хийгдэж байна. Зөвхөн байнга ажиллаж байгаа станцуудаас хүлээн авч буй мэдээллийн хэмжээ өдөрт дунджаар 1242 Мегабайт байх ба тус төвийн нийт мэдээлэл хадгалах багтаамж нь

24 Терабайт байна. ҮМТ-ийн сервер компьютер тэдгээрийн нөөц сан үүсгэн давхар хадгалах серверүүд болон мэдээлэл боловсруулалтын компьютерүүд 24/7 цагийн турш цахилгааны үл тасалдах системээр хангагдсанаар цахилгаан тасрах нөөц генератор ашиглан компьютер унтрах гэмтэх эрсдэлээс хамгаалж мэдээлэл алдагдах аюулаас зайлсхийж тасралтгүй боловсруулалт хийх боломжийг бүрдүүлж байна. Үүнээс гадна Олон улсын мэдээллийн төвүүд ЦТБХХОУБ-ийн Олон улсын мэдээллийн төв, АНУ-ын USGS, зэрэг дэлхий даяар байгуулсан газар хөдлөлийн станцуудын мэдээллийг интернетээр дамжуулан авч боловсруулалтад оруулан ашиглаж байна.

Газар хөдлөлийн станцын мэдээллийн хяналт шалгалт

Станцын багажийн хэвийн ажиллагаа горимоос гарах, шуугианы түвшнийг тасралтгүй шалгах зорилгоор чадлын спектр (Power Spectral Density) болон спектрограмыг урт хугацаагаар зуруулан өөрчлөлтөөр нь хянаж байна (Зураг 6). Мөн станцын гэмтэл үйл ажиллагааны доголдол болон бусад холбогдох мэдээллийг техникийн мэдээллийг санг үүсгэн хадгалж холбогдох арга хэмжээг нэн даруй авч ажиллаж байна.



Зураг 6(а,б). ALM08 станцын чадлын спектр болон 2015 оны эхнээс 2016 оны дунд хүртэлх спектрограм

Газар хөдлөлт бүртгэх станцуудыг тасралтгүй өргөтгөн суурилуулж мэдээлэл дамжуулалт, станцын техник хэрэгслүүдийн сайжруулалтыг гүйцэтгэж ажилласны үр дүнд 2016 оны байдлаар орон нутгийн станцуудын мэдээлэл бүрдүүлэлтийн дундаж хувь 96% гарсан байна. Олон улсын болон хамтын ажиллагаатай станцын сүлжээ тухайлбал

ЦТБХХОУБ, АНХТХТ, Ховд, Даланзадгад станцуудын мэдээлэл бүрдүүлэлтийн дунджаар 99.41%-тай мэдээлэл бүрдүүлж байна.

Дүгнэлт

Одон Орон Геофизикийн Хүрээлэнгийн газар хөдлөл судлалын салбарын 60 жилийн туршид хөгжих явцдаа газар хөдлөлт бүртгэх фотоцаасан бичлэгтэй сейсмограмаас тоон технологийн үсрэнгүй хөгжил бүхий геофизикийн багаж, төхөөрөмжийг монголын нөхцөлд зохицуулан суурилуулж дэлхийн түвшинд хүрсэн өндөр хүчин чадал бүхий станцуудтай болсон байна.

Станцын аюулгүй ажиллагааг хангах хяналт мониторингийн систем нь станцын мэдээлэл бүрдүүлэлтэд болон чанарыг хянахад өндөр ач холбогдолтой юм. Манай Хүрээлэнгийн инженер, техникийн ажилчдын тусламжтайгаар цаашид газар хөдлөлтийн болон геофизикийн өндөр хүчин чадалтай, шууд дамжуулалт бүхий автомат станцуудыг Монгол орны хэмжээнд судалгааны чиглэлд тохируулан түргэн шуурхай байгуулах чадвартай болжээ.

Ном зүй

- J.Bayaraa. 2014. "Operation of Mongolian National Data Center." EARNW. Ulaanbaatar: CTBTO. 13.
- J.Bayaraa, B.Munkhbayar, D.Lkhagvadorj. 2016. "Seismic Network of Mongolia." Seismic Networks Training Course – Mongolia October 23-28, 2016. Ulaanbaatar: IAG. 1.
- J.Bayaraa, M.Ulziibat, D.Battulga, G.Baigalmaa, B.Munkhbayar. 2013. "Detection capability of Mongolian Seismic Network." Science and technology 2013 conference. Vienna, Austria: CTBTO. 1.
- Б.Баттулга. 2005-2007. Газар хөдлөлт бүртгэх тоон бичлэгт станц. Шинжлэх ухаан-технологийн төслийн тайлан, Улаанбаатар: ГХСС/ООГСТ.

ГАДАРГЫН ДОЛГИОНООР ГҮНИЙ БҮТЦИЙГ ТОДОРХОЙЛОХ

А.Дөлгөөн¹, Ч.Одонбаатар¹

¹ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэн

Хураангуй. Улаанбаатар хот орчмын өргөн зурвасын станцад бичигдсэн холын хүчтэй газар хөдлөлийн гадаргын долгионыг 1-50 секундын үетэй давтамжийн мужид Гауссын цонхоор фильтр хийн, тухайн давтамж бүр дээрх долгионыг ялган авсан. Ялгасан долгионы давтамж бүрийн үндсэн мода-ийг тодорхойлон, түүний далайцын хамгийн их утгаар группийн хурдыг хэмжсэн нэг ба хоёр станцын арга ашиглан группийн хурдны дисперсийн муруйг Matlab орчинд интерактив програм бичин байгуулсан. Гарган авсан дисперсийн муруйнаас урвуу бодлого бодож гүнээр тархах S долгионы хурдны загвар гарган авлаа.

Түлхүүр үг: Гадаргын долгион, группийн хурд, Гауссын фильтр, дисперсийн муруй, урвуу бодлого, хурдны загвар

Оршил

Газар хөдлөлтийг нарийвчлан тодорхойлоход гүний тогтоц тэр дундаа царцдас мандлаар тархах сейсмик долгионы хурдны загвар нэн чухал юм. Царцдас мандлаар тархах сейсмик долгионы загвар тодорхойлох олон аргуудын нэг нь гадаргын долгионы дисперсийг тодорхойлж, түүнээс урвуу бодлого бодох замаар гүний хурдны загвар гаргах арга юм (Haskell 1953).

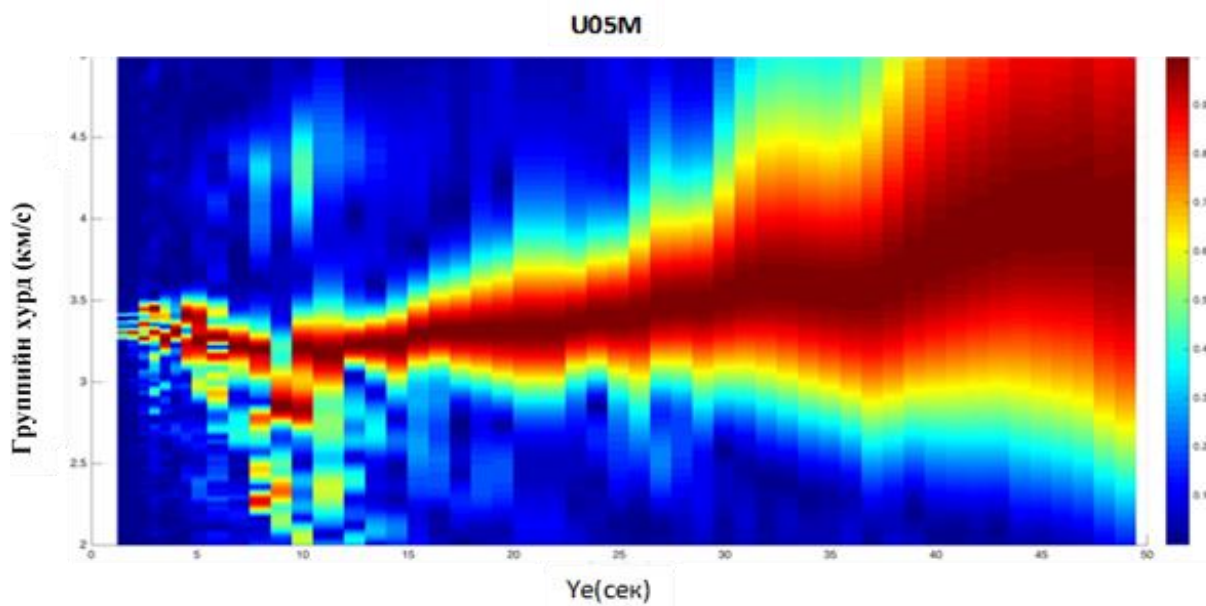
Монгол орны хувьд гадаргын долгионоор хөрсний хурдны загвар тодорхойлох ажлыг манай эрдэмтэд ЗХУ-ын эрдэмтэдтэй хамтран Монгол орны нутаг дэвсгэрийн тектоникийн болон геоморфологийн нөхцөлөөр нь баруун зүгийн эрчимтэй уул үүссэн бүс, төв хэсэгт-дунд зэргийн, өмнө болон зүүн хэсэгт-сул гэж гурав хуваан Улаанбаатар, Ховд, Алтай, Закаменск гэсэн дөрөв нь аналог станцын мэдээлэлд тулгуурлан бүс нутгуудын хөрсний дундаж хурдны загварыг (В.И.Кожевников 1995) тодорхойлноос хойш хурдацтай хөгжиж буй технологийн дэвшлийг даган улам бүр боловсронгуй болгох шаардлага бий болж байна.

2012-2013 онуудад Одон орон, геофизикийн хүрээлэн нь Монгол улсын засгийн газрын хөрөнгө оруулалтаар Улаанбаатар хот орчимд газар хөдлөлийг бүртгэх өргөн зурвасын 16 станц (U01M-U16M) шинээр суурилуулж тухайн орон нутагт болж буй газар хөдлөл болон уурхайн тэсэлгээг бүртгэн авч мэдээллийн сандаа төвлөрүүлснээр бүс нутгийн гүний сейсмик долгионы хурдны загвар тодорхойлох боломжийг бүрдүүлсэн. Энэ 16-н станцын мэдээллээр хүлээн авагчийн функцийн (Lanston.C.A 1977) аргыг ашиглан Улаанбаатар хот орчмын гүний судалгааны ажил хийгдсэн (Ц.Баасанбат 2015). Бүс нутгийн гүний тогтцын судалгааг олон аргыг хослуулж хийх нь бодит үр дүн гарган авахад илүү ач холбогдолтой юм.

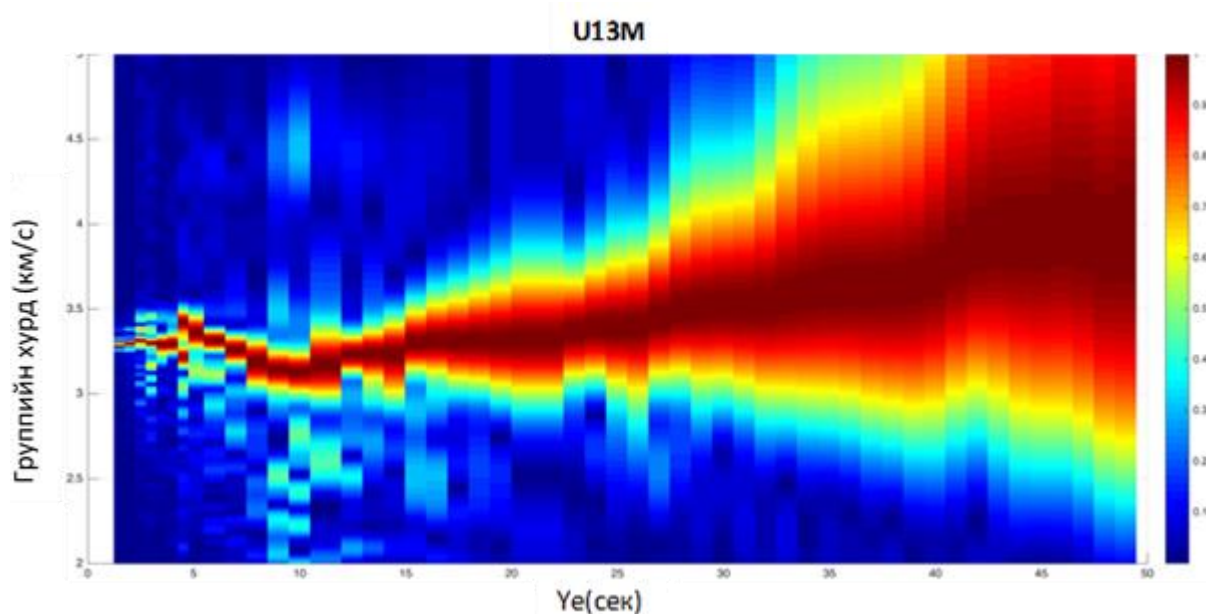
Арга зүй

Судалгаанд ашиглах газар хөдлөлийг сонгохдоо зай нь 20-35°, гүн нь <15км, хүч >5.5Ml байх хөдлөлүүдээс сонголт хийсэн. Үүний дагуу олон улсын хүчтэй газар хөдлөлийн каталогаас өгөгдлөө оруулан шүүлт хийж Японы Фукуокод 2016 оны 04 сарын.15-ны 16 цаг 25 минут 06 секундэд (Өргөрөг:32.78;Уртраг:130.73) 10км-ийн гүнд 7.0Mw хүчтэй болсон хөдлөлийг сонгон газар хөдлөлт бүртгэх U05M болон U13M

станцуудад бичигдсэн сейсмограмыг газар хөдлөл эхэлсэн хугацаанаас хойш нэг цагийн урттайгаар таслан авч мэдээллийн сан бүрдүүлсэн.



Зураг 1. Дисперсийн муруй



Зураг 2. Дисперсийн муруй

Мэдээллийн сангаа ажилд бэлдэхдээ багажийн нөлөөллийг арилгаж хурд илэрхийлэх сейсмограм гарган хэвтээ байгуулагчдыг нь тангенциаль, радиал байгуулагч болгон хувиргасан. Уг мэдээллийн сангаа ашиглан нэг ба хоёр станцын аргаар Лява долгионы группийн хурдны дисперсийн муруйг байгуулна. Нэг станцын аргаар дисперсийн муруйг үнэлэхдээ бэлдсэн сигналаа 1-50 секундйн үед зурвасын фильтр хийж давтамж тус бүрээр ялган, энергийн тархалтаар нь 3н хэмжээст зураг гарган өндөр далайцтай хэсгээр зүсэлт хийн байгуулж болно (Зураг 1, 2). Энэ арга нь эпицентрээс станц хүртэл тархах долгионы дундаж хурдыг тодорхойлно.

Бидний судалгаа хийх бүс нь Улаанбаатар хот орчим учраас сонгосон хоёр станцын хооронд тархах долгион дээр анализ хийдэг хоёр станцын аргыг (Sato 1955) сонгон группийн хурдны дисперсийн муруйг байгуулан, улмаар инверси хийж S долгионы хурдны загвар тодорхойлно. Харин группийн хурдыг давтамжийн мужуудаар фильтр хийх аргачлалаар (Dziewonski 1972) доорх байдлаар хэмжсэн. Энэ арга нь сейсмограмыг Фурье хувиргалтаар задалж хугацааны тооллоос давтамжийн тоололд шилжүүлэн фаз, далайцаар нь ялгана (Томьёо 1).

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{i\omega t} dt \quad (1)$$

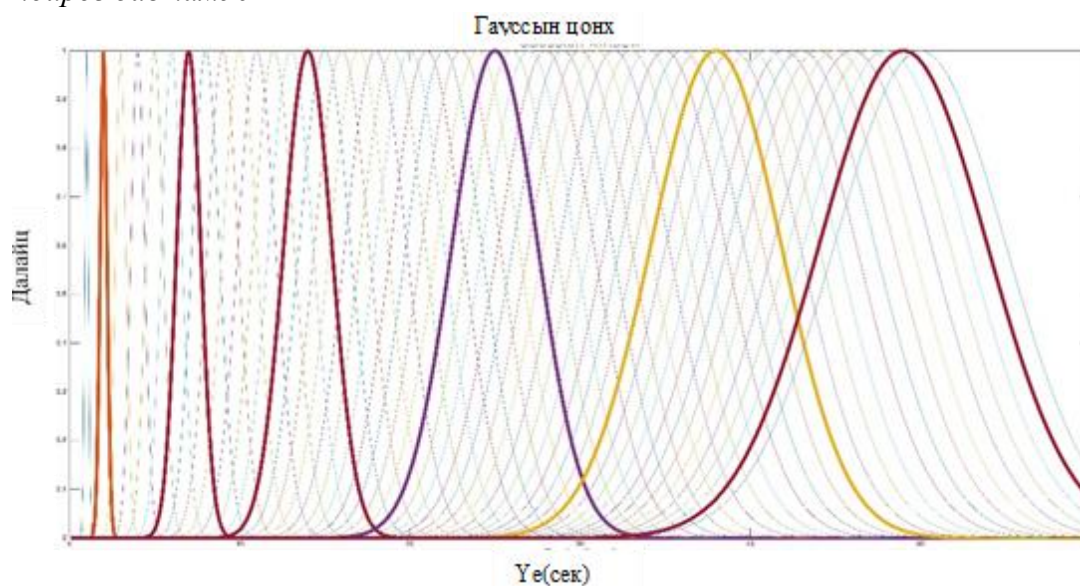
Тодорхой давтамж ω_n дээр тохирох зурвасын фильтр ашиглана (томьёо 2).

$$F_n(\omega) = H(\omega, \omega_n)F(\omega) \quad (2)$$

Зурвасын фильтрийг 1-0.02Гц хүртэлх давтамжийн мужид Гауссын цонхыг (Томьёо 2) ашигласан ба олон удаагийн туршилт хийсний дараа $\alpha=50$ байхаар сонгож фильтр хийсэн (Зураг 3).

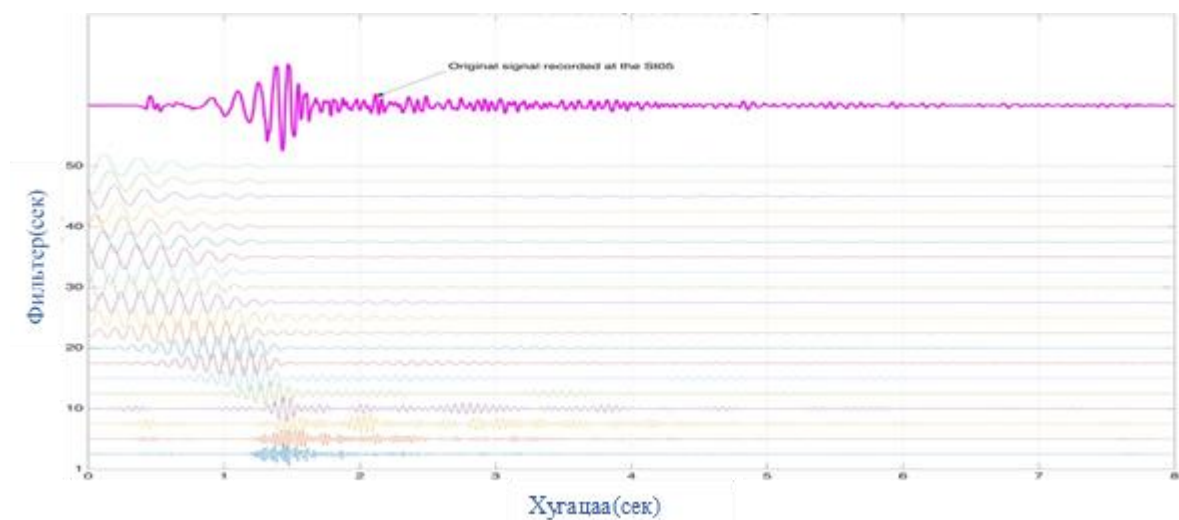
$$G_{(u)} = \exp \left[-\alpha \left(\frac{\omega - \omega_n}{\omega_n} \right)^2 \right] \quad (3)$$

$G_{(u)}$ -Гауссын функц
 α -зурвасын өргөн
 ω -тойрог давтамж



Зураг 3. Гаусс цонх, $\alpha=50$

Ялган авч фильтр хийгдсэн долгионы далайцыг, фазыг нь оруулан буцаан инверси Фурье хувиргалт хийж долгионоо давтамж тус бүрээр ялгаж авсан (Зураг 4).

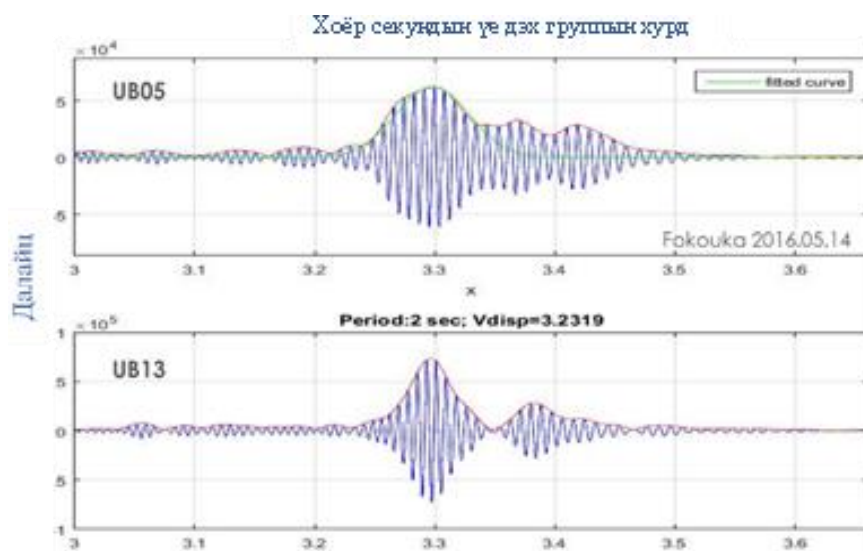


Зураг 4. Зурвасын фильтр хийгдсэн сейсмограм

$$f_n(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F_n(\omega) e^{-i\omega t} d\omega \quad (4)$$

$$q_n(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} Q_n(\omega) e^{-i\omega t} d\omega \quad (5)$$

Фильтер хийгдсэн ижил давтамжтай бүлэг долгионы далайцуудыг хооронд нь холбон хүрээ татаж энэ хүрээнийхээ хамгийн их утгаар групп хурд хэмжиж (fundamental mode) τ_m –оор тухайн давтамж дээрх группийн хурдыг (томъёо 6) тодорхойлов (Зураг 5).



Зураг 5. Группийн хурд 3.3 км/с (Vdisp- 2 станцын аргаар хэмжсэн группийн хурд ~3.23 км/с)

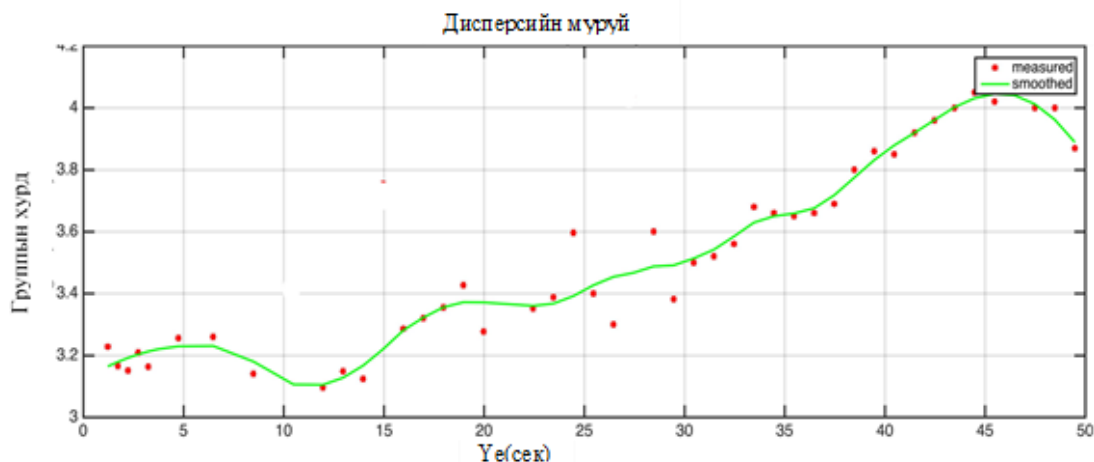
$$U(\omega_n) = \frac{x}{\tau_m - \tau_0} \quad (6)$$

x эпицентрийн зай, τ_0 эхэлсэн цаг, τ_m –үндсэн мода

Группийн хурдаа хоёр станцын аргаар (Sato 1955) илэрхийлбэл:

$$U(\omega_n) = \frac{x_2 - x_1}{x_t(\omega_n)} \quad (7)$$

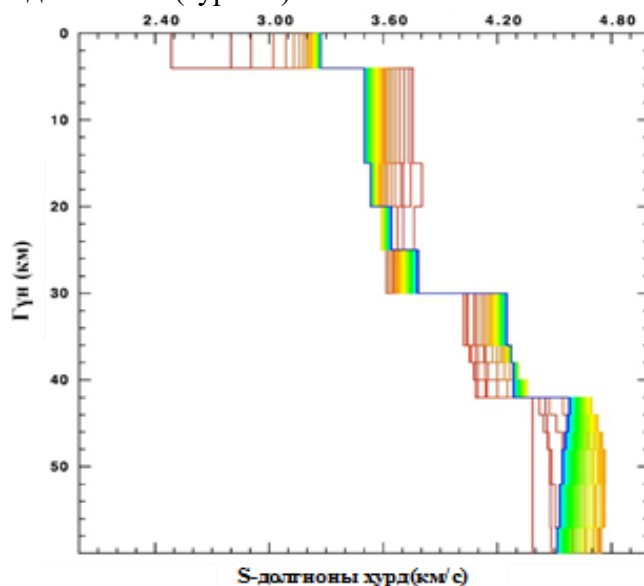
болох ба давтамжаас хамаарсан дисперсийн муруйг зураг 6-д үзүүлэв.



Зураг 6. Хоёр станцын аргаар байгуулсан дисперсийн муруй

Тооцооллын үр дүн

Лява долгионы групп хурдны дисперсийн муруйн үеийг 1-45 секундйн хооронд, харгалзах групп хурдны утга 3.268-3.9 км/с гэж тодорхойлсон. Үүнийг SURF96 програм (Robert Herrmann 2002) ашиглан инверси бодуулахад 30 км болон 42 км-ийн гүнд хурдны өндөр өөрчлөлт ажиглагдаж байна (зураг 7).



Зураг 7. S долгионы гүнээр тархах хурдны загвар

Дүгнэлт

Улаанбаатар хот орчмын газар хөдлөл бүртгэх U05M болон U13M станцууд болон газар хөдлөлийн голомтоос станц хооронд тархах Лява долгионы группийн хурдны дисперсийн муруйг нэг ба хоёр станцын аргаар үнэлсэн.

Нэг ба хоёр станцын аргаар группийн хурдыг хэмжин харьцуулалт хийхэд нэг станцаар үнэлсэн группийн хурд өндөр байгаа нь эпицентрээс станц хоорондын царцдасаас Улаанбаатар орчмын царцдас илүү зузаан гэж үзэж болохоор байна (Зураг 3).

“Computer programs in seismology” програм ашиглаж дисперийн муруйнаас урвуу бодлого бодох замаар царцдасын зузааныг 42 км үнэлсэн гүний утга нь анхны загвараас маш хүчтэй хамаарч байна.

Монгол оронд өмнө нь хийгдэж байсан гүний бүтцийн судалгааны ажлуудын үр дүнгээр царцдас мандлын зузааныг 40-50км, тэр дундаа Улаанбаатар хот орчимд 41-45км, U05M станцын доор 41.1 ± 0.9 км, U13M станцын доор 41.2 ± 1.5 км гэж тодорхойлжээ .

Номзүй

- Dziewonski, A., and A.Hales. 1972. Numerical analysis of dispersed seismic waves. New York: Academic Press.
- Haskell, N.A. 1953. “Dispersion of Surface Waves on Multilayered Media.” Bulletin of the Seismological Society of America 17-34.
- Lanston.C.A. 1977. “ The effect of planar dipping structure on source and receiver responses for constant ray parameter.” Bulletin of the Seismological Society of America 1029-1050.
- Robert Herrmann, Charles. J.Ammon. 2002. “Surface Wave Analysis.” Surface waves, Receiver functions and crustal structure-Д, 3.1-3.35.
- Sato, Y. 1955. Analysis of Dispersed Surface Waves by means of Fourier Transform I. Tokyo.
- Seth Stein, Micheal Wyssession. 2003. An introduction to seismology, earthquakes and earth structure . Potsdam: Blackwell.
- Yomogida, Kiyoshi. 2001. Surface Waves and Scattering and Attenuation. Hokkaido.
- В.И.Кожевников, Л.М.Антонова, Б.Эрдэнэбилэг, И.Үлэмж,. 1995. “Строение коры и верхней мантии монголии по данным дисперсии фазовых и групповых скоростей волн рэля.” Глубинное Стронние и Геодинамика Монголо-Сибирского Региона-Д, 73-87. Новосибирск: Сибирская издательская фирма РАН.
- Ц.Баасанбат. 2015. Receiver function study in the Ulaanbaatar region. Tokyo.

ГАЗАР ХӨДЛӨЛТИЙН АВТОМАТ БОДОЛТЫН ҮНДСЭН ПАРАМЕТРУУДИЙГ НАРИЙВЧЛАН ТООЦОХ СУДАЛГАА

Д.Энхтулга¹, М.Өлзийбат¹

¹ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэн

Хураангуй. Сүүлийн жилүүдэд газар хөдлөлтийн сүлжээ станц болон газар хөдлөлтийн нарийвчилсан тодорхойлолт зэргийн хөгжлөөс хамаарч газар хөдлөлтийн үндсэн параметруудийг автоматаар тодорхойлох системийг бүрдүүлэх боломжтой болсон. Манай орны хувьд автомат бодолтын системийг 2015 оноос туршилтын байдлаар нэвтрүүлж эхэлсэн бөгөөд Seiscomp3 автомат бодолтын програмыг судалж Монгол орны газар хөдлөлтийн онцлог шинж чанарт тохирох параметруудийг шинжлэн тогтоож үндэсний мэдээллийн төвд ажиллуулж байна. Энэхүү ажлын хүрээнд Seiscomp3 програмын алгоритмууд болох STA/LTA, AIC, BK аргуудыг судалж эхний элжинд Улаанбаатар хот орчмын 32 станцад бүртгэгдсэн 54 газар хөдлөлтийг сонгон авч тохирох параметруудийг шинжлэн тогтоосон.

Түлхүүр үг: Автомат фаз тодорхойлолт, Allen(STA/LTA) арга, AIC арга, Baer & Kradolfer арга, Seiscomp3 програм

Оршил

Газар хөдлөлт бүртгэх станцуудын сигнал нь тоон байдалд шилжсэнээр орчин үеийн компьютерийн технологийн хөгжилд тулгуурлан газар хөдлөлтийн боловсруулалтыг автоматжуулах өргөн боломж нээгдсэн. Ялангуяа 1980 –аад оны эхэн үеэс эхлэн энэ талын судалгааны ажлууд олноор хийгдсэнээр олон аргачлалуудыг боловсруулсан байдаг. Эдгээр аргууд нь сигналын далайц болон давтамжийн өөрчлөлтийг тооцоолох замаар цаг хугацааны хувьд миллисекундийн алдаатайгаар сейсмик долгионы фазуудыг хэмжих нөхцөлийг бүрдүүлээд байна. Эдгээрээс өргөн хэрэглэгдэж байгаа аргууд нь сигналын урт ба богино хугацааны нийлбэрийн дундаж утгын харьцаа (STA/LTA харьцаа), сейсмик долгионы энергийн буюу далайцын өөрчлөлтийг тооцоолох (AIC, BK арга) зэрэг болно. Сүүлийн 2 жилд Монголын газар хөдлөлт бүртгэх станцуудын анхан шатны мэдээлэл дамжуулах процессыг олон улсын стандарт “SEEDLINK” системд шилжүүлснээр дээрх аргуудыг ашиглаж газар хөдлөлтийн параметруудийг автоматаар боловсруулах аргачлалыг нэвтрүүлэх боломж нээгдсэн. Энэхүү ажлын хүрээнд “Seedlink” ба “Seiscomp3” програмуудад тулгуурлан өөрийн орны станцуудын онцлогийг тусган ойрын газар хөдлөлтийн фазыг таних алгоритмуудын параметруудийг шинжлэн тогтоож мэдээллийг автоматаар боловсруулан анхан шатны бодолтыг хийх ажлыг хэрэгжүүлж байна.

Судалгааны арга зүй

Автомат бодолтын Seiscomp3 програм нь STA/LTA харьцаа, BK, AIC аргуудын алгоритмуудыг ашиглан газар хөдлөлт болон фазыг автоматаар таних процессыг хийдэг. Эхний түвшинд газар хөдлөлтийн долгион орж ирэхэд STA/LTA алгоритмаар газар хөдлөлтийн эхний фазыг тодорхойлон (Р фаз) улмаар тогтоосон утгуудыг харьцуулан (pick association) тухайн газар хөдлөлтийг таних процесс хийгдэнэ. Тухайн газар хөдлөлтийг таних үндсэн үзүүлэлт нь газар хөдлөлт болсон хугацаа мөн голомтоос

долгионы тархах хугацааны утгууд болно. Үүний дараа “Allen picker” болон “Baer &Kradolfer-picker”-н аргуудаар фазын бүртгэгдсэн хугацааг нарийвчлан тодорхойлж дээрх 2 аргын аль сайн үрд дүн үзүүлснийг сонгодог. Судалгааны ажилдаа дээр дурдсан аргууд болон тус аргуудын алгоритмуудыг судалж Матлаб програмчлалын системийг ашиглан Монгол оронд тохирсон параметруудийг тогтоон анхан шатны газар хөдлөлтийн мэдээлэл боловсруулалтыг автоматжуулах ажлыг хийж гүйцэтгэсэн (Peter, Bormann,2002), (Bai, Chao-Ying, and Kennett, B. L. N,2000).

Allen(STA/LTA) арга

Энэ арга нь сигналын урт ба богино хугацааны нийлбэрүүдийн дундаж утгын харьцаагаар газар хөдлөлтийн долгионы эхлэлийг тодорхойлдог. Өөрөөр хэлбэл сейсмик долгион бүртгэгдэх үед урт ба богино хугацааны нийлбэрүүдийн дундаж утга огцом өснө. Үндсэн параметрууд нь богино (STA) ба урт (LTA) үргэлжлэх хугацааны хэмжээ, харьцааны утга, газар хөдлөлтийг таних болон фазын төгсгөлийг илэрхийлэх түвшний хэмжээгээс бүрдэнэ (Allen, R. V,1978), (Allen, R. V,1982).

$$STA = \frac{1}{ns} \sum_{j=i-ns}^i x_j^2 \quad LTA = \frac{1}{nl} \sum_{j=i-nl}^i x_j^2$$

x_j – тухайн момент дахь сейсмик долгионы далайц (count эсвэл м/с байж болно)

ns – богино хугацааны интервал

nl – урт хугацааны интервал

Allen-н тодорхойлогч функц: $E_i = x_i^2 + C_i \cdot \dot{x}_i^2$

AIC арга

“AIC” нь сигналын далайцын өөрчлөлтийг тооцох замаар энергийн өөрчлөлтийг тогтооход чиглэсэн арга. Өөрөөр хэлбэл сигналын утгуудын зөрөөний өөрчлөлтийн нийлбэрийг тодорхой хугацааны хүрээнд тодорхойлон өмнөх утгаас хасах журмаар тоон цуваа үүсгэхэд утга жигд буурах нөхцөл бүрдэнэ. Харин фазын эхлэх үед энэ нөхцөл алдагдан тоон утга огцом өсөх нөхцөл бүрдэнэ (Akaike, H,1971).

$$x_m = a_1 x_{m-1} + \dots + a_p x_{m-p} + \varepsilon_m$$

ε_m - цагаан шуугиан (white noise)

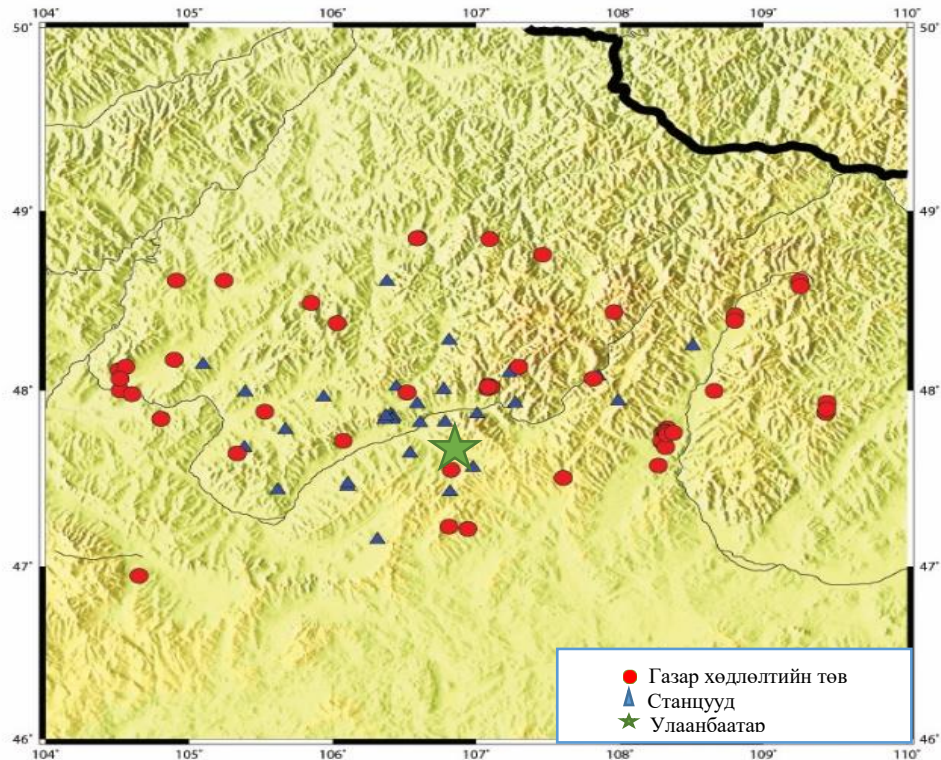
Baer & Kradolfer арга

“BK” аргын хувьд сигналын энергийн буюу далайцын өөрчлөлтийг тогтооход тулгуурласан ба үндсэн параметруудийн хувьд фазыг таних тодорхойлогч функцийн зохистой түвшин γ , түвшний өөрчлөлтийн утга 2γ , түвшний үргэлжлэх хугацаа, фазыг тодорхойлолтыг зогсоох хугацаа гэсэн үзүүлэлтүүдээс бүрдэнэ (Baer M., and Kradolfer U,1987).

$$E_i^2 = x_i^2 + \dot{x}_i^2 \frac{\sum_{j=1}^i x_j^2}{\sum_{j=1}^i \dot{x}_j^2} \quad CF_i = \frac{E_i^4 - \bar{E}_i^4}{\sigma^2(E_i^4)}$$

Мэдээлэл боловсруулалт

Улаанбаатар орчмын бүс нутгийн 34 станцуудад бүртгэгдсэн нийтдээ 52 газар хөдлөлтийн 4000 орчим фазын мэдээлэл болон 5460 сейсмик долгионы бичлэгийг ашиглан боловсруулалтыг хийж гүйцэтгэсэн. Газар хөдлөлтийн сонголтын хувьд ойрын зайн газар хөдлөлтийн боломжит бүх зайг хамруулсан ба олон станцад бүртгэгдсэн байхаар хийлээ (Зураг 1).

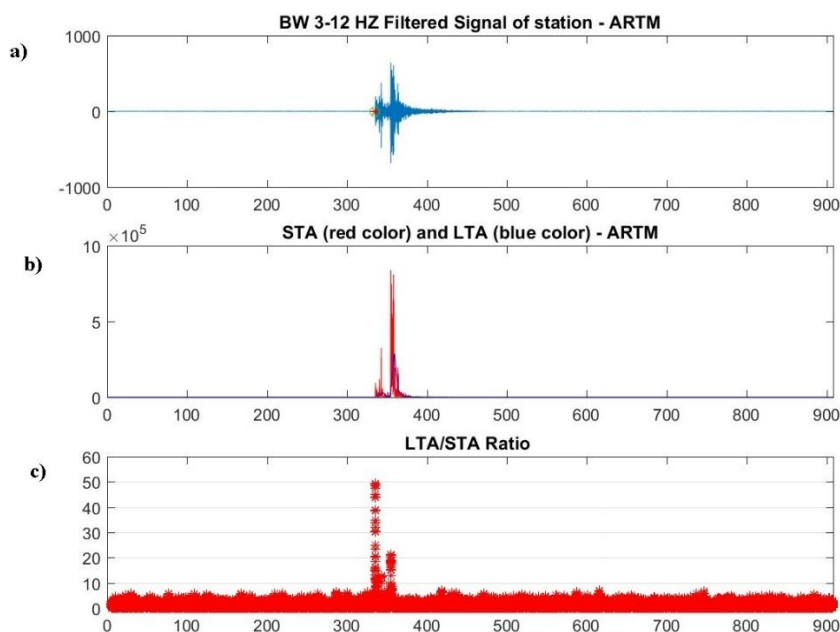


Зураг 1. Станцуудын байршил болон газар хөдлөлтийн төвийн тархалт

Газар хөдлөлтийн автомат фаз тодорхойлолтын аргуудын үндсэн параметруудийг дараах байдалтай тодорхойлж боловсруулалтыг хийсэн.

Allen STA/LTA аргын боловсруулалт

Энэ аргын үндсэн параметрууд нь богино (STA) ба урт (LTA) үргэлжлэх хугацааны хэмжээ, STA/LTA харьцаа, газар хөдлөлтийг таних болон фазын төгсгөлийг илэрхийлэх түвшний хэмжээгээс бүрдэнэ. LTA үргэлжлэх хугацааг 5–10 секунд, STA-г 0.1–1 секунд байхаар сонгож авсан. Үргэлжлэх хугацаа нь фазуудын бүртгэгдэх хугацаа болон газар хөдлөлт станц хоорондын зайнаас хамаарна. Тухайлбал ойрын зайн газар хөдлөлтийн хувьд S ба P долгионы ялгарах хугацаа хэдхэн секунд, холын зайн газар хөдлөлтийн хувьд хэдэн 10 секунд байдаг. Ерөнхийдөө газар хөдлөлт болон станц хоорондын зайг томъёогоор тогтоож болно. Жишээ нь 10-30 км-ын зайнаас бүртгэгдэх газар хөдлөлтийн фазын хугацааны ялгаа 1-3 секунд л байна. 1-р шатны ажлын үр дүнгээс үзэхэд ихэнх сигнал ба сейсмик шуугианы харьцаа нь 25–50 км-ын хооронд байгаа нь тогтоогдсон. Үүнийг үндэслэн фазын эхийг тодорхойлох харьцааны түвшнийг 5–25 хооронд байхаар, фазын төгсгөлийг тогтоох түвшинг 1.5–5 байхаар сонгон боловсруулалтын ажлыг гүйцэтгэсэн (Зураг 2).



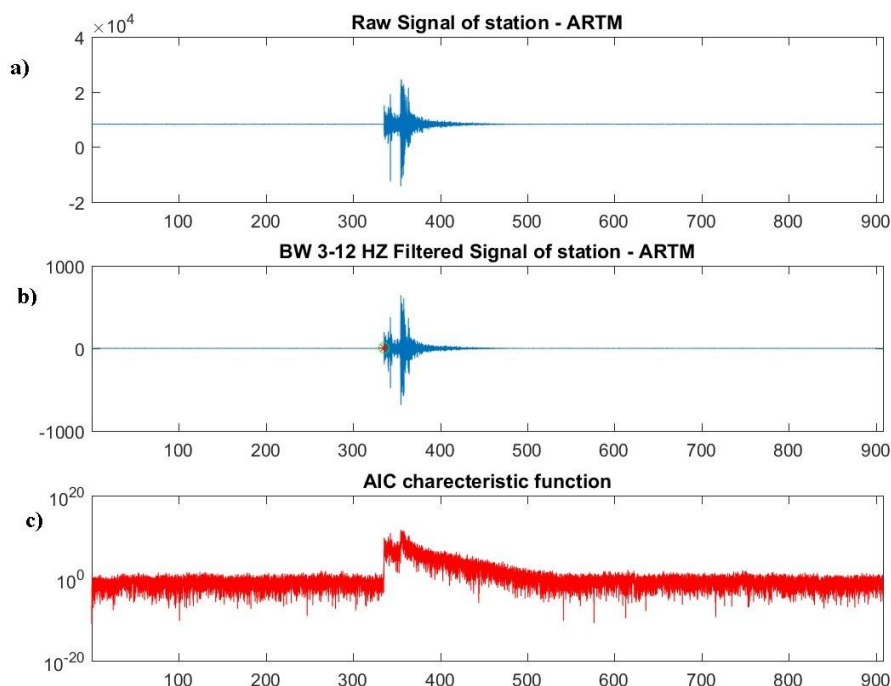
Зураг 2. ARTM станц дээрх а) Автомат(ногоон) болон гар аргаар(улаан) фаз таньсан байдал, б) STA болон LTA –ийн утга в) STA/LTA харьцааны утга

ВК аргын боловсруулалт

“ВК” аргын хувьд сигналын энергийн буюу далайцын өөрчлөлтийг тогтооход тулгуурласан болохыг өмнө дурдсан. Үндсэн параметруудийн хувьд фазыг таних тодорхойлогч функцийн зохистой түвшин γ , түвшний өөрчлөлтийн утга $2*\gamma$, түвшний үргэлжлэх хугацаа, фазын тодорхойлолтыг зогсоох хугацаа гэсэн параметруудээс бүрдэнэ. Тус судалгааны ажлын хүрээнд μ -ын утгыг 5-15, β -г 10-30, үргэлжлэх хугацаануудыг 1-5 ба 5-10 байхаар тус тус сонгон програмын оролтын параметруудийг тохируулсан. Эдгээр параметруудийн хувьсах утгын алхмыг 0.5-1.0 байхаар тооцон боловсруулалтыг хийж гүйцэтгэсэн (Зураг 3).

AIC аргын боловсруулалт

“AIC” нь сигналын амплитудын ялгааны вариацийг тооцох замаар энергийн өөрчлөлтийг тогтооход чиглэсэн арга юм. Өөрөөр хэлбэл сигналын утгуудын зөрөөний өөрчлөлтийн нийлбэрийг тодорхой хугацааны хүрээнд тодорхойлон өмнөх утгаас хасах журмаар тоон цуваа үүсгэхэд утга жигд буурах нөхцөл бүрдэнэ. Харин газар хөдлөлтөөс үүссэн долгион бүртгэгдэх үед энэ нөхцөл алдагдан тоон утга огцом өсөх нөхцөл бүрдэнэ. Ингэснээр үүссэн муруйн огцом өөрчлөгдөх байршлыг тогтоосноор фазын эхэлсэн хугацааг тогтоох боломжтой болно. AIC арга илүү төвөгтэй математикийн бодолт дээр тулгуурласан тул бусад аргыг бодвол олон үндсэн параметруудийг ашигладаг. Үүнд 1 ба 2 дугаар сегментүүдийн үргэлжлэх хугацаа, сигнал болон сейсмик шуугианы дундаж утгыг бодох хугацааны үргэлжлэл, сигналын эхийг тодорхойлох түвшний хэмжээ зэргээс бүрдэнэ. Эдгээр параметруудийн сонголтыг тодорхойлохдоо хувьсах утгын алхмыг 1 байхаар тооцож үндсэн утгаас ± 2 байхаар тооцож оролтын тохируулгыг тооцсон (Зураг 4).



Зураг 3. ARTM станц дээрх а) Үндсэн сигнал б) BW 3-12HZ фильтер хийсэнсигнал дээрх автомат (ногоон) болон гар аргаар (улаан) фаз таньсан байдал, в) AIC аргын тодорхойлогч функцээр тодорхойлсон байдал

Үр дүн

Боловсруулалтаар гарсан үр дүнг ажиглагчийн хэмжсэн (гар аргаар) утгатай харьцуулан үндсэн параметруудийг нарийвчлан тогтоосон. Уг боловсруулалтыг дээр дурдсан арга бүр дээр тодорхойлж эцсийн дүнд нэг аргыг сонгоход энэ судалгааны ажлын бас нэг үр дүн чиглэсэн.

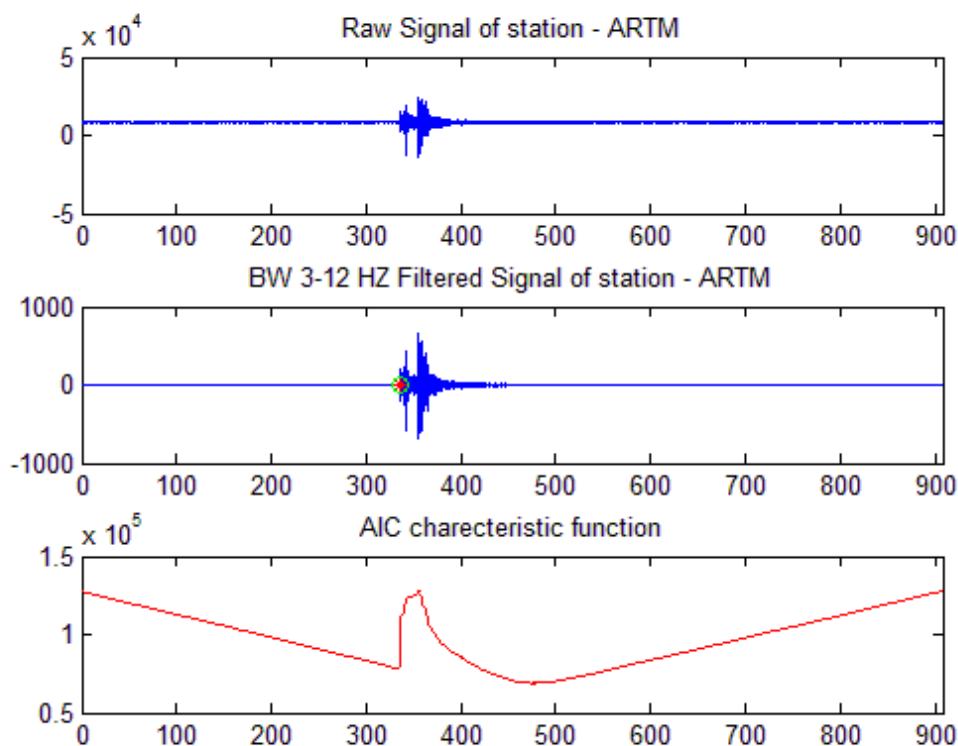
Автомат боловсруулалт болон ажиглагчийн хэмжилтийн ялгааны тархалтыг доорх зургуудад харуулав. Фазын хугацааны ялгааг доорх томъёогоор тодорхойлсон.

$$\Delta T = T_{\text{manual}}(\text{sec}) - T_{\text{auto}}(\text{sec})$$

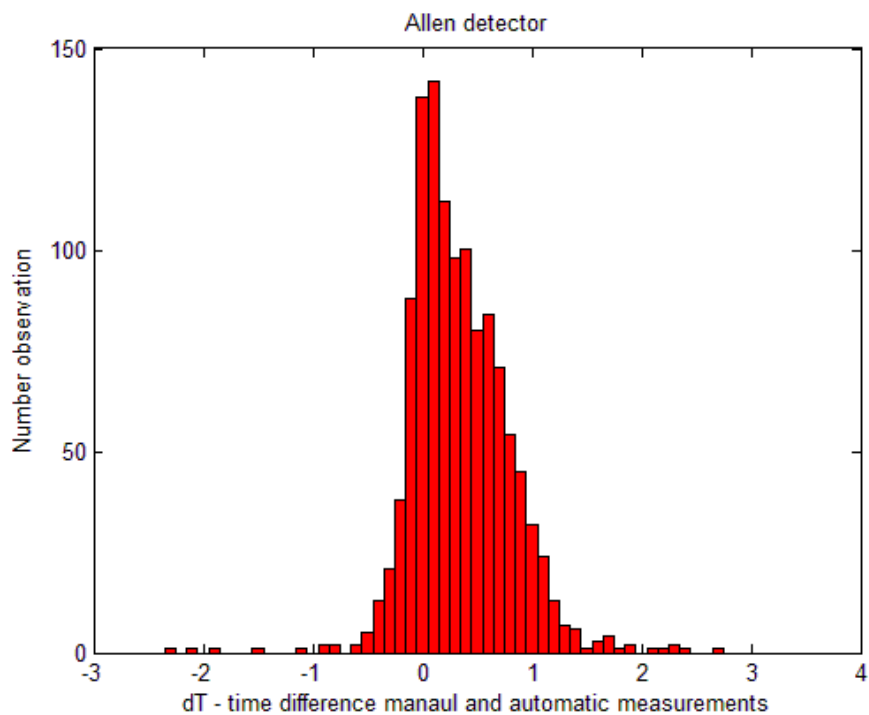
STA/LTA харьцааны аргаар тодорхойлсон фазын хэмжилтийн ялгааны гистограм 0.5-1.0 секунд орчимд хэлбэлзэж байна. Фазын хэмжилтийн зөрүүний ерөнхий тархалтаас үзэхэд ялгаврын утга нь нэмэх тал уруу шилжилттэй харагдаж байгаа боловч ялгааны гистограм 1 секундээс бага байгаа нь үндсэн параметруудийг ашиглах боломжтойг харуулж байна (Зураг 5).

ВК-ын аргаар тогтоосон автомат хэмжилтийн үр дүн болон ялгааны түгэлтээс үзэхэд бусад 2 аргатай харьцуулахад сайн үр дүнг өгсөн байна. Ялгааны гистограм нь ± 0.5 секундэд багтаж буй нь маш сайн үзүүлэлт юм.

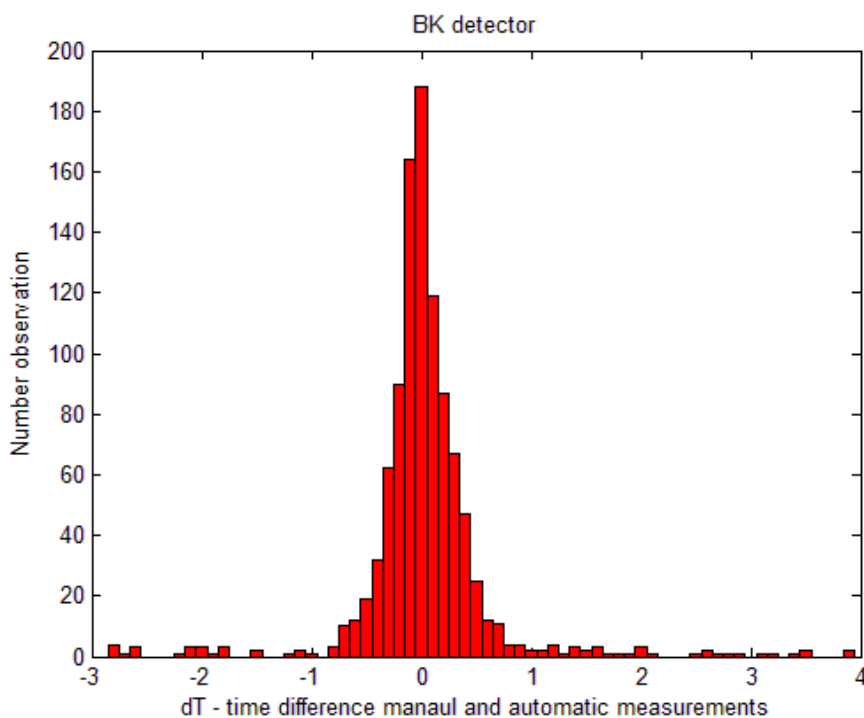
Ялгааны утгын түгэлт нь тэгш хэмтэй байгаа нь тодорхойлолтын нарийвчлал өндөр байгааг харуулна. Энэхүү үр дүнгээс үзэхэд ВК аргын үндсэн параметруудийн тодорхойлолт нь автомат бодолтын нөхцөлийг хангаж буйг харж болно (Зураг 6).



Зураг 4. ARTM станц дээрх а) Үндсэн сигнал б) BW 3-12HZ фильтерээр хийсэн сигнал дээрх автомат(ногоон) болон гар аргаар(улаан) фаз таньсан байдал, в) AIC аргын тодорхойлогч функцээр тодорхойлсон байдал



Зураг 5. STA/LTA харьцаагаар тогтоосон автомат ба ажиглагчийн хэмжилтийн бүртгэгдсэн хугацаануудын ялгааны гистограм



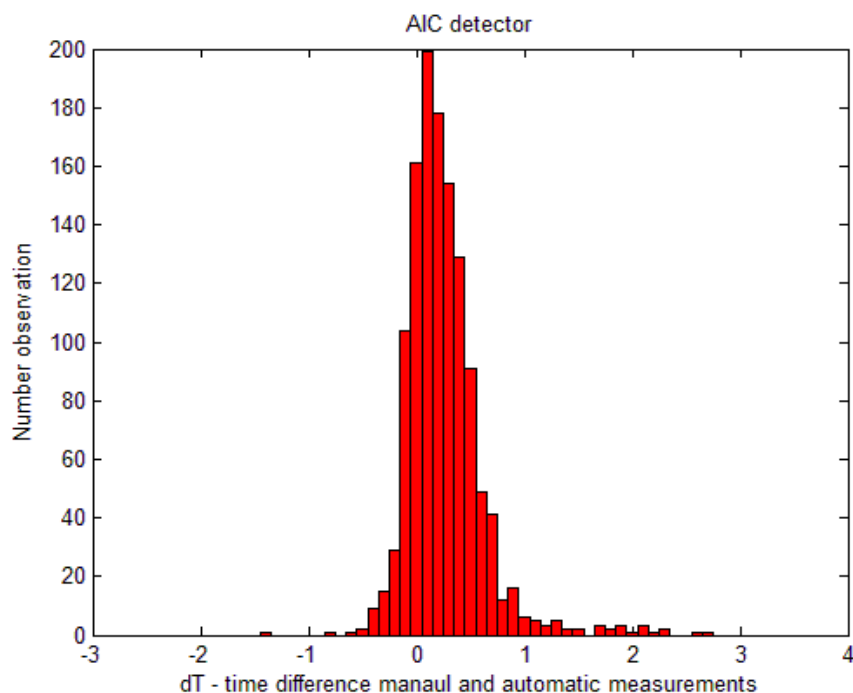
Зураг 6. ВК-ын аргаар тогтоосон автомат ба ажиглагчийн хэмжилтийн бүртгэгдсэн хугацаануудын ялгааны гистограм

AIC-ын аргаар тодорхойлсон автомат фаз болон ажиглагчийн хэмжсэн утга хоорондын ялгааны түгэлт болон ялгааны гистограмаас харахад эхний STA/LTA аргаар тодорхойлсонтой төстэй үр дүнг үзүүлжээ. Фазын цагийн ялгааны гистограм нь 0.5–1.0 орчим секундэд хэлбэлзэх бөгөөд ялгааны түгэлтээс үзэхэд нэмэх тал уруу шилжсэн нь харагдаж байна (Зураг 7)

Дүгнэлт

Энэ ажлын хүрээнд ойрын зайны газар хөдлөлтөөс үүссэн сейсмик долгионы фазыг автоматаар таних буюу таньж бүртгэх үндсэн параметруудийг тооцсон. Тус үр дүнгээс дараах дүгнэлтүүдийг хийсэн.

1. STA/LTA аргыг газар хөдлөлтийн төвийн эхний дөхөлтийн бодолтыг хийхэд тохиромжтой. STA/LTA –ын үндсэн параметруудэд: STA ба LTA хугацааны үргэлжлэлийг 0.1, 5 секундээр тус бүр сонгож авах нь ойрын болон дундын зайнд тохирч байна. Фазыг тодорхойлох харьцааны түвшнийг 10, фазын төгсгөлийн харьцааг 1.5 байхаар тохируулахад хамгийн сайн үр дүн өгч байгааг тогтоосон.
2. Хоёр дахь шатны буюу фазын нарийвчилсан хэмжилтийг “ВК” аргыг ашиглах нь манай станцуудын хувьд илүү үр дүнтэй болохыг тогтоосон. Энэ нь станцуудын сигнал ба шуугианы харьцаа өндөр байгаатай холбоотой байх магадлалтай. “ВК” аргын үндсэн параметруудийн хувьд фазыг таних түвшний утгыг 20, фазын үргэлжлэх хугацаа 1.5 секунд, фазыг таних түвшний үргэлжлэх хугацааг 10 секунд ба түвшний хэмжээг 5 байхаар тооцож авах боломжтой.



Зураг 7. AIC-ын аргаар тогтоосон автомат ба ажиглагчийн хэмжилтийн бүртгэгдсэн хугацаануудын ялгааны гистограм

Seiscomp3 програмын ажиллагааг дээрх параметр болон газар хөдлөлтийг автоматаар таних болон тодорхойлох замыг 2 үе шаттай байхаар тохируулах нь илүү нарийвчлалтай мэдээлэл бүрдүүлэхэд ач холбогдолтой байна. Энэ нь эхний дөхөлтийн бодолтыг STA/LTA харьцааны аргыг ашиглан хийгдэх ба нарийвчилсан бодолтыг “ВК” -ын фаз тодорхойлолтын аргыг ашиглах нь зүйтэй. Судалгааны ажлын хүрээнд 35 станцад бүртгэгдсэн нийт 52 газар хөдлөлтөөс үүссэн сейсмик долгионы фазыг автоматаар тодорхойлоход чиглэгдсэн боловсруулалтын ажлыг хийж гүйцэтгэсэн. Сигналын боловсруулалт хийх тухайлбал фильтр, сигналын хазайлт ба үсрэлтийг засварлах программыг судалгааны арга зүйд үндэслэн газар хөдлөлтөөс үүссэн сейсмик фазыг автоматаар тодорхойлох “Матлав 2008г” програмын цогцыг ашиглан бичсэн. Энэхүү програмуудыг цаашид судалгаа болон сургалтад ашиглах бүрэн боломжтой.

Ном зүй

- Akaike, H. 1971. "Autoregressive model fitting for control." Ann. Inst. Statist. Math, 23 163-180.
- Allen, R. V. 1982. "Automatic phase pickers: Their present and future prospects. ." Bull. Seism. Soc. Am., 72 225-242.
- Allen, R. V. 1978. "Automatic earthquake recognition and timing from single traces. ." Bull. Seism. Soc. Am., 68, 1521-1532.
- Baer M., and Kradolfer U. 1987. "An automatic phase picker for local and teleseismic events." Bull. Seism. Soc. Am., 77, 1437-1445.
- Bai, Chao-ying, and Kennett, B. L. N. 2000. "Automatic phase-detection and identification by full use of a single three-component broadband seismogram." Bull. Seism. Soc. Am., 90 187-198.
- Bormann, Peter. 2002. New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP).

ГАЗАР ХӨДЛӨЛТИЙН ХҮЧНИЙ ТАРХАЛТЫН ТООЦОО

Г.Байгальмаа¹, Ч.Одонбаатар¹

¹ ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэн

Хураангуй. Хүчтэй газар хөдлөлт болсон үед газар хөдлөлтийн байршил болон магнитудаас гадна тухайн газар хөдлөлтийн чичирхийллийн тархалтыг хөрсний оргил хурдатгал, хөрсний оргил хурд болон баллаар тодорхойлох нь газар хөдлөлтийн гамигийн үед авран хамгаалах ажлыг яаралтай зохион байгуулахад чухал ач холбогдолтой. Хүчтэй газар хөдлөлтийн дараа нэн даруй яаралтай чичирхийллийн зургийг гаргах нь тухайн хөдлөлтийн гамигийн цар хүрээ, үр нөлөөг нэн даруй үнэлэх боломжийг олгодог. Газар хөдлөлтийн аюул нь голомтонд үүсэх үйлчлэл, сейсмик долгионы замхралт болон тухайн хот суурин газрын орчны геологийн нөлөөлөл гэсэн үндсэн гурван параметрээс хамаардаг. Дэлхийн хэд хэдэн хотод болсон газар хөдлөлтийн аюулаас харахад орчны геологийн нөлөөлөл нь газар хөдлөлтөөс үүссэн эвдрэлийн хэмжээнд нилээд хүчтэй нөлөөлсөн байдаг. Энэхүү ажлын гол ач холбогдол нь өмнө хийгдсэн Улаанбаатар хотын талбайн хөрсний нөлөөллийн судалгаан дээр тулгуурлан сейсмик долгионы замхралтыг тооцоолон (хөрсний чичирхийллийг урьдчилан тооцоолох тэгшитгэл) газар хөдлөлт болсон даруйд тухайн газар хөдлөлтийн чичирхийллийн хэмжээг нийслэлийн нутаг дэвсгэрийн талбайгаар тооцон гаргаж байгаа юм. Ингэснээр газар хөдлөлтийн гамигийн үед авран хамгаалах ажлыг нарийн зохион байгуулах, хамгийн их чичирхийлэл үүссэн газар яаралтай арга хэмжээ авах болон нөөц бололцоогоо зөв үр дүнтэй хувиарлах нөхцөлийг бүрдүүлж буй нь нийгэм эдийн засгийн гол ач холбогдол оршино.

Түлхүүр үг: Хөрсний оргил хурд, балл, газар хөдлөлтийн хүчний тархалтын тооцоо

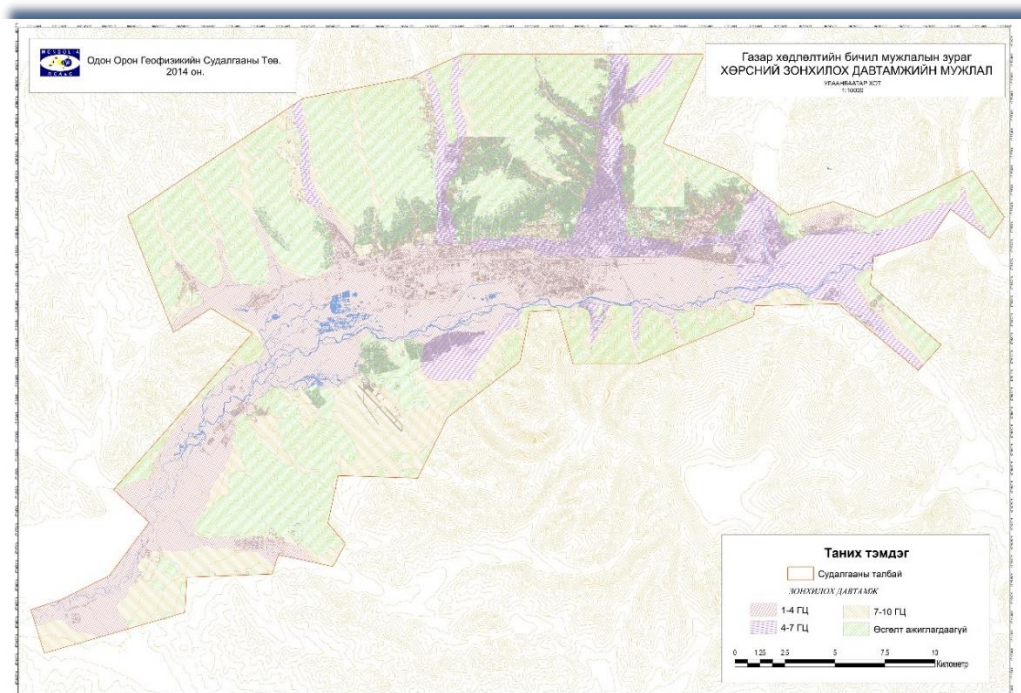
Оршил

Монгол орны газар хөдлөлтийн идэвхжил нь дэлхийн томоохон хавтан болох Евро-Азийн болон Энэтхэгийн хавтангуудын хоорондын мөргөлдөөн болон Байгалийн тэлэлтийн улмаас үүсдэг. Монгол орны газар хөдлөлтийн ерөнхий мужлалын зургаас үзэхэд баруун болон төвийн ихэнх бүс нутгууд VIII – IX баллын бүсэд багтдаг. Баруун бүсийн аймгууд болон Улаанбаатар хот нь газар хөдлөлтийн аюул учирч болох өндөр эрсдэлийн бүс нутагт байрладаг бөгөөд ялангуяа хот суурин газар өргөжин тэлж, хотжих үзэгдэл эрчимтэй явагдах болсон өнөөгийн хөгжлийн түвшинд эдгээр нь газар хөдлөлтөөс учрах аюулын эрсдэлийг улам ихэсгэх хандлагатай байна. Улаанбаатар хот нь Монгол улсын нийгэм эдийн засгийн гол төв бөгөөд хүн ам олноороо төвлөрч, барилга байгууламжийн тоо жил ирэх тусам нэмэгдэж байгаа билээ. Иймээс цаашид хот суурин газрын барилга, байгууламжуудыг газар хөдлөлтөд тэсвэртэй барих, хот төлөвлөлтийг газар хөдлөлтийн аюулын үнэлгээнд үндэслэх нь чухал асуудал болж байна. 2005 оноос Улаанбаатар хот болон түүний орчмын бүс нутагт газар хөдлөлтийн идэвхжилт ажиглагдаж байгаа бөгөөд нийслэл хотын оршин суугчдад мэдрэгдсэн мэдэгдэм хүчтэй ($M \geq 3.5$) газар хөдлөлт 3 удаа болсон Үүнд: 2010 оны 01 дугаар сарын 09-нд Дундговь аймгийн Дэрэн сумын Тохомд магнитуд нь 5.6 хүчтэй, 2013 оны 10 дугаар сарын 14-нд Улаанбаатар хотын баруун захад Эмээлт өртөөний орчимд магнитуд нь 3.7 хүчтэй, 2015 оны 10 дугаар сарын 03-нд Баянзүрх дүүргийн Улиастайн амын Шарын хоолойд магнитуд нь 4.4 хүчтэй газар хөдлөлтүүд тус тус болоод байна.

Судалгааны арга зүй

Энэхүү ажил нь өмнө нь хийгдсэн Улаанбаатар хотын талбайн хөрсний нөлөөллийн судалгаан дээр тулгуурлан сейсмик долгионы замхралтыг тооцоолон (хөрсний чичирхийллийг урьдчилан тооцоолох тэгшитгэл) газар хөдлөлт болсон даруйд тухайн газар хөдлөлтийн чичирхийллийн хэмжээг нийслэлийн нутаг дэвсгэрийн талбайгаар тооцон гаргаж байгаа юм.

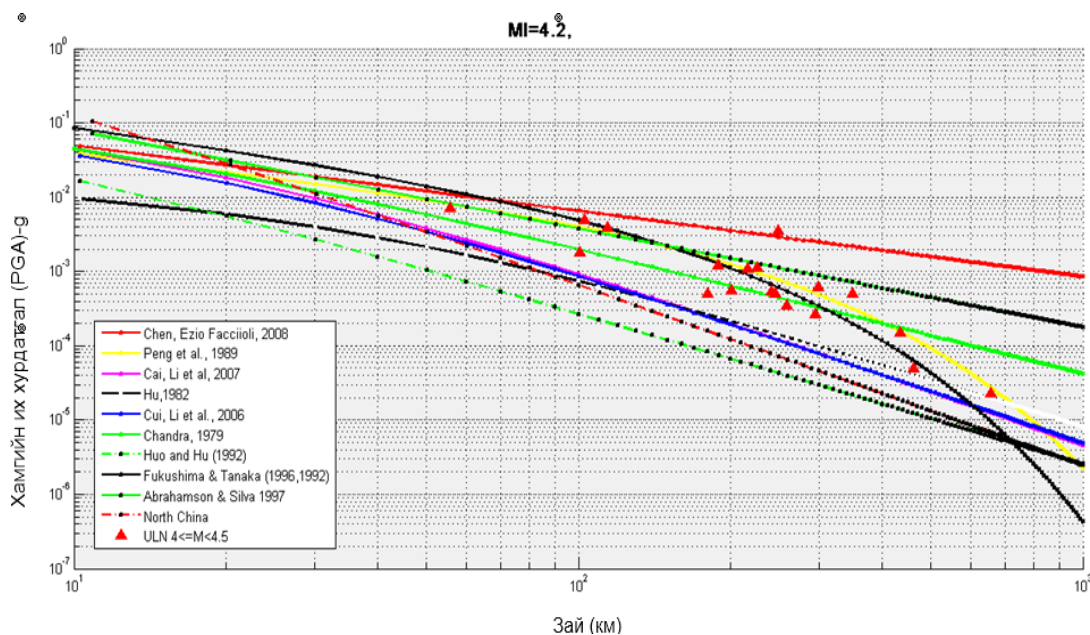
Улаанбаатар хотын талбайн нөлөөлөл: Газар хөдлөлтийн долгион нь тухайн орчны инженер геологийн нөхцөл, хөрсний усны гүн, сэвсгэр хурдасны зузаан болон орчны топограф зэргээс хамаардаг. Энэхүү орчны геологийн сейсмик долгионд үзүүлэх нөлөөг талбайн нөлөөлөл (Site effect) гэж нэрлэнэ. Сэвсгэр хурдасны зузаан болон сейсмик хөндлөн долгионы хурдны утгаас хамаарч газар хөдлөлтийн долгион нь тодорхой давтамжийн хувьд өсгөлт болдог. Улаанбаатар хотын сэвсгэр хурдасны газар хөдлөлтийн долгионд үзүүлэх нөлөөллийг стандарт спектр харьцаа болон босоо хэвтээ байгуулагчийн харьцаагаар тодорхойлсон (Nakamura.Y 1989). 2015 онд хийгдсэн Улаанбаатар хотын газар хөдлөлтийн аюулын үнэлгээг тооцох ажилд нийтдээ 324 цэгт сейсмик шуугианы хэмжилт, хол ойрын 42 газар хөдлөлтийн ажиглалт хийж спектр харьцааны аргуудаар хөрсний өсгөлт болох давтамжийн бүсээр нь Туул голын хөндийг 1-4 Гц, 4-7 Гц болон 7-10 Гц-ийн муж болгон хуваасан байдаг (Зураг 1).



Зураг.1 Улаанбаатар хотын талбайн зонхилох давтамжийн мужлал (Ч. Одонбаатар 2015)

Замхралт: Олон улс орны судлаачид урт хугацааны туршид хүчтэй газар хөдлөлтийн замхралтыг судлан, хөрсний оргил хурд хурдатгалыг үнэлэн тухайн бүс нутагт тохирох эмпирик томъёоллуудыг гаргасан байдаг. Тэдгээр эмпирик томъёоллууд нь газар хөдлөлтийн голомтын гүн, хөрсний геологийн тогтоц, хагарлын төрөл, зай, газар хөдлөлтийн хүч зэргээс хамаардаг бөгөөд газар хөдлөлтийн замхралтын хуулийг судлан газар хөдлөлийн аюулын үнэлгээний тооцоонд оруулж өгдөг. Манай улсын хувьд хэдийгээр хүчтэй газар хөдлөлтүүд нэлээд тохиолдож байсан боловч хурдатгал хэмжигч багаж байгаагүй тул газар хөдлөлтийн замхралтын хуулийг тооцоход мэдээллийн сан нь

хангалтгүй байгаа юм. Иймээс 1995 - 2015 оны хооронд Улаанбаатар хот орчмын бүс нутгийн өргөрөг нь 46-50, уртраг нь 104-108-ын хооронд, ULN станцаас 50-400 км зайнд, газар хөдлөлтийн хүч нь $2.7 < M < 6.2$ магнитудтай, тус станцад бүртгэгдсэн 80 газар хөдлөлтийн хөрсний хурдатгалын мэдээллийн санг бүрдүүлсэн. Олон улс оронд хэрэглэгдэж буй замхралтын хуулиудаас (Зураг 2) газар хөдлөлтийн голомтын гүн, хөрсний геологийн тогтоц, хагарлын төрөл, хэрэглэж болох хүрээ зэргээс нь хамааруулан сонгон авч хурдатгалын мэдээллийн санг магнитуд тус бүрийн хувьд 19 функцүүдтэй харьцуулсан (Abrahamson 1997), (Ambraseys.N.N 1996), (David.M.B 1997), (Douglas.J. 2001), (Fukushima.Y. 1990), (Peng K.Z et al. 1985), (Bozorgnia 2003). ($3.4 < M < 4$, $4 \leq M < 4.5$, $4.5 \leq M < 5$, $M \geq 5$)



Зураг.2 ULN станцад бүртгэгдсэн хөрсний хурдатгал ($4 \leq M < 4.5$) ба олон улсад хэрэглэгдэж буй замхралтын хуулиуд

Дээрх харьцуулалтаас үзэхэд нь Chandra et al (1979) замхралтын функцтэй илүү сайн дөхөлттэй байсан ба алдааны хүрээ нь хамгийн бага байгаа тул одоогийн нөхцөлд Chandra et al (1979) замхралтын функцыг Монголын нутаг дэвсгэрийн хувьд ашиглах боломжтой юм (Chen.L et al. 2008).

$$\log_{10}(a_{max}) = 1.297 + 0.566M - 1.723 \log_{10}(D_{ep} + 1.046 \exp(0.451M)),$$

$$\sigma = 0.274$$

Энд a_{max} – хөрсний оргил хурдатгал, D_{ep} – эпицентрийн зай, M – магнитуд.

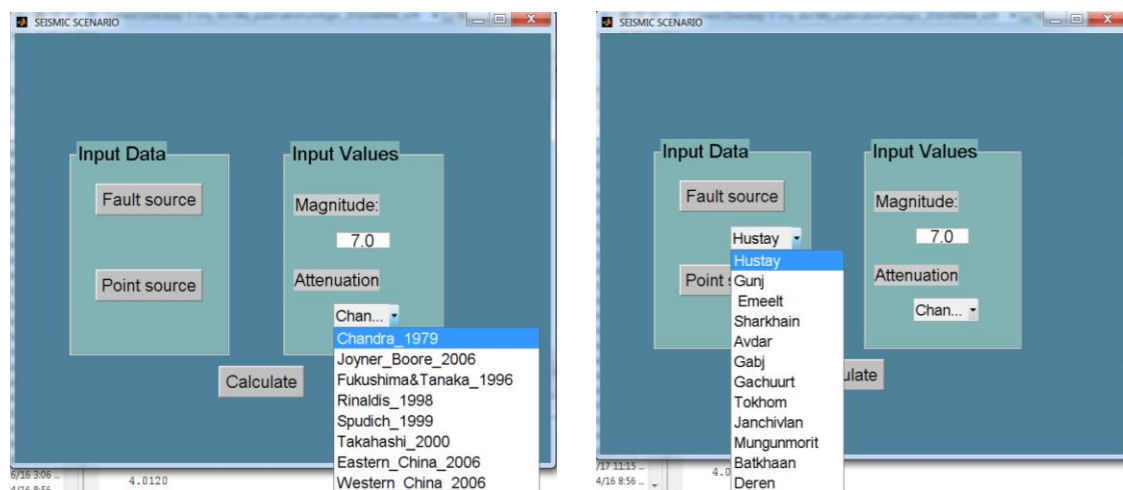
Үр дүн

Програм хангамж: Энэхүү програм нь газар хөдлөлтийн магнитуд болон төвийн координатыг оруулснаар өмнө нь хийгдсэн. Улаанбаатар хотын талбайн хөрсний нөлөөллийн судалгаан дээр тулгуурлан олон улсад хэрэглэгдэж замхралтын функцүүдээс сонгон газар хөдлөлтийн хүчний тархалтыг нийслэл хотын талбайгаар тооцоолох боломжтой.

Газар хөдлөлтийн чичирхийллийн зургийг Matlab програм дээр бичсэн ба газар хөдлөлтийн голомтын мэдээлэл, газар хөдлөлтийн хүч болон долгионы замхралын хууль сонгох гэсэн гурван хэсгээс бүрдэнэ (Зураг 3).

Хүснэгт 1. Олон улс хэрэглэгдэж буй 19 замхралтын хуулиудтай хурдатгалын мэдээллийн санг магнитуд тус бүрийн хувьд харьцуулсан алдааны хүрээ

Замхралтын хуулиуд	MI=3.8	MI=4.2	MI=4.8	MI=5.8
	RMS			
Chen,Ezio Faccioli 2008	0.00271478	0.0024482	0.00034459	0.00039497
Peng et al. (1985)	0.00095713	0.00093085	0.00027439	0.00032497
Cai Li et al 2007	0.00029677	0.00176143	0.00015007	0.00056371
Hu 1982	0.00037418	0.00195532	0.00012532	0.00040705
Cui Li et al 2006	0.00031944	0.00181517	0.00014574	0.00052949
Chandra 1979	0.0002246	0.00147361	0.00009054	0.00020712
Huo and Hu 1992	0.00050828	0.00222739	0.00017172	0.00050447
Fukushima & Tanaka 1996	0.0013048	0.00143886	0.00022855	0.00049401
Abrahamson & Silva 1997	0.00081263	0.00096269	0.00050869	0.00291976
North China	0.00042144	0.00189079	0.00014409	0.00045526
Ambraseys et al.1996	0.00054387	0.00236648	0.00025578	0.00062418
Boore et al 1997	0.00032543	0.00150841	0.00025742	0.00084713
Nishimura Horike 2003	0.00054956	0.00238103	0.00025955	0.00062311
Rinaldis et al 1998	0.00107677	0.00093237	0.00067289	0.00022482
Si and Midorikawa 1999	0.0543355	0.07103147	0.0218096	0.0084896
Spudich et al 1999	0.09735078	0.16206637	0.07181229	0.1491669
Takahashi et al 2000	0.00057567	0.00242212	0.0002732	0.00062658



Зураг.3 Программын ажиллах зарчим

Газар хөдлөлтийн голомтын мэдээлэл

- Тухайн газар хөдлөлт мэдэгдэж байгаа газар хөдлөлтийн идэвхтэй хагарал дээр болсон хагарлын мэдээллээс сонгох. Үүнд: Хустай, Гүнж, Эмээлт, Шархай, Авдар, Гавьж, Дэрэн, Батхаан, Жанчивлан, Тохом, Гачуурт, Мөнгөнморьт.
- Харин газар хөдлөл нь газар хөдлөлтийн идэвхтэй хагарлын бүсэд болоогүй бол газар хөдлөлтийн төвийн координатыг оруулна.

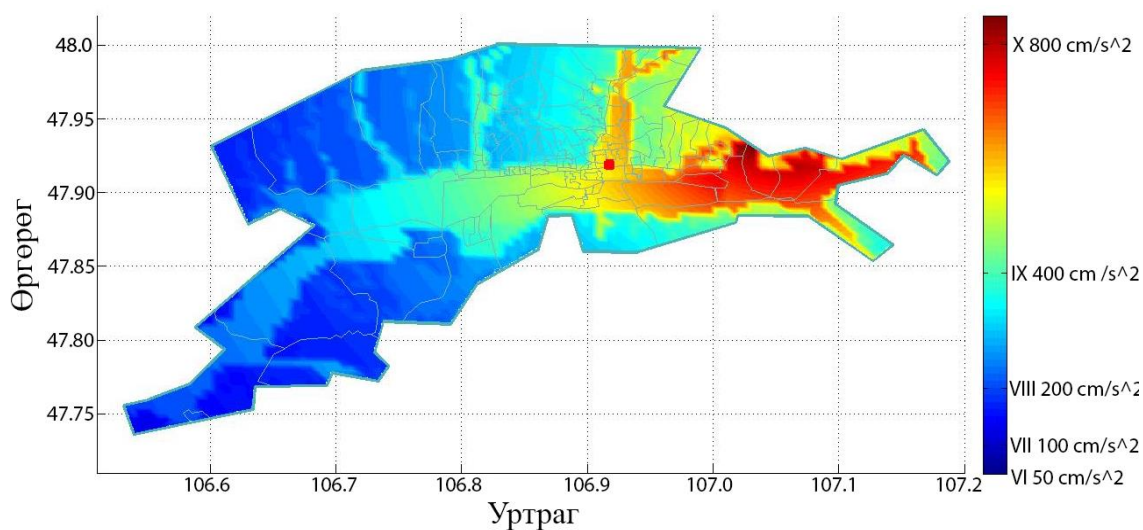
Газар хөдлөлтийн хүч

- Газар хөдлөлтийн магнитуд

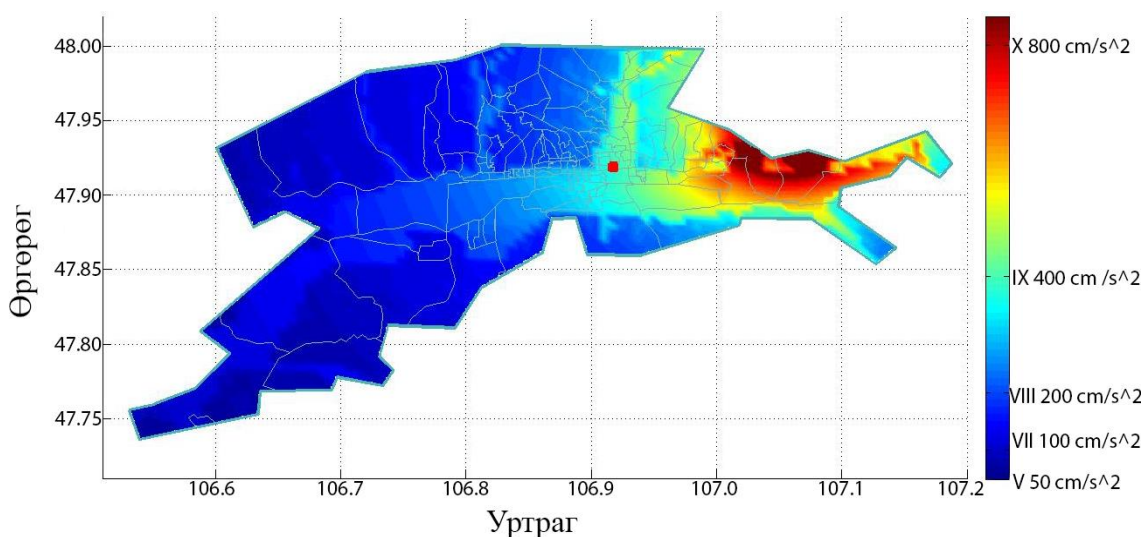
3. Долгионы замхралын хууль

- Олон улсад хэрэглэгдэж буй зайнаас хамаарсан замхралтын функцүүдээс сонгох. Үүнд: Chandra (1976), Boore et al.(2006), Fukushima & Tanaka (1996), Rinaldis et al. (1998), Spudich et al.(1999), Takahashi et al (2000), Eastern China (2006), Western China (2006).

Доорх жишээн дээр Гүнжийн хагарал дээр магнитуд нь 7.0-тай газар хөдлөлтийг Chandra 1979 болон Rinaldis 1999 замхралтын хуулиудаар тус тус тооцоход Улаанбаатар хотын талбайд чичирхийллийн тархалт нь хэрхэн өөрчлөгдөж буйг харж болно (Зураг 4, 5).



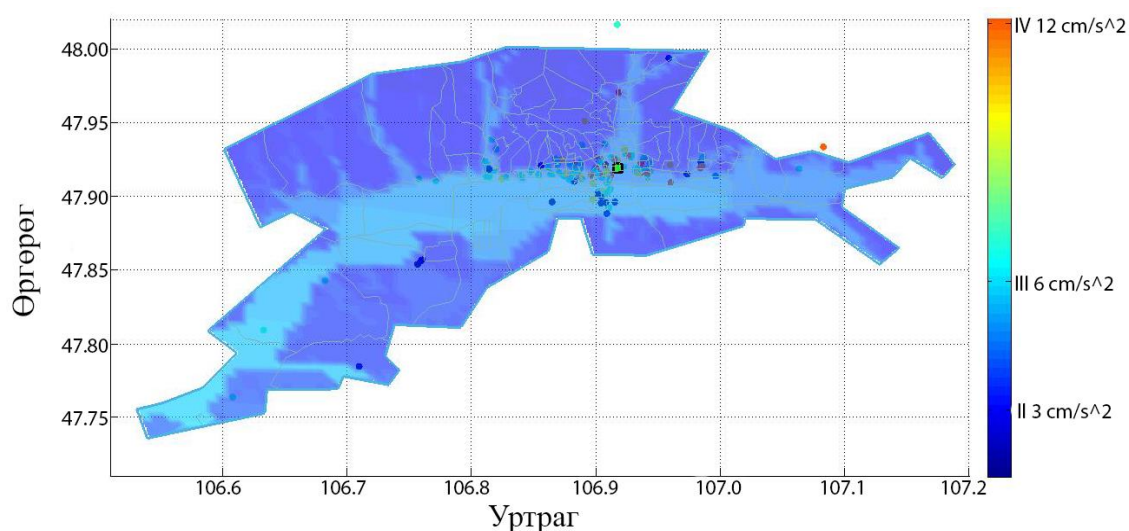
Зураг.4 Гүнжийн хагарал дээр магнитуд нь 7.0 газар хөдлөлт, Chandra 1979



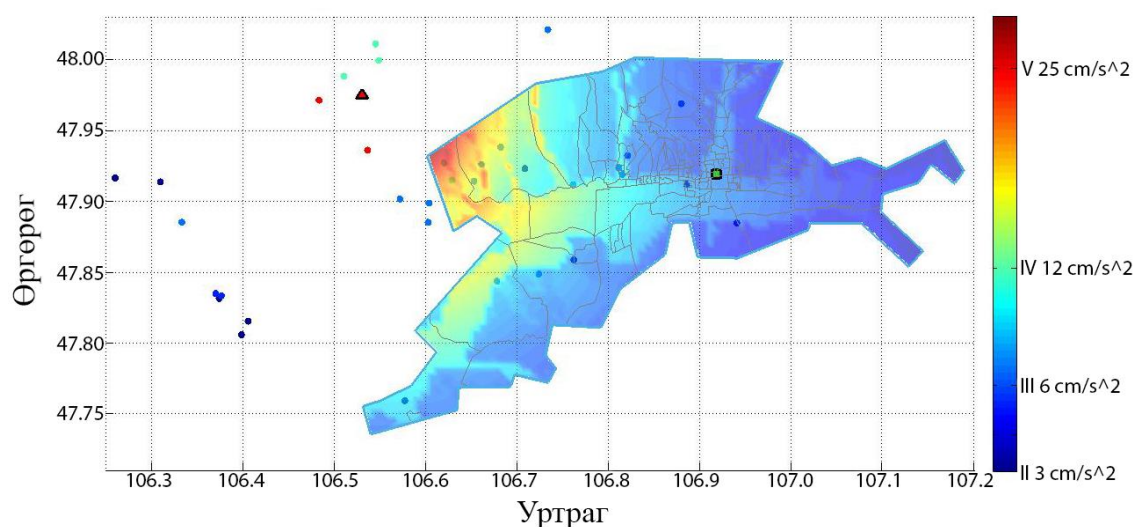
Зураг.5 Гүнжийн хагарал дээр магнитуд нь 7.0 газар хөдлөлт, Rinaldis 1999

Улаанбаатар хотын оршин суугчдад мэдрэгдсэн 2010 оны 01 дугаар сарын 09-нд Дундговь аймгийн Дэрэн суманд болсон магнитуд нь 5.6 хүчтэй газар хөдлөлтөөр Улаанбаатар хотын оршин суугчдаас 169 (нийт 339), 2013 оны 10 дугаар сарын 14-нд

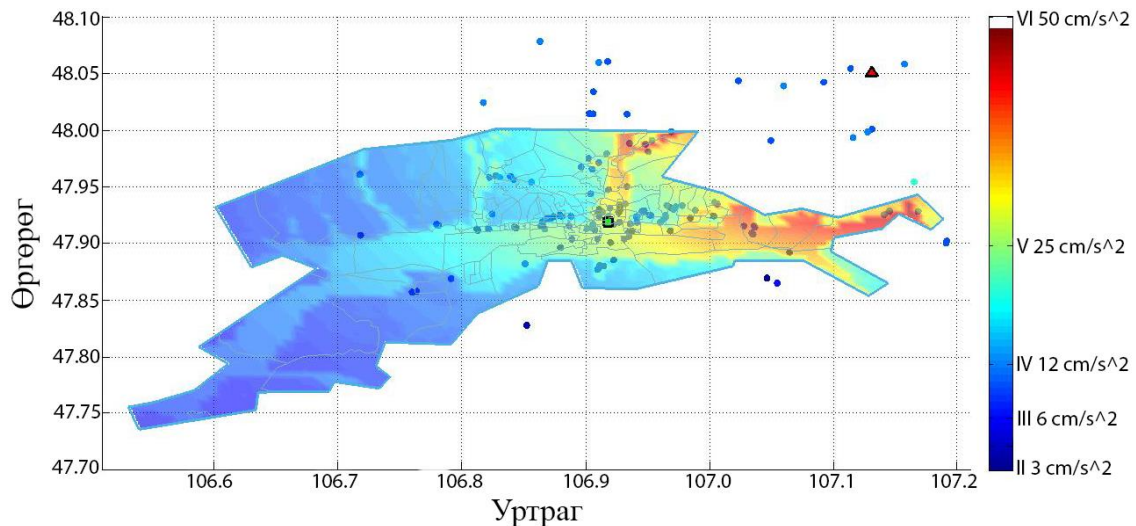
Улаанбаатар хотын баруун захад Эмээлтэд магнитуд нь 3.7 хүчтэй газар хөдлөлтөөр 185, 2015 оны 10 дугаар сарын 03-нд Улиастайд болсон магнитуд нь 4.4 хүчтэй газар хөдлөлтөөр 132 орчим макро мэдээ тус тус цуглуулан анализ хийн баллыг тодорхойлсон. Дээрх газар хөдлөлтийн голомтын мэдээллийг оруулан манай оронд хэрэглэгдэж буй Chandra-н замхралт, Улаанбаатар хотын талбайн нөлөөллийг оруулан энэхүү програмаар нийслэл хотын бассейны газар хөдлөлтийн чичирхийллийг тооцон макро мэдээний үр дүнтэй харьцуулсан (Зураг 6, 7, 8).



Зураг.6 2010.01.09-ны M15.6, Дэрэнгийн газар хөдлөлтийн чичирхийлэл ба макро мэдээ (цэгүүд- макро мэдээ, өнгө-балл болон чичирхийллийн хэмжээ)



Зураг 7. 2013.10.14-ны M13.7, Эмээлтийн газар хөдлөлтийн чичирхийлэл ба макро мэдээ (цэгүүд- макро мэдээ, гурвалжин-газар хөдлөлтийн төв, өнгө-балл болон чичирхийллийн хэмжээ)



Зураг 8. 2015.10.03-ны M14.4, Гүнжийн газар хөдлөлтийн чичирхийлэл ба макро (цэгүүд- макро мэдээ, гурвалжин-газар хөдлөлтийн төв, өнгө-балл болон чичирхийллийн хэмжээ)

Дээрх гурван газар хөдлөлтийн харьцуулалтаас харахад макро мэдээний баллын үнэлгээ болон онолын хувьд тооцоолсон балл нь ижил утга үзүүлж байна. Үүнд манай оронд хэрэглэж буй Chandra 1979 замхралтаар тооцсон болно.

Дүгнэлт

Улаанбаатар хотын талбайн хөрсний нөлөөллийн судалгаан дээр тулгуурлан олон улсад хэрэглэгдэж буй зайнаас хамаарсан замхралтын функцуудээс сонгон газар хөдлөлтийн төв болон магнитудыг оруулан тухайн газар хөдлөлтийн чичирхийллийг нийслэл хотын нутаг дэвсгэрийн талбайгаар тооцох программыг Matlab програм дээр бичсэн. Түүнчлэн Улаанбаатар хотод ойролцоо орших 12 идэвхтэй хагарлуудаас тооцож болох юм. Улаанбаатар хотын оршин суугчдад мэдрэгдсэн Дэрэн, Эмээлт, Гүнжийн газар хөдлөлтүүдийн макро мэдээ болон онолын хувьд тооцсон балл нь ижил утга үзүүлж байна. Тиймээс энэхүү програм нь Улаанбаатар хот болон түүний орчмын газар хөдлөлтийн идэвхжилт, аюул учруулж болзошгүй боломжит голомтуудын байрлал болон түүнээс хотын нутаг дэвсгэрт үзүүлэх чичирхийллийг тооцох боломжтой гэдэг нь харагдаж байна. Газар хөдлөлтийн чичирхийллийг тооцсоноор газар хөдлөлтийн гамшгийн үед авран хамгаалах ажлыг нарийн зохион байгуулах, хамгийн их чичирхийлэл үүссэн газар яаралтай арга хэмжээ авах болон нөөц бололцоогоо зөв үр дүнтэй хуваарилах нөхцөлийг бүрдүүлж буй нь нийгэм эдийн засгийн гол ач холбогдол оршино. Аймаг хот, суурин газар ба үйлдвэрийн районы бүс нутгуудын талбайн нөлөөллийг тооцсоноор цаашид өргөжүүлэн ашиглах боломжтой.

Ном зүй

- Abrahamson, N.A and W. J. Silva. 1997. "Empirical Response Spectral Attenuation Relations for Shallow Crustal Earthquakes, Vol. 68, No. 1." Seismological Research Letters pp 94-127.
- Ambraseys, N.N, Simpson, K. A and J. J. Bommer. 1996. "Prediction of Horizontal Response Spectra in Europe." Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 25 371-400.
- Bozorgnia, Kenneth W. Campbell and Yousef. 2003. "Updated Near-Source Ground-Motion (Attenuation) Relations for the Horizontal and Vertical Components of Peak Ground Acceleration and Acceleration Response Spectra." Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 93, No. 1 314.

- Chen.L et al. 2008. "Ground motion attenuation relationships based on Chinese and Japanese strong ground motion data European school for advanced studies reduction of Seismic Risk."
- David.M.B, William.B.J, and Thomas.E.F. 1997. "Equations for Estimating Horizontal Response Spectra and Peak Acceleration from Western North American Earthquakes." A Summary of recent Work, Seismological Research Letters, Vol. 68, No. 1 12.
- Douglas.J. 2001. "Comprehensive worldwide summary of strong-motion attenuation relationships for peak ground acceleration and spectral ordinates (1969-2000)." ESEE Report No.01.
- Fukushima.Y., Tanaka.T. 1990. "A new attenuation relation for peak horizontal acceleration of strong earthquake ground motion in Japan , Vol. 80, No. 4,," Bulletin of the Seismological Society of America pp. 757-783.
- 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.
- Peng K.Z et al. 1985. "Attenuation characteristics of peak horizontal acceleration in north east and southwest China Earthquake Engineering and Structural Dynamics." 337-350.
- Ч. Одонбаатар, М. Дэмбэрэлдулам, Г. Баатарсүрэн, М.Өлзийбат, Ц.Батсайхан, Э.Баярсайхан, Д.Баттогтох, Д.Эрдэнэзул, Г.Байгальмаа, М.Оюу-Эрдэнэ, Д.Мөнгөнсүрэн, А.Баясгалан, Ч.Баярсайхан, А.Нармандах, Д.Даваадорж, М.Дорждаваа, Д. Ганзориг. 2015. "Улаанбаатар хот болон Налайх, Багануур, Багахангай дүүргүүдийн 1:10000 масштабтай газар хөдлөлийн бичил мужлалын зураг хийх төсөл."

ТОСОНЦЭНГЭЛ СТАНЦЫН ДООРХ ЦАРЦДАСЫН ЗУЗААНЫГ ТОДОРХОЙЛОХ СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Т.Долгоржав¹, Ц.Баасанбат², Ч.Баярсайхан²

¹ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэнгийн Завхан аймаг дахь Тосонцэнгэл салбар

²ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэн

Хураангуй. Тосонцэнгэл (TSCB) өргөн зурвасын станцын доорх царцдасын зузааныг хүлээн авагчийн функцийн аргаар судалсан үр дүнг танилцуулж байна. TSCB станцын 150 гаруй холын газар хөдлөлтийг сонгон авч хүлээн авагчийн функцүүдийг тодорхойлов. Дундаж хүлээн авагчийн функцүүдийг Н-к (Н-царцдасын зузаан, k-хурдны харьцаа) анализын аргыг ашиглан станцын доорх царцдасын зузааныг тодорхойлов. Судалгааны үр дүнд царцдасын зузааныг 53 км, хурдны харьцааг 1.74 гэж тогтоов.

Түлхүүр үг: Царцдасын зузаан, хүлээн авагчийн функц, хурдны харьцаа, TSCB өргөн зурвасын гурван байгуулагч бүхий станц

Оршил

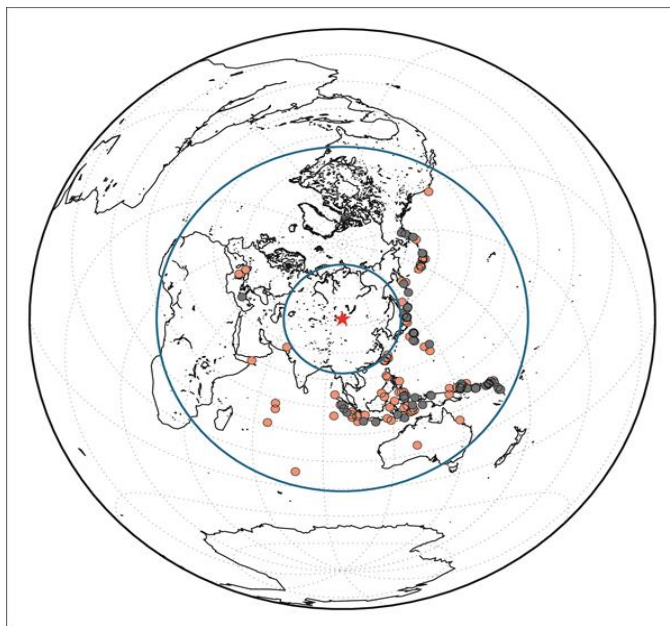
Монгол орны хувьд хүлээн авагчийн функцийн аргаар гүний тогтцыг тодорхойлсон судалгаанууд хийгдсэн байдаг. Тосонцэнгэл станц орчимд өмнө нь сейсмологийн талаас судалсан гүний судалгааны ажил цөөн байдаг бөгөөд Одон Орон, Геофизикийн Хүрээлэнгийн станц шинэчлэлийн хүрээнд 2015 онд Тосонцэнгэл станцад өргөн зурвасын гурван байгуулагч бүхий станц суурилуулж ажиллуулснаар холын газар хөдлөлтийн бичлэгийн чанар сайжирч чанартай мэдээлэл цуглуулж эхэлснээр гүний судалгааны ажил хийх боломжийг олгож байгаа юм. Тиймээс 2015-2016 онд TSCB станцад бүртгэгдсэн холын газар хөдлөлтийн мэдээллийг ашиглан Хүлээн авагчийн функцийн Н-к анализын аргаар станцын доорх царцдасын зузааныг тодорхойлох судалгааны ажлыг хийлээ.

Судалгаанд хэрэглэсэн мэдээлэл

Хүлээн авагчийн функцийн аргаар царцдасын зузааныг тодорхойлох судалгааны ажилд дараах үндсэн 3 шалгуураар мэдээллээ сонгосон. Үүнд:

- Холын газар хөдлөлтийн эпицентрийн зай нь $30^{\circ} < \Delta < 90^{\circ}$ градусын хооронд байх (Зураг 1).
- Газар хөдлөлтийн магнитуд нь 5.5-аас дээш байх;
- Газар хөдлөлтийн сигналын шуугианы түвшин бага байхаар сонгож авсан

Судалгаанд сонгож авсан газар хөдлөлтүүдийн долгионыг Р фазаас урагшаа 20 сек, хойшоо 120 сек, нийт 140 сек байхаар олон улсын газар хөдлөлтийн 2015-2016 оны катологийг ашиглан таслав. Долгионы анализ хийхэд шаардлагатай тухайн газар хөдлөлтийн цаг хугацаа, орон зайны мэдээллийг газар хөдлөлтийн TauP болон SAC (Zhigang Peng. 2013, Goldstein, P., A. Snoke. 2005) програмуудыг ашиглан таслагдсан долгион бүрийг мэдээлэл болгон орууллаа. Мөн хүлээн авагчийн функцийн анализ хийхэд шаардлагагүй урт үет, өндөр давтамжтай долгионуудыг нийт таслагдсан долгионуудаас 0.05-5.0 Гц фильтр ашиглан ялгасан.



Зураг 1. Тосонцэнгэл станцын хувьд сонгогдсон газар хөдлөлтүүдийн тархалт.
Улаан таван хошуугаар Тосонцэнгэл /TSCB/ станцыг, шаргал цэгүүд нийт сонгогдсон
хөдлөлтүүд, саарал цэгүүд анализад хэрэглэсэн холын газар хөдлөлтүүд.

Хүлээн авагчийн функцийн анализыг хийхийн тулд Z, N, E (босоо, хойд-урд, ба баруун-зүүн) гурван байгуулагч бүхий сейсмограммыг Z, R, T (босоо, радиал, тангенциал) тооллын систем рүү эргүүлдэг. Газар хөдлөлтийн эпицентр ба газар хөдлөлт бүртгэх станц хоёрыг дэлхийн бөмбөрцгийн экваторын бүсийн дагуу холбосон шулуунтай зэрэгцээ орших байгуулагчийг радиал гэх ба перпендикуляр орших байгуулагчийг тангенциал байгуулагч гэнэ. Энэ дагуу сонгож авсан газар хөдлөлтүүдийн сейсмограммуудыг Z, R, T тооллын систем рүү эргүүлэв.

Судалгааны арга зүй

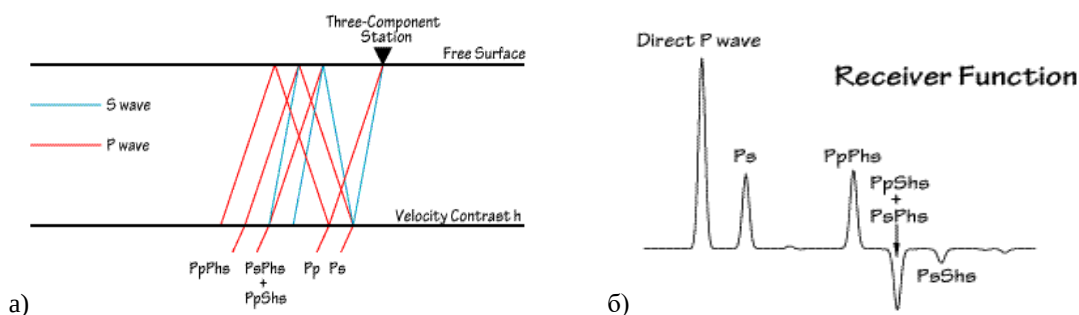
Хүлээн авагчийн функц гэдэг нь өргөн зурвасын 3 байгуулагч бүхий станцад бичигдсэн сейсмограммыг ашиглан бодсон хугацаат цуваа юм. Холын газар хөдлөлтийн P долгионд хүлээн авагч буюу газар хөдлөлт бүртгэх станцын доорх дэлхийн царцдас мандлын үзүүлэх үйлчлэлийн зэргийг илэрхийлнэ. Хүлээн авагчийн функц нь хурдны ялгаатай үеүдэд их өртөмтгий учир дэлхийн дотоод гүний бүтэц ялангуяа царцдас мандлын судалгаанд түлхүү ашигладаг.

Тухайн станцын хувьд бодогдсон Хүлээн авагчийн функцүүдийг ашиглан царцдасын дундаж зузааныг тодорхойлж болдог. Долгионы хэлбэр нь тухайн газар хөдлөлт бүртгэх станцын доорх P-ээс S болон хувирсан долгионуудын нэгдэл юм (Зураг 2).

Хүлээн авагчийн функцын математик илэрхийлэл

Өргөн зурвасын гурван байгуулагч бүхий газар хөдлөлтийн станцыг ашиглан түүний доорх царцдасын зузааныг тодорхойлох аргын нэг нь хүлээн авагчийн функцийн арга юм. Энэ аргын гол санаа нь холын газар хөдлөлтийн P долгионууд станцын доорх царцдас мандалд орж ирэхдээ хугарч ойж ирдэг учраас түүний заагт P долгион S долгион

(Ps) болж хувираад царцдас мандлын үе давхаргад ойдог. Тиймээс гурван байгуулагч бүхий сейсмограмыг ашиглан босоо байгуулагчаас нь радиал байгуулагчийн импульсийг (деконволюц) гаргаж авах замаар хүлээн авагчийн функцийг тооцоолдог.



Зураг 2. Нэг ба хагас үет хурдны загвараар тархаж байгаа сейсмик долгионы цацраг ба түүний хүлээн авагчийн функцийг үзүүлсэн график. а) P болон S фазууд, тэдгээрийн хувирлууд, б) нэг хэмжээст загварын синтетик хүлээн авагчийн функц (Langston, C. A. 1979).

Өргөн зурвасын гурван байгуулагч бүхий сейсмограмыг доорх байдлаар илэрхийлж болно (Langston, C. A. 1979).

$$\begin{aligned} D_V(t) &= I(t) * S(t) * E_V(t) \\ D_R(t) &= I(t) * S(t) * E_R(t) \\ D_T(t) &= I(t) * S(t) * E_T(t) \end{aligned} \quad (1)$$

Энд: *-конволюци, $I(t)$ -сейсмометрийн характеристик, $S(t)$ -газар хөдлөлтийн голомтын хугацаанаас хамаарсан функц, $E(t)$ -царцдас мандлын нөлөөлөл, V, R, T индексүүд нь босоо, радиал, тангенциал байгуулагчуудыг илэрхийлнэ.

Станцад бүртгэгдсэн газар хөдлөлтийн долгион нь голомтын мэдээлэл, долгион туулж ирэх замын мэдээлэл болон станцын доорх царцдас мандал, чулуун мандлын мэдээллийг агуулдаг учир хоёр өөр орчны заагт хугарлын үр дүнд үүссэн S долгионыг станцын доорх сейсмик хурдны тогтцыг судлахад ашигладаг.

Дэлхийн гүнээр тархан, тухайн газар хөдлөлтийг бүртгэх станцын 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 сейсмограмыг холын газар хөдлөлтийн шууд ирж тусч буй P долгион гэж авч үздэг бөгөөд царцдас мандлын үйлчлэл $E_V(t)$ -ийг Деракийн дельта функц $\delta(t)$ -ээр ойролцоолж болно. Иймд тэгшитгэл 1-ийн босоо байгуулагчийг доорх байдлаар илэрхийлж болно: (Langston, C. A. 1979).

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

Хэрвээ багажийн байгуулагч бүрийн тодорхойлолт өөр хоорондоо ижил бол дэлхийнцарцдас мандлын радиал чиглэлийн дагуух үйлчлэлийн сейсмограмыг радиал байгуулагч $D_R(t)$ -ээс босоо байгуулагч $D_V(t)$ -ийг деконволюци хийж гаргаж авна. Тэгшитгэл (1) болон (2)-оос деконволюцийг давтамжийн мужид дараах 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 нь тангенциал байгуулагчид мөн хүчин төгөлдөр үйлчлэнэ. $E_R(\omega)$ болон $E_T(\omega)$ -ийг хугацааны мужид шилжүүлснээр радиал болон тангенциал хүлээн авагчийн функцуудыг гаргаж авна. $S(\omega)$ -газар хөдлөлтийн голомтын давтамжаас хамаарсан функц, $I(\omega)$ -сейсмометрийн тодорхойлолт,

Үр дүнг хялбаршуулах зорилгоор Гауссын фильтрийг оруулах хэрэгтэй байдаг. (Langston, C. A. 1979).

$$E_R(\omega) = \frac{D_R(\omega)}{D_V(\omega)} G(\omega) \quad (4)$$

Энд: $G(\omega)$ - Гауссын фильтр

Хүлээн авагчийн функцийн өндөр давтамжийн шуугианыг дарахын тулд Гауссын фильтрийг ашиглана .

$$G(\omega) = e^{-\omega^2/4a^2} \quad (5)$$

Хүлээн авагчийн функцийн инверсийн Н-к арга

Н-к анализын арга нь тухайн газар хөдлөлт бүртгэх станцын доорх царцдасын зузааныг гүн (Н) болон (V_p/V_s) К хурдны харьцаагаар тодорхойлдог арга юм.

Энэхүү арга нь олон тооны газар хөдлөлтийн сейсмограммыг нэг дор боловсруулах, тооцоонд оруулах боломжтой. Фаз авалт хийх шаардлагагүй, янз бүрийн зай болон азимутаас ирсэн хүлээн авагчийн функцуудыг нэмж нэг хүлээн авагчийн функц гаргаснаар тухайн орчны хэвтээ чиглэл дагуух өөрчлөлтийн нөлөөг арилгаж царцдас мандлын дундаж зузааныг тооцоолдог. (Zhu, L., and H. Kanamori. 2000)

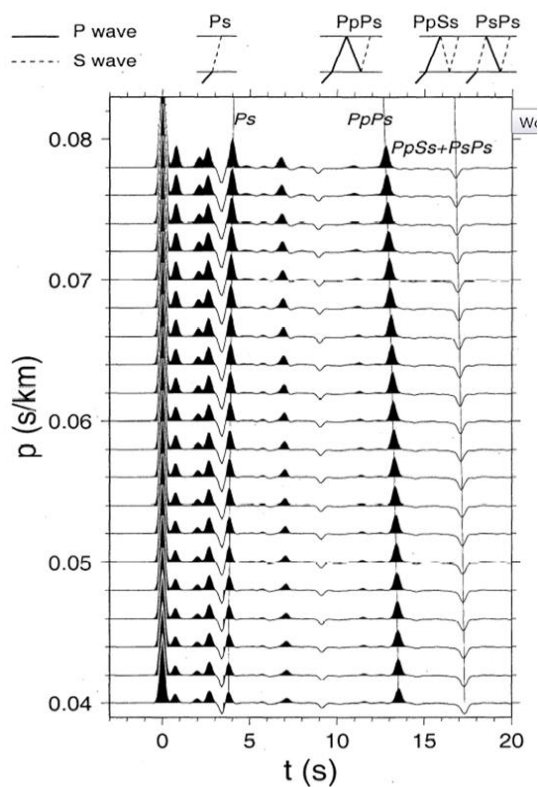
Ажиглагдсан хүлээн авагчийн функцээс P_s , $P_p P_s$ ба $P_p S_s + P_s P_s$ фазуудын гүйж ирэх хугацааг тодорхойлж тооцоололд оруулдаг. Н-к мужид бодогдсон $s(H, Vp/Vs)$ -ийн максимумд утга нь царцдасын дундаж зузааныг илэрхийлнэ (Зураг 3).

$$s(H, Vp/Vs) = w_1 r(t_1) + w_1 r(t_1) - w_1 r(t_1) \quad (6)$$

Энд: $r(t)$ - Радиал хүлээн авагчийн функц, t_1, t_2 ба t_3 - царцдас мандлын зузаан H , Vp/Vs к хурдны харьцааг харгалзан P_s , $P_p P_s$ ба $P_p S_s + P_s P_s$ фазуудын гүйж ирэх хугацаа, w - жин, $\sum w_i = 1$

Үр дүн

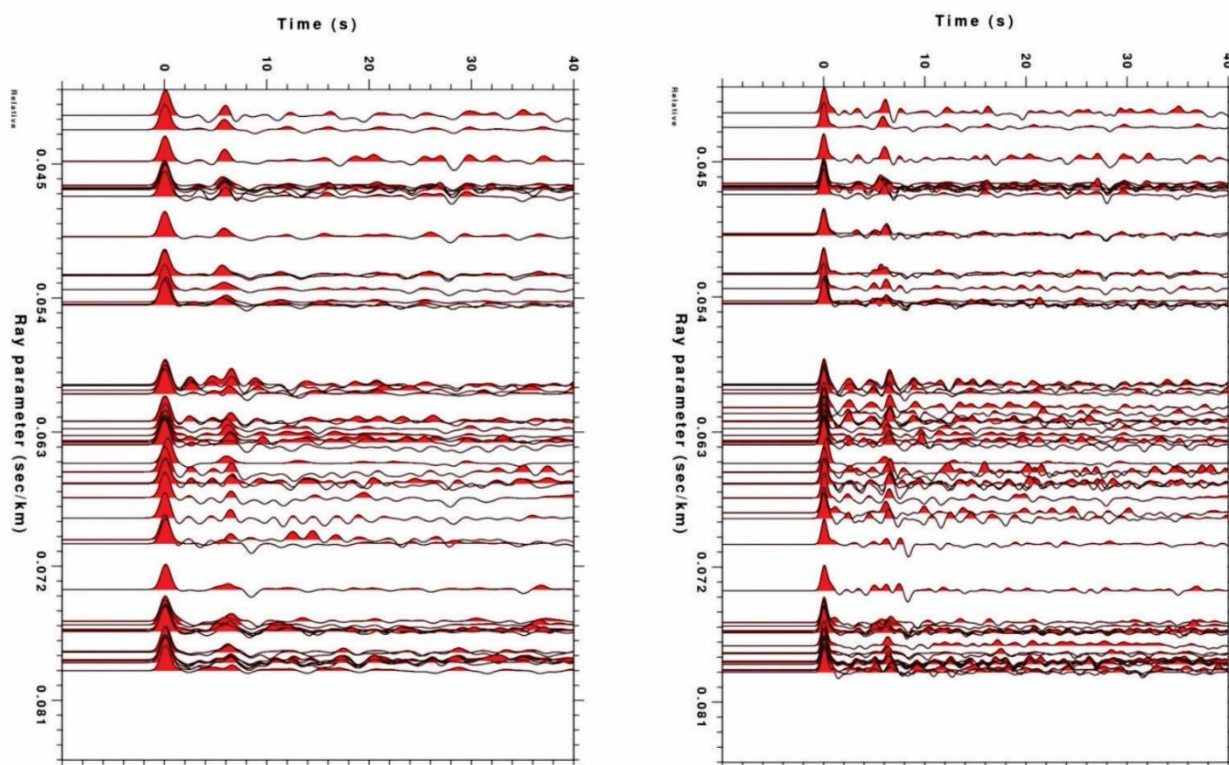
Тосонцэнгэл /TSCB/ станцад бүртгэгдсэн холын газар хөдлөлтүүдийн сейсмограммыг ашиглан радиал байгуулагчаас босоо байгуулагчийг деконволюци хийх замаар радиал хүлээн авагчийн функцүүдийг бодож гаргав. Судалгаанд ашиглахаар сонгож авсан холын 150 газар хөдлөлтүүдээс шаардлага хангасан 50 газар хөдлөлтийг сонгон авч ажиглагдсан хүлээн авагчийн функцүүдийг бодоход газар хөдлөлтийн хүчнээс хамаараад TSCB станцын хувьд ажиглагдсан хүлээн авагчийн функцийн сейсмограмд $PpPs$ ажиглагдаагүй. Судалгаандаа ашиглахаар сонгож авсан холын газар хөдлөлтүүдийн тархалт нь нэгэн жигд биш азимутын хамрах хүрээ нь хангалттай биш 0-180 градус байгаа нь судалгааны үр дүнд нөлөөлж байна (Зураг4).



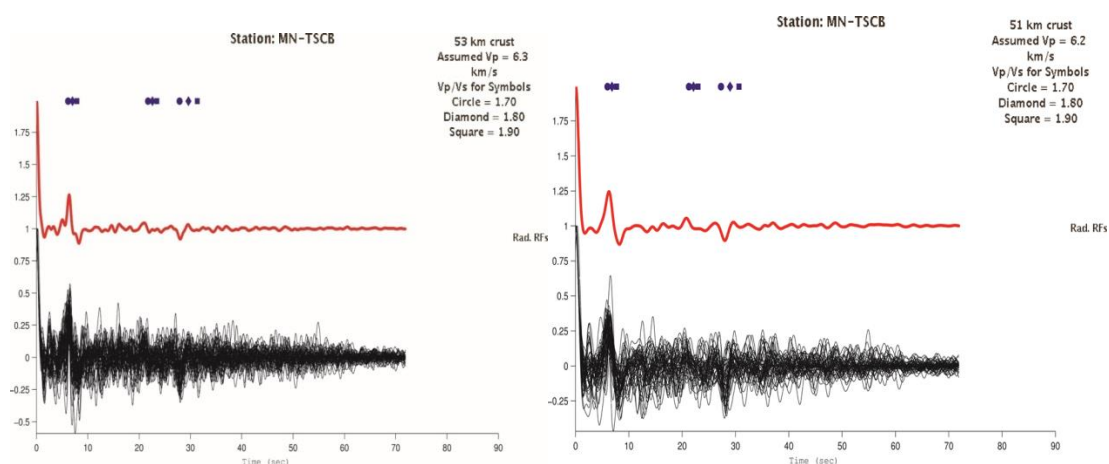
TSCB станцын хувьд ажиглагдсан хүлээн авагчийн функцийн өндөр давтамжийн шуугианыг дарж Н-k анализад бэлтгэхийн тулд Гауссын 2 өөр импульсийг ашиглав.

Станцын хувьд ажиглагдсан хүлээн авагчийн функцийг Гауссын 1.5 Гц болон 2.5 Гц давтамжтай фильтрээр шүүж өндөр давтамжийн шуугианыг дарж функцүүдийг нэгтгэн үзүүлэв (Зураг 5).

Зураг 3. Цацрагийн параметр хугацаанаас хамаарсан радиал хүлээн авагчийн функц

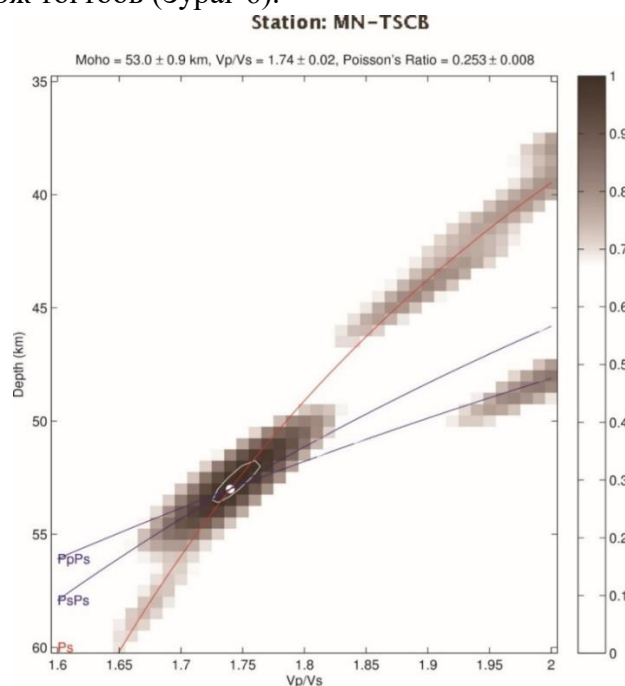


Зураг 4. Шаардлага хангасан 50 холын газар хөдлөлтийн хувьд бодогдсон хүлээн авагчийн функцуудыг үзүүлэв.



Зураг 5. TSCB станцын хувьд ажиглагдсан хүлээн авагчийн функцүүдийн өндөр давтамжийн шуугианыг Гауссын 1.5Гц болон 2.5Гц давтамжтай филтерээр шүүж бүх хүлээн авагчийн функцуудыг нэгтгэв. Улаанаар дундаж хүлээн авагчийн функцийг үзүүлэв.

Өндөр давтамжийн буюу Гауссын 2.5 Гц-ийн давтамжтай хүлээн авагчийн функцийг ашиглан царцдасын зузааныг Н-к аргаар тодорхойлоход царцдасын зузаан нь 53 км, хурдны харьцаа 1.74 гэж тогтоов (Зураг 6).



Зураг 6. Өндөр давтамжийн буюу Гауссын 2.5 Гц-ийн давтамжтай хүлээн авагчийн функцийг ашиглан царцдасын зузааныг Н-к аргаар тодорхойлов.

Дүгнэлт

Өргөн зурвасын гурван байгуулагч бүхий Тосонцэнгэл /TSCB/ станцад бүртгэгдсэн холын газар хөдлөлтийн 2015-2016 оны Олон Улсын мэдээллийг ашиглан станцын доорх царцдасын зузааныг хүлээн авагчийн функцийн Н-к аргаар тодорхойллоо. Судалгааны үр дүнд Тосонцэнгэл /TSCB/ станцын доорх царцдасын зузаан болон хурдны харьцааг 53 км болон 1.74 гэж тогтоов. Цаашид Тосонцэнгэл станцын доорх царцдасын зузааныг сейсмологийн өөр аргаар тодорхойлох болон энэ бүс нутагт хийгдсэн бусад судалгааны үр дүнтэй харьцуулан үзэх хэрэгтэй.

Ном зүй

- Ts.Baasanbat., 2015, Receiver function study in the Ulaanbaatar region, Synopses of Master Papers, 2014/2015., Disaster Management Policy Program., GRIPS
- Ammon, C. J., The isolation of receiver effects from teleseismic P waveforms, Bull. Seism. Soc. Am., 81, 2504-2510, 1991.
- Langston, C. A., Structure under Mount Rainier, Washington, inferred from teleseismic body waves, J. Geophys. Res., 84, 4749-4762, 1979.
- Owens, T. J., and G. Zandt, The response of the crust-mantle boundary observed on broadband teleseismic receiver functions, Geophys. Res. Lett., 12, 705-708, 1985.
- Zhu, L., and H. Kanamori, Moho depth variation in southern California from teleseismic receiver functions, Geophys. Res. Vol. 105, 2969-2980, 2000.
- Zhigang Peng, Introduction Seismic Analysis Code (SAC), <http://geophysics.eas.gatech.edu/>, 2013
- Goldstein, P., A. Snoke, "SAC Availability for the IRIS Community", Incorporated Institutions for Seismology Data Management Center Electronic Newsletter. (2005).
- Б. Ууганбаяр, Д. Ариун-Эрдэнэ "Матлаб түүний хэрэглээ" ШУТИС сурах бичиг, 2015.
- И.Балжинням, А.Мөнхөө, Б.Цэмбэл, Т.Дугармаа, М.Адъяа, Г.Баяр "Монголын газар хөдлөхүй" Улаанбаатар 1975.
- Зорин Ю. А, Новоселова М. Р, Рогожина В. А, "Глубинная структура территории и МНР"- Новосибирск : Наука, 1982.
- Кожевников В. М, Б. Эрдэнэбилэг, И.Балжинням, И.Үлэмж, Строение коры и верхней мантии под Хангайским поднятием (МНР) по дисперсии фазовых скоростей поверхностных волн Релея Москва, Физика Земли N3, 1990.

СЕЙСМИК ХУРДНЫ 1D МОДЕЛЬ (БАРУУН БҮС)

С.Загдсүрэн¹, Б.Диймаа¹, П.Батбаяр¹, Х.Ганзориг¹,
Ч.Мөнгөнхүү¹, П.Чимэдцэрэн¹

¹ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэнгийн Ховд салбар

Хураангуй. Монголын баруун хэсэгт байрлах сейсмик станц /Ховд, Алтай, Өлгий, Улаангом, Тосонцэнгэл/-дад бичигдсэн Р долгионы гүйх хугацааг тооцоолон сейсмик хурдны 1D загварыг гаргалаа. Энэ долгионы хурдны загвар болон Velest (Kissling E 1995) программыг ашиглаж өмнө нь төвийг нь тодорхойлсон байсан 99 хөдлөлийн төвийг дахин тодорхойлсон. Өмнөх болон дахин тодорхойлсон төвийг харьцуулж үзэхэд сайжирсан үр дүн харагдаж байсан. Газар хөдлөлтийн долгионы фазуудын бүртгэгдсэн мэдээллийг ашиглан газар хөдлөлтийн төвийг тогтоох, эхэлсэн цаг хугацааг тодорхойлох урвуу буюу инверсийн аргыг ашиглаж хурдны загварчлалыг тооцоолон гаргаснаар газар хөдлөлтийн төвийг үнэн зөв тодорхойлоход чухал ач холбогдолтой юм.

Түлхүүр үг: Модель, дисперс, сейсмик станц, сейсмик хурд, Velest, RMS, магнитуд, инверси

Судлагдсан байдал

Монгол орны хувьд гүний тогтцын хэд хэдэн судалгааг макро хэмжээнд болон тухайлсан профилийн дагуу хийсэн байдаг. Тухайлбал, 1995 онд В.М.Кожевников, Б.Эрдэнэбилэг нар газар хөдлөлтийн Релей долгионы фазын болон группийн хурдны дисперсээр Монгол орны царцдас мандал болон дээд мантийн хурдны тогтцыг судалжээ. Судалгаандаа Турк, Алеутын арал, Курилийн арал болон Японд болсон хэд хэдэн хүчтэй газар хөдлөлтийн Ховд станц, Закаменск станц, Улаанбаатар станц болон Алтай станц хоорондын Релей долгионуудын дисперсийг ашиглажээ. Энэхүү ажлын үр дүнгээр Монгол орны баруун хэсэг, Хангайн нурууны царцдас мандлын зузааныг 50 км, харин зүүн өмнөд хэсгийн зузааныг 40 км гэж тогтоожээ (Эрдэнэбилэг Б 1995).

Оршил

Газар хөдлөлтийн байрлалыг зөв тодорхойлох нь хурдны ямар загвар ашигласнаас шууд хамаардаг. Дэлхий гүний дотоод бүтцийн хувьд ерөнхийдөө царцдас мандал, цаваг мандал болон цөм гэсэн хэсгүүдээс тогтох ба эдгээр давхаргууд нь дотроо физик химийн шинж чанаруудаараа өөр өөр хэд хэдэн үе давхаргуудад хуваагддаг бөгөөд газар хөдлөлтийн үед голомтоос тархсан сейсмик долгионууд эдгээр үе давхаргаар өөр өөр хурдаар тархан сейсмик станцад бүртгэгддэг. Эдгээр сейсмик долгионуудын бүртгэгдсэн хугацаа болон бусад параметруудийг ашиглан инверси хийж тухайн орчны сейсмик хурдны гүнээс хамаарсан хамаарлыг дэлхийн дотоод бүтэцтэй уялдуулан загварчилдаг бөгөөд энэхүү гаргаж авсан сейсмик хурдны загварчлалыг газар хөдлөлтийн боловсруулалтанд ашигладаг (Баасанбат Ц, 2010).

Газар хөдлөлтийн төвийг тодорхойлох нь газар хөдлөлтийг бүртгэх станцуудын байрлал болон тэдгээрийн бүртгэх хүчин чадал, бүртгэгдэж буй сейсмик фазууд, газар хөдлөлтийн боловсруулалтын үеийн санамсаргүй алдаа, тухайн бүс нутагт хэрэглэж байгаа сейсмик хурдны загвар зэрэг олон хүчин зүйлээс шууд хамаардаг (Баасанбат Ц 2010). Манай зарим судлаачид сейсмик долгионы хурдны загварыг Монгол орны хувьд

ерөнхийд нь тодорхойлон гаргасан байдаг. Иймээс баруун бүсийн сейсмик станцуудад бичигдсэн хөдлөлөөр баруун бүсийн хурдны 1D загварыг гаргах зорилго тавьж Ховд салбарын мэдээллийн сангаас 2015-2017 оны 4 сар хүртэлх мэдээллийг түүвэрлэн ашиглалаа.

Судалгааны арга зүй

Газар хөдлөлтийн төв өгөгдчихсөн үед дурын хурдны загварыг ашиглан газар хөдлөлтийн долгионуудын станц хүртэл гүйж ирэх хугацааг тодорхойлж болно. Параметрууд нь өгөгдчихсөн хурдны загвар ашиглан бүртгэгдсэн хугацааг *forward* буюу шууд загварчлалаар тодорхойлж болдог. Харин эсрэгээрээ газар хөдлөлтийн долгионы фазуудын бүртгэгдсэн мэдээллийг ашиглан газар хөдлөлтийн төвийг тогтоох, эхэлсэн цаг хугацааг тодорхойлохыг урвуу буюу инверсийн арга гэдэг (Баасанбат Ц 2010).

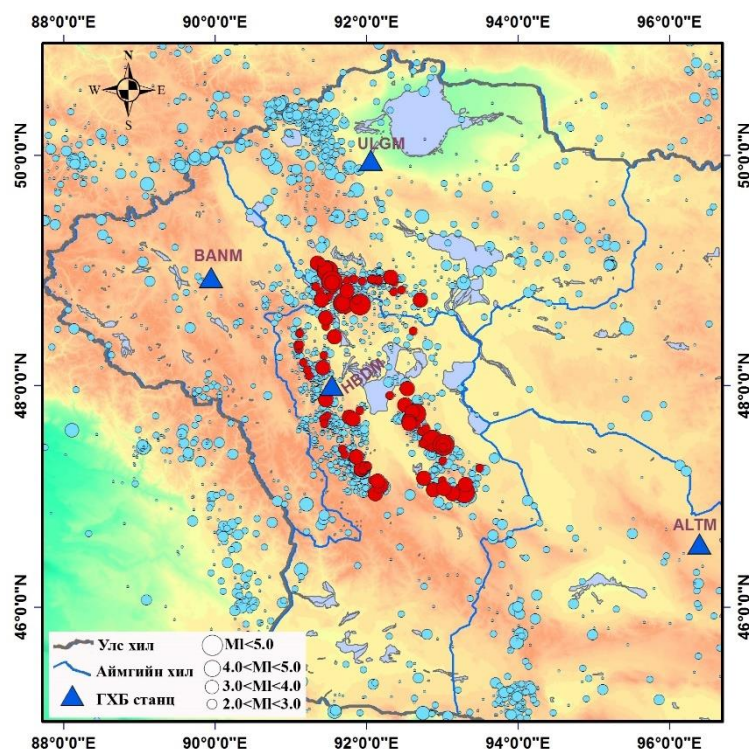
Газар хөдлөлтийн төвийг үнэн зөв тодорхойлох асуудал нь хэрэглэж байгаа нэг хэмжээст хурдны загвараас ихээхэн шалтгаалах бөгөөд энэхүү эхний нэг хэмжээст загварыг геологи, геофизикийн судалгаа болон сейсмик станцуудад бүртгэгдэж байгаа янз бүрийн зайд болсон газар хөдлөлтүүдийн долгионы фазуудын бүртгэгдэж буй хугацааг ашиглан тодорхойлж болдог.

Нэг хэмжээст хурдны дундаж загварыг гаргаж авахаар програмчлалын *fortran* хэл дээр бичигдсэн VELEST (Kissling E 1995) инверсийн программыг сонгон авч Газар хөдлөлтийн фазуудын бүртгэгдсэн хугацааг ашиглан газар хөдлөлтийн төвийг тодорхойлох процедурийн нэг хэмжээст хурдны загварыг гаргалаа. Р долгионы нэг хэмжээст загвар гаргаж авахын тулд инверсид оруулах газар хөдлөлтүүд нь олон станцад ажиглагдсан, алдаа багатай тодорхойлогдсон байх ёстой гэсэн зарчмыг баримталсан.

Мэдээллийн сан бүрдүүлэлтийг ООГХ-ийн Ховд салбарын каталоогоос аль болох олон тооны сейсмик станцад бичигдсэн, тухайн газар хөдлөлтөөс станц хүртэлх азимутуудын ялгавар нь хамгийн ихдээ 180 градус байх ойрын газар хөдлөлтүүд сонгогдлоо. Эдгээр ойрын газар хөдлөлтүүд нь Монгол орны нутаг дэвсгэрийн баруун хэсгээр тархсан, сейсмик станцуудын сүлжээ дотор оршиж байна.

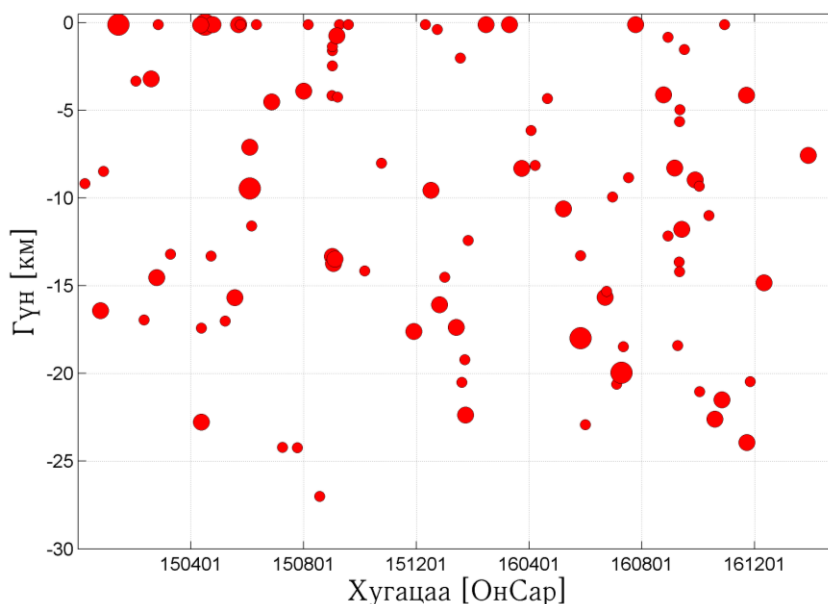
Нэг хэмжээст моделийг гаргаж авахад VELEST инверсийн програм, *Seisan explorer* (Voss 2016), *Matlab* зэрэг программ хангамжуудыг ашигласан. Програмын шаардлага хангасан Ховд орчмын 2015-2017 оны газар хөдлөлтийн мэдээллийн сангаас $M_l \geq 2,0$ – тай нийт 100 гаруй ойрын зайны газар хөдлөлтүүдийг сонгосон. Эдгээр ойрын газар хөдлөлтүүд нь Монгол орны нутаг дэвсгэрийн баруун хэсгээр тархсан, сейсмик станцуудын сүлжээ дотор оршиж байна (Зураг 1).

Энд ойрын газар хөдлөлтүүд сонгосон учраас эдгээрээс үүсэх сейсмик долгионуудын царцдас мандлаар тархаж байгаа хэсэг нь Монгол орны баруун хэсгийн сейсмик станцуудад ажиглагдах юм.



Зураг 1. Сонгосон хөдлөлтүүдийн төвийн тархалт, Цэнхэр цэгээр Баруун бүс нутгийн газар хөдлөлтийн төвийн тархалтыг, улаан цэгээр $M_I \geq 2,0$ –тай сонгосон ойрын газар хөдлөлтүүдийг, хөх гурвалжингаар нь газар хөдлөлт бүртгэх станцуудыг ту тус тэмдэглэсэн болно.

Мөн тухайн сонгосон хөдлөлтүүдийн гүнийг Velest (Kissling E 1995) программаар тооцоолон гаргасан (Зураг 2).



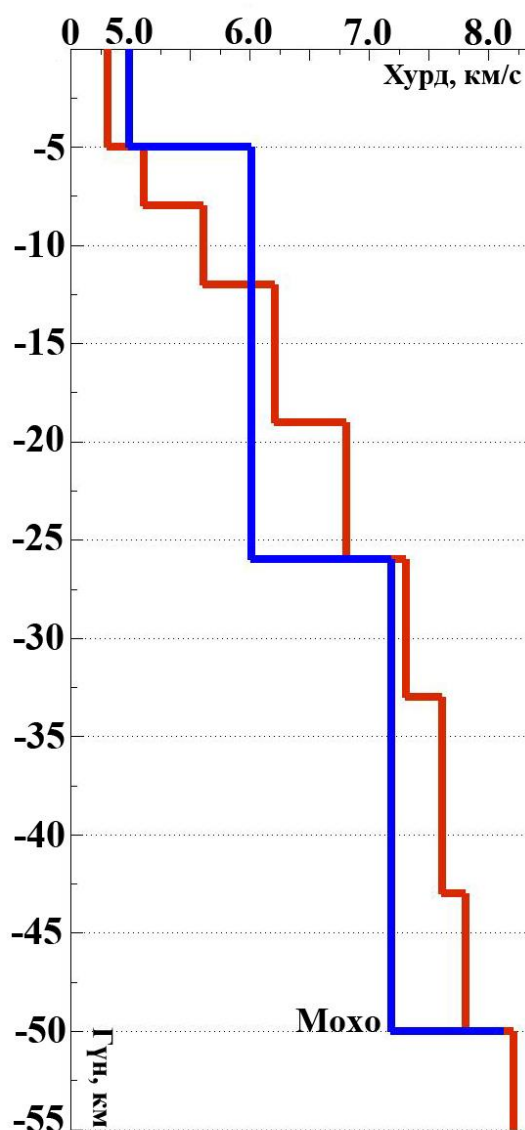
Зураг 2. Сонгосон хөдлөлтүүдийн гүнийг тодорхойлсон байдал

Үр дүн

1. Р долгионы нэг хэмжээст хурдны загвар /Баруун бүс/. Эхний нэг хэмжээст, 9 давхарга бүхий Мохо зааг хүртэл 50 км хүртэл гүнтэй Р долгионы сейсмик хурдны анхны загвар

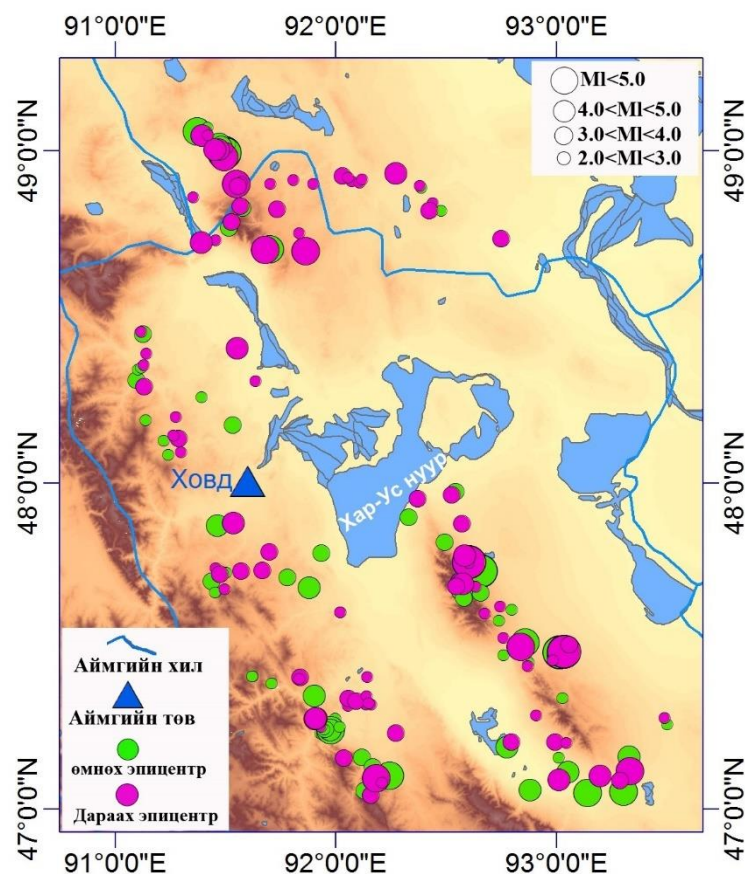
болон сонгогдсон хөдлөлтүүдээ ашиглан анхны инверси хийж хамгийн энгийн 4 давхарга бүхий Р долгионы хурдны загвар гаргаж авав. Инверси хийхдээ Мохо заагийн гүнийг 50 км-ээр тогтмол авлаа.

Инверсийн үр дүнд гарсан Р долгионы нэг хэмжээст хурдны загварыг харууллаа (Зураг 3). Гарсан үр дүнгээс Р долгионы хурд 0-5км зузаан үе давхаргаар 4,98км/с, 5-26км үе давхаргаар 6,1 км/с, 26-50км үе давхаргаар 7,18км/с, 50км-ээс доош үе давхаргаар 8,3км/с байгааг харж болохоор байна. Инверсийн аргаар тодорхойлон гарсан Р долгионы хурд нь гүнээс хамааран өсч байна.



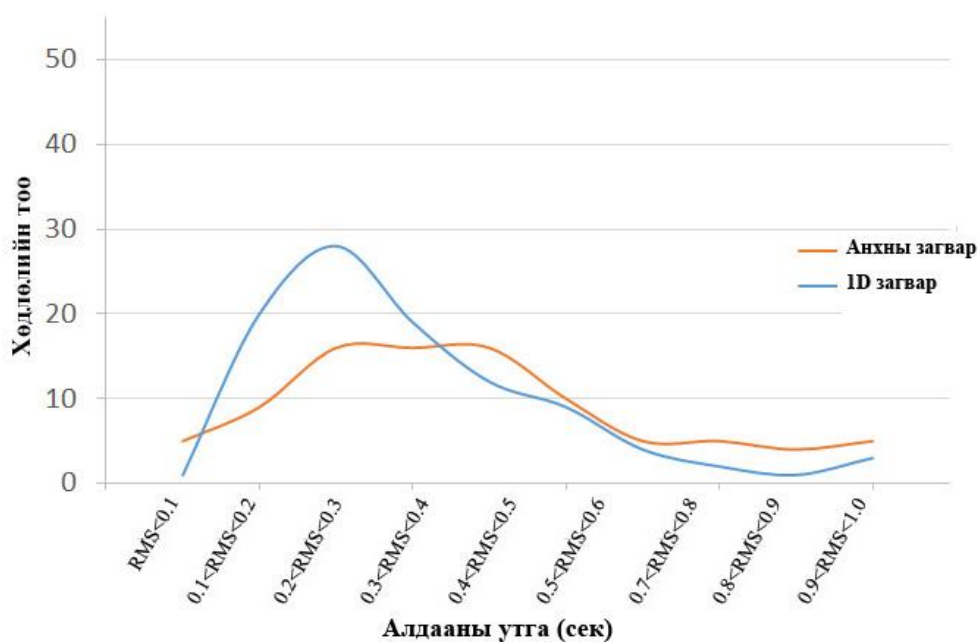
Зураг 3. Инверсийн үр дүнд гарсан Р долгионы нэг хэмжээст хурдны загвар (Баруун бүс), Улаан шугамаар инверсид оруулсан Р долгионы байж болох анхны нэг хэмжээст хурдны загвар, хөх шугамаар инверсийн үр дүнд гарсан Р долгионы нэг хэмжээст хурдны загвар

2. Гаргаж авсан нэг хэмжээст загвар болон Velest программаар сонгож авсан газар хөдлөлтүүдийнхээ байрлалыг дахин тодорхойлж өмнөх байрлалтай харьцууллаа (Зураг 4).



Зураг 4. Сонгож авсан хөдлөлтүүдийн төвийг гаргаж авсан хурдны загвараар дахин тодорхойлсон байдал (ногоон-өмнөх, ягаан-дараах)

3. Анхдагч боловсруулалт болон 1D загварыг ашиглаж тодорхойлсон дахин бодолтын дараах *rms*-ийн зөрөөг харуулав (Зураг 5).



Зураг 5. *RMS*-ийн зөрөөг харуулсан диаграм (Тухайн сонгож авсан хөдлөлтүүдийн хувьд тооцсон)

Дүгнэлт

Энэхүү ажлаар Монгол орны Баруун хэсэг тэр дундаа Ховд орчмын идэвхтэй бүсэд болж байгаа хөдлөлтүүдийн баруун 5 аймгийн газар хөдлөлтийг бүртгэх станц, Ховдын сүлжээ станцуудад бүртгэгдсэн мэдээллийг ашиглан Р долгионы хурдны нэг хэмжээст загварыг гаргаж, rms зөрөө хэр байгааг тодорхойллоо.

Судалгааны үр дүнд Р долгионыг энгийн 4 үе давхаргаар тархаж, 0-5км зузаан үе давхаргаар 4,98км/с, 5-26км үе давхаргаар 6,1 км/с, 26-50км үе давхаргаар 7,18км/с, 50км-ээс доош үе давхаргаар 8,3км/с хурдтайгаар тархана гэсэн нэг хэмжээст хурдны загварчлалыг гаргалаа.

Энэ гаргасан хурдны загварыг ашиглаж өмнө нь тодорхойлсон газар хөдлөлтийн төвийг дахин тодорхойлоход сайжирсан үр дүн гарч байсан.

Цаашид Баруун Алтайд болж байгаа газар хөдлөлтийн мэдээллийг ашиглан баруун бүс нутгийн сейсмик хурдны загварыг нэг хэмжээст болон гурван хэмжээст байдлаар тодорхойлох нь чухал байна.

Энэ нь газар хөдлөлтийн төвийг үнэн зөв тодорхойлох, мэдээллийн сангийн баяжилтанд нэн шаардлагатай нэг хүчин зүйл нь болох юм.

Ном зүй

- Kissling E. 1995. This short introduction corresponds to the VELEST Version 3.1. Institute of Geophysics and Swiss Seismological Service, ETH-Hoenggerberg.
- Voss, Lars Ottemoller Peter. 2016. Seisan: earthquake analysis software. Norway: for windows, solaris, linux and macosx.
- Баасанбат Ц. 2010. Гүний тогтцыг давхар ялгаврын сейсмик томографийн аргаар судалсан үр дүн. Улаанбаатар: Магистрын ажил.
- Эрдэнэбилэг Б. 1995. Глубинное строение и геодинамика Монголо-Сибирского региона. Улаанбаатар.

ГАЗАР ХӨДЛӨЛИЙН ГОРИМЫН СУДАЛГАА (ХОВД)

С.Загдсүрэн¹, Б.Диймаа¹, П.Батбаяр¹, Х.Ганзориг¹,
Ч.Мөнгөнхүү¹, П.Чимэдцэрэн¹

¹ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэнгийн Ховд салбар

Хураангуй. Баруун бүс нутаг нь газар хөдлөлийн идэвхтэй бүс төдийгүй томоохон хагарлуудтай бүс нутаг билээ. Тухайлбал, Ховд аймагт 1761 онд болсон 8.0 магнитудын хүчтэй газар хөдлөлтөөс үүссэн 215 орчим км урт Ар хөтлийн хэмээх хагарал (С.Д.Хилько, 1985), Жаргалант орчмын идэвхтэй бүс, Сутайн нурууны хөндий, Увс аймгийн үүрэг нуур, Цагаан шувуут, Хархираа, түргэний уулсын хөндий, Баян-Өлгий аймгийн Ачит нуурын хагарлын бүс, Толбо, Сагсайн хагарлын бүс, Алтайн хойд хэсгийн Чүйн орчмын идэвхтэй бүсүүд юм. Энэхүү горимын судалгааны ажлаар Ховд аймгийн нутаг дэвсгэр болон хил залгаа бүс нутагт буюу Ховд аймгийн төвд ойрхон орших газар хөдлөлтийн идэвхжил өндөртэй байж болох Ар хөтлийн хагарлын дагуух бүс, Жаргалантын нуруу, Алтан хөхий, Хөх сэрхийн нурууны орчмын бүс нутагт ажиглагдаж байгаа газар хөдлөлтүүдийн төвийн тархалт, магнитудын шүтэлцээ, голомтын гүн, идэвхжилт, горимын төлөв байдлыг харууллаа. Энэ судалгааны ажлын үр дүнг гаргахдаа Velest (Kissling E 1995), Seisan explorer (Voss 2016), ArcGIS програмуудыг ашиглаж газар хөдлөлтийн төвийг дахин бодох, магнитудын шүтэлцээ, хамаарал, гүн тодорхойлох, төвийн тархалтын зураг зэргийг гаргасан.

Түлхүүр үг: Баруун Алтай, магнитуд, Seisan, идэвхжил, горимын судалгаа

Оршил

Монголын баруун аймгуудын нутаг дэвсгэр нь Алтай ба Хангайн нуруудын өндөр өргөгдлийн уулархаг систем ба тэдгээрийг заагласан Их Нууруудийн хотгор болон бусад уулс хоорондийн хөндий зэрэг морфологийн томоохон элементүүдийг хамарсан байдаг. Релейфийн ялгарлын хувьд хөндийн хэсэгтээ далайн түвшинээс дээш 500 м харин уулархаг хэсэгтээ 5000 м дээш байх бөгөөд тус бүс нутагт Монголын хамгийн өндөр цэг болох Алтай Таван Богд, Мөнххайрхан, Цамбагарав, Жаргалант, Сутай зэрэг сүрлэг уулс оршдог.

Төв Азийн газар хөдлөлийн идэвхтэй бүсийн нэг Алтайн бүсэнд 1903 оноос хойш магнитуд нь 5.5 ба түүнээс дээш хүчтэй газар хөдлөлт 60 гаруй болсноос Фу-Юн /Монгол Алтай/, Үүрэг нуур, Тахийн шар болон Чуйн газар хөдлөлтүүд гадаргууд эвдрэл үүсгэсэн байна. Мөн И.В. Мушкетов, А.П. Орлов нарын жагсаалтанд тэмдэглэгдсэн 1761 оны 12 дугаарын 9-нд Монгол Алтайн нуруунд тохиолдсон Ар хөтлийн хагарлын дагуух бүс нутагт сул газар хөдлөлтүүд ажиглагдсаар байна.

Түүнчлэн Жаргалант орчмын идэвхтэй бүс, Сутайн нурууны хөндий, Увс аймгийн үүрэг нуур, Цагаан шувуут, Хархираа, түргэний уулсын хөндий, Баян-Өлгий аймгийн Ачит нуурын хагарлын бүс, Толбо, Сагсайн хагарлын бүс, Алтайн хойд хэсгийн Чүйн орчмын идэвхтэй бүсүүдийг нэрлэж болохоор байна (Ulziibat M, 2006).

Эдгээр томоохон хагарал болон идэвхтэй бүс нутгийг судалж газар хөдлөлийн голомт шинээр үүсэж байна уу үгүй юу, давтан хөдлөл болох боломж магадлал ямар байгаа, жилд болж байгаа хөдлөлийн идэвхжил хэр байгаа, горимын төлөв байдал хэр байгааг нарийвчлах судлах зорилгоор горимын судалгаа хийж үзлээ.

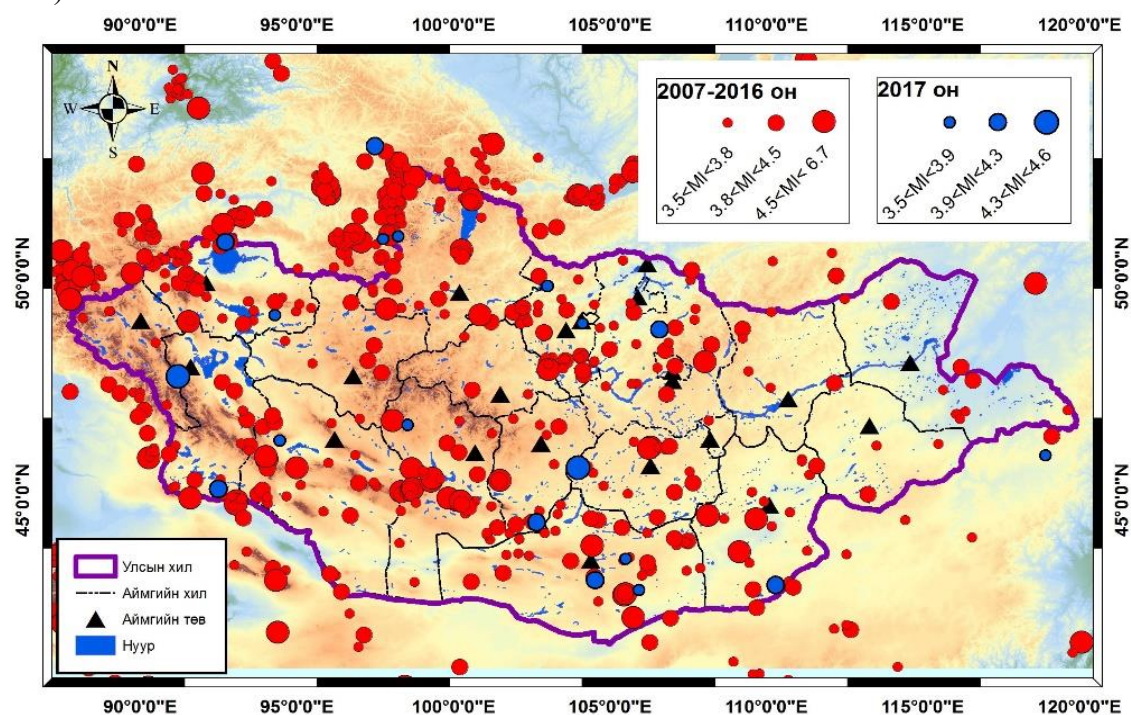
Судалгааны арга зүй

Сейсмологийн шинжлэх ухааны судалгааны суурь материал бэлтгэн гаргахад Газар хөдлөлт болох, уул уурхайн тэсэлгээ хийх, бусад янз бүрийн шилжилт хөдөлгөөний улмаас чичирхийлэл болох тохиолдолд тэдгээрийн фазыг зөв таниж, үүссэн голомт буюу эпицентрийг зөв тодорхойлох явдал хамгийн чухал байдаг.

Сүүлийн 10 жилийн газар хөдлөлтийн мэдээллээс харахад Монгол орны нутаг дэвсгэр болон хил орчмын бүс нутагт 237647 газар хөдлөлт болсноос магнитуд нь 3,5-аас дээш хүчтэй газар хөдлөлт 1271 удаа болсон байна.

Баруун бүс нутгийн хувьд Монгол оронд тохиолдож байгаа нийт хөдлөлийн 80 гаруй хувийг нь эзэлж байна. Сүүлийн 5 жилийн хугацаанд Монгол орон болон хил залгаа бүс нутагт магнитуд нь 3,5-аас дээш хүчтэй ойрын газар хөдлөлт 295 удаа болсноос Баруун бүс нутагт 54 гаруй удаа болсон байна. Үүнээс Баруун бүс нутагт 2011 оноос хойш магнитуд 5,0-аас дээш хүчтэй газар хөдлөлт 10 удаа болсон.

Монгол орны хувьд 2017 он гарснаас хойш 4 сарын байдлаар 3,5-аас дээш хүчтэй газар хөдлөлт 22 удаа болсон байна. Эндээс хүмүүс ихээр мэдэрсэн хөдлөлт нь Баян-Өлгий болон Ховд аймгийн хил заагт орших Хөх Сэрхийн нуруунд болсон магнитуд 4,1-тэй газар хөдлөлт юм. Уг газар хөдлөлт нь Ховд аймгийн (төвийн) оршин суугчид болон Баян-Өлгий аймгийн Дэлүүн сумын оршин суугчдад III-V баллаар мэдрэгдсэн байна (Зураг 1).



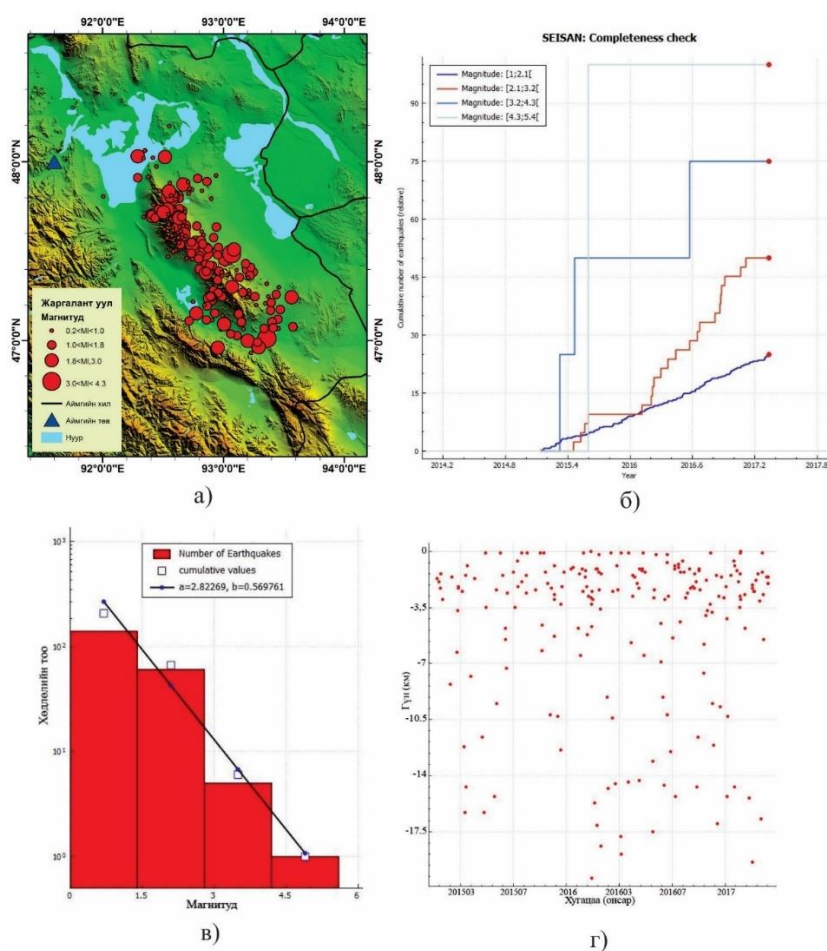
Зураг 1. $M_l > 3.5$ -аас дээш хүчтэй газар хөдлөлтийн төвийн тархалт (2007-2017). улаан цэгээр 2007-2016 он, цэнхэр цэгээр 2007 оны эхний 4 сар хүртэлх хөдлөлтүүдийг тэмдэглэсэн болно.

Энэ удаа Баруун бүс нутаг дахь идэвхтэй хагарлуудаас зөвхөн Ховд аймгийн нутаг дэвсгэрт хамаарах хагарлуудын дагуух бүс нутгийн горимын судалгааг харуулахыг зорилоо.

Горимын судалгаанд орсон материалыг боловсруулахдаа сүүлийн үед судлаачид ихээхэн ашиглаж байгаа SEISAN explorer (Lars Ottemoller et al, 2016) бүхий Windows хувилбарт орсон программ хангамжуудыг хэрэглэсэн. Мөн ArcGIS программыг ашиглаж тархалтын зураг гаргав.

Судалгааны үр дүн

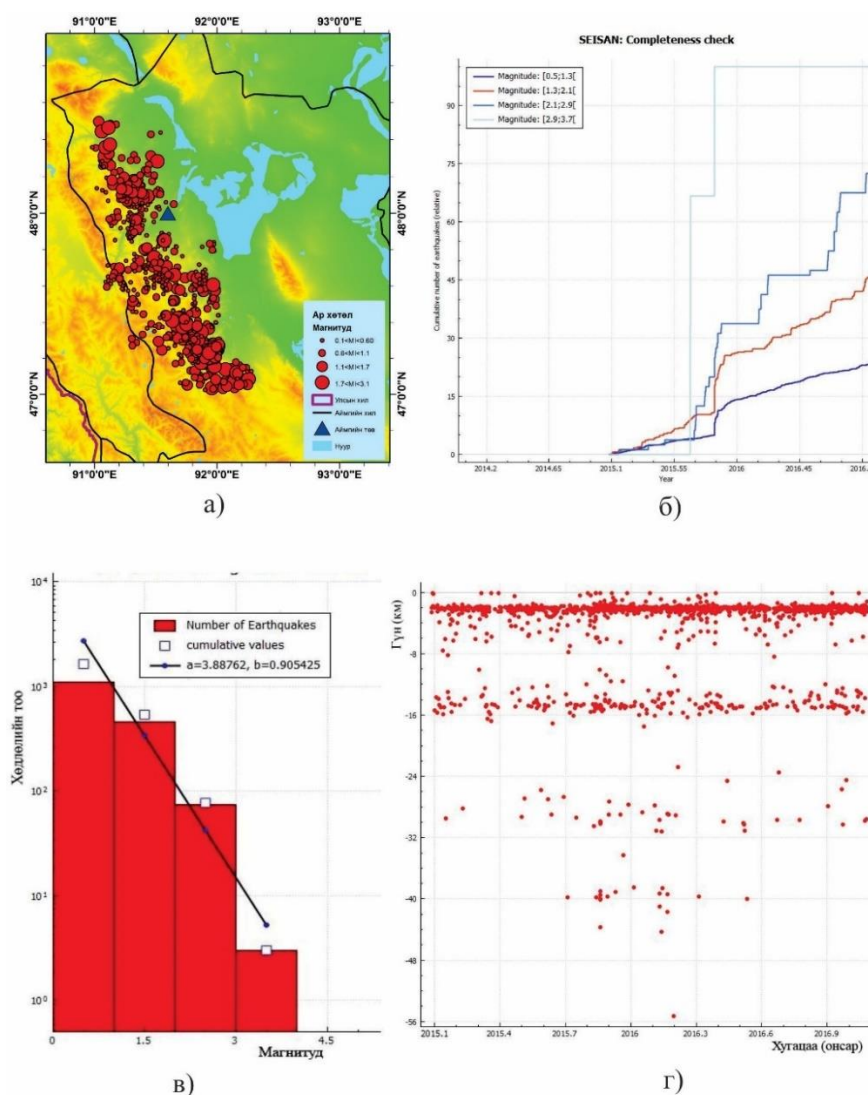
1. Жаргалантын нурууны орчмын бүс нутаг: 50 сая жилийн тэртээх өргөгдлөөр үүссэн гэж үздэг Жаргалант хайрхан уулын хагарлын дагуу сулавтар хөдлөлүүд байнга ажиглагддаг. Хамгийн сүүлийн хүчтэй газар хөдлөл 500-700 жилийн өмнө болсон гэж таамагладаг. Жаргалант уулын газар хөдлөлтийн идэвхтэй бүс нутаг нь Ховд аймгийн төвөөс 80 гаруй км-ийн зайтай бөгөөд сүүлийн жилүүдэд (2015-2017 оны 3 сар) ойрын 200 гаруй удаагийн сулавтар чичирхийллүүд газар хөдлөлтийг бүртгэх багажид бүртгэгдсэн байна. Үүнээс магнитуд нь 2,0-аас дээш хүчтэй чичирхийлэл 30 гаруй удаа болсон байна. Хамгийн сүүлд хүмүүст мэдрэгдэм хүчтэй газар хөдлөлт нь 2015 оны 7 дугаарын сарын 05-нд магнитуд нь 3.9-тай тэнцэх хүчтэй болсон байна. Жаргалант уул орчмын бүсийн газар хөдлөлтийн төвийн тархалт (эпицентр) (Зураг 2.1), магнитудын шүтэлцээ (completeness check), Гутенберг-Рихтерийн хамаарал, голомтын гүн зэргийг тодорхойлон харуулав (Зураг 2).



Зураг 2. Жаргалант уул орчмын бүс: а) хөдлөлтийн төвийн тархал, б) completeness check, в) Гутенберг-Рихтерийн хамаарал, г) Голомтын гүн

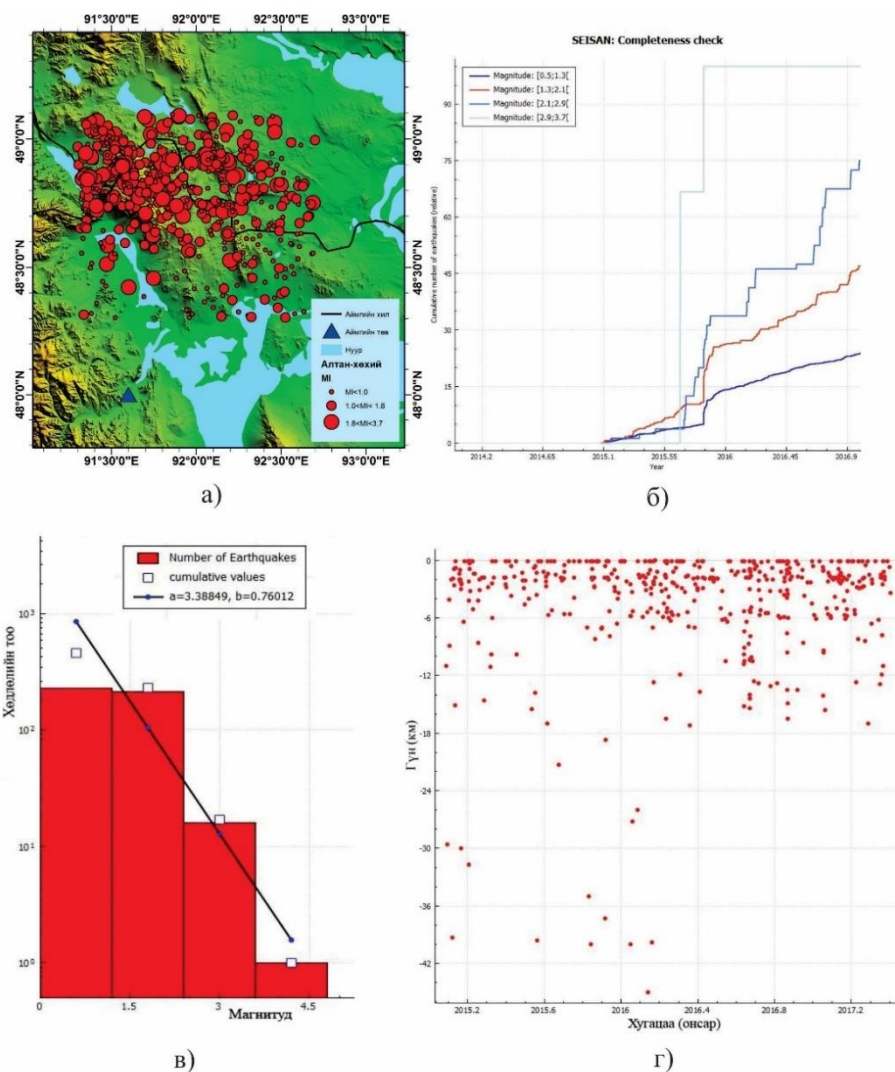
2. Ар хөтлийн хагарлын дагуух бүс нутаг: 1761 оны 12 дугаарын 9-нд болсон гэж үздэг Монгол Алтайн нуруунд тохиолдсон сүйрүүлэх хүчтэй (М 8.3) газар хөдлөлтөөр 215 км урт үргэлжилсэн хагарал байдаг. Энэхүү хагарал нь уртаашаа 40-50м, өргөөшөө 8-10м, гүнээрээ 2.5-3м хүрэх баруун хойш 350° зүүн хойш 10° чиглэсэн том том ан цав, ангал агуулсан байдаг. Деформацийн их тод ул мөр Буянт гол, Дунд Цэнхэрийн гол хооронд ажиглагддаг (С.Д.Хилько, 1985).

Энэхүү хагарал нь Ховд аймгийн төвөөс 20 гаруй км-ийн зайтайгаар Буянт голыг хөндлөн огтолож гардаг бөгөөд энэ хагарлын дагуу сүүлийн 2 жилийн хугацаанд 2200 гаруй удаагийн сулавтар чичирхийлэлүүд газар хөдлөлтийг бүртгэх багажинд бүртгэгдсэн байна. Үүнээс магнитуд нь 2,0-аас дээш чичирхийлэл 40 гаруй удаа болсон байна. Эдгээрээс мэдрэгдэм хүчтэй газар хөдлөлт нь 2015 оны 2 дугаар сарын 10-нд магнитуд нь 3,0-тай тэнцэх хүчтэй болсон байна. Ар хөтлийн хагарлын дагуух бүсийн газар хөдлөлтийн төвийн тархалт (эпицентр), магнитудын шүтэлцээ (completeness check), Гутенберг-Рихтерийн хамаарал, голомтын гүн зэргийг тодорхойлон харуулав (Зураг 3).



Зураг 3. Ар хөтлийн хагарлын дагуух бүс: а) хөдлөлтийн төвийн тархалт б) completeness check, в) Гутенберг-Рихтерийн хамаарал, г) Голомтын гүн

3.Алтанхөхий уул орчмын бүс нутаг: Энэ бүс нутгийн орчимд сулавтар болон мэдэгдэм хүчтэй газар хөдлөлтүүд байнга ажиглагдаж байдаг. Хамгийн сүүлд Алтанхөхий уулын хойд хэсэгт 2010 оны 3 дугаар сарын 6-нд магнитуд нь 4,8-тай тэнцэх хүчтэй хөдлөлт болж чичирхийлэл нь аймгийн төвийн оршин суугчдад хүчтэй мэдрэгдэж байсан. 2015-2017 оны 4 сарын хугацаанд энэ бүс нутагт 460 гаруй удаагийн чичирхийлэл бүртгэгдсэн байна. Алтанхөхий уул орчмын бүсийн газар хөдлөлтийн төвийн тархалт (эпицентр), магнитудын шүтэлцээ (completeness check), Гутенберг-Рихтерийн хамаарал, голомтын гүн зэргийг тодорхойлон харуулав (Зураг 4).

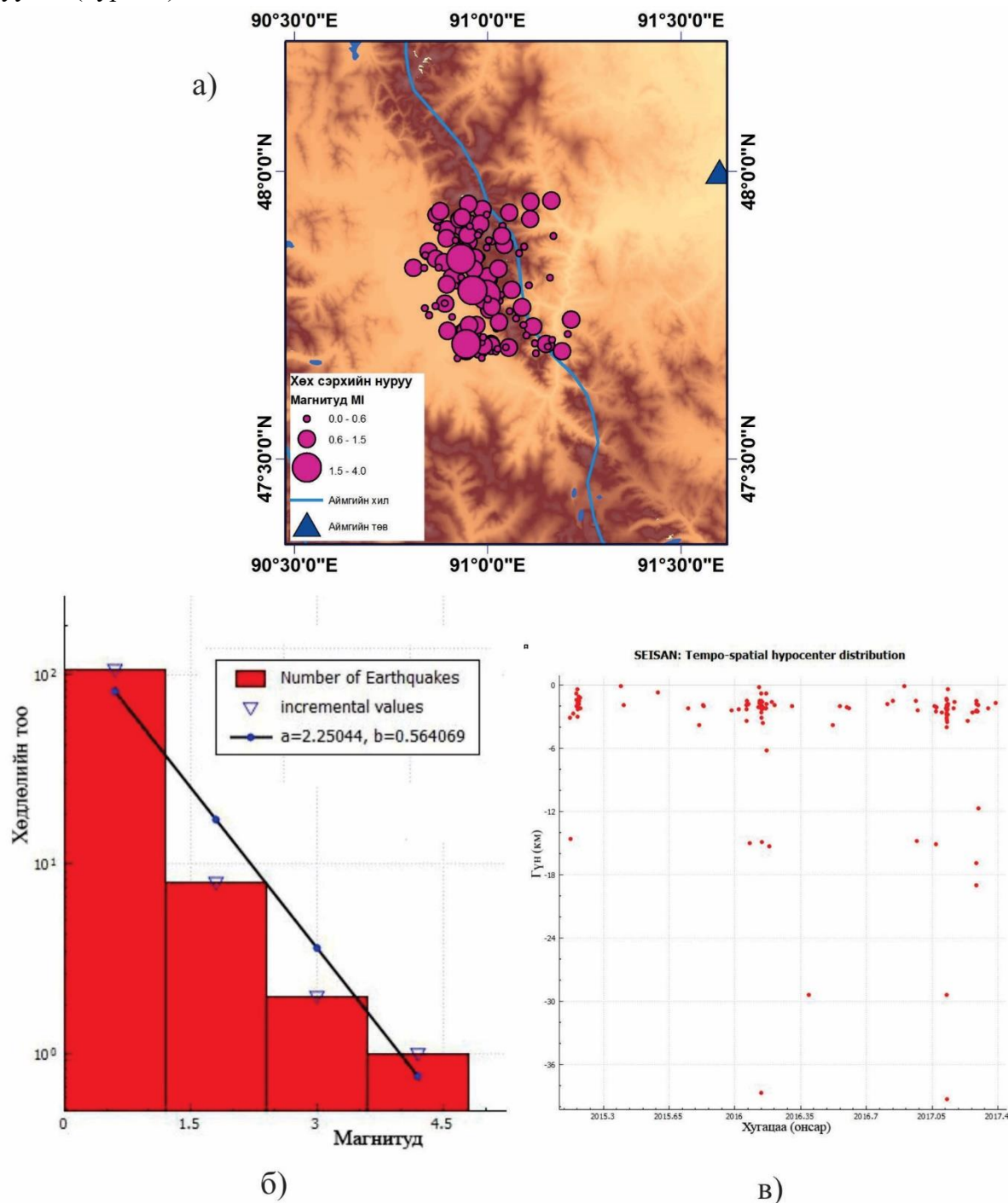


Зураг 4. Алтанхөхий уул орчмын бүс: а) хөдлөлийн төвийн тархалт, б) completeness check, в) Гутенберг-Рихтерийн хамаарал, г) голомтын гүн

4.Хөх сэрхийн нурууны бүс: 2017 он гарснаас хойш хүмүүст ихээр мэдрэгдсэн газар хөдлөлт гэвэл Баян-Өлгий болон Ховд аймгийн хил заагт орших Хөх Сэрхийн нуруунд болсон магнитуд 4.1-тэй газар хөдлөлт юм.

Энэхүү хөдлөлтийн голомт нь Баян-Өлгий аймгийн Дэлүүн сумаас зүүн зүгт 27 км-т болсон бөгөөд Ховд аймгийн төвөөс 47 км, Ховд сумаас 37 км, Дуут сумаас 55км зайнд болсон. 2015-2017 оны 4 дүгээр сарын байдлаар энэ бүс нутагт 110 гаруй удаагийн газар

хөдлөлт болсон байна. Хөх сэрхийн нурууны орчмын бүсийн газар хөдлөлтийн төвийн тархалт (эпицентр), Гутенберг-Рихтерийн хамаарал, голомтын гүн зэргийг тодорхойлон харуулав (Зураг 5).



Зураг 5. Хан сэрхийн нурууны бүс: а) хөдлөлийн төвийн тархалт, б) Гутенберг-Рихтерийн хамаарал, в) голомтын гүн

Дээрх үр дүнг нэгтгэж гаргалаа. Үүнд:

1. Ховд хотын ойролцоох томоохон хагарал болох Ар хөтлийн хагарлын дагуух бүс нутагт газар хөдлөлтийн чичирхийлэл нэлээд ажиглагдаж байгаа бөгөөд газар хөдлөлтийн идэвхжилт $a=3.8$ ба горим $b=0.9$ байна.

2. Жаргалант хайрхан уулын орчимд мөн газар хөдлөлтийн идэвхжилт идэвхжилт $a=2.8$ ба горим $b=0.5$ гарч байна.
3. Алтанхөхий уулын орчимд мөн газар хөдлөлтийн идэвхжилт идэвхжилт $a=3.3$ ба горим $b=0.7$ байна.
4. Хөх сэрхийн нурууны орчмын хувьд газар хөдлөлтийн идэвхжилт $a= 2.25$, горим $b=0.56$ гарч байна.

Үр дүнг график 1-ээр үзүүлбэл,

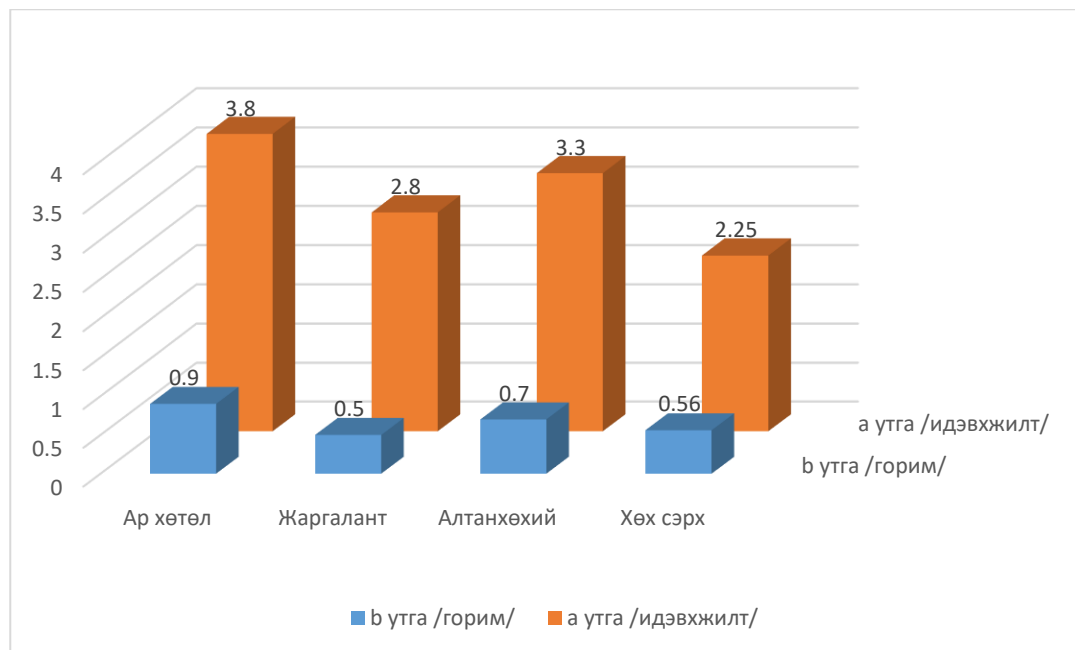


График 1. Бүс нутгийн горим болон идэвхжилтийг харуулсан байдал

Дүгнэлт

Ховд орчмын газар хөдлөлт түлхүү болдог бүс нутгийн горимын судалгааг хийхэд эдгээр 4 идэвхтэй бүс нутгаас Ар хотлийн хагарлын дагуу газар хөдлөлтийн идэвхжилт бусдаасаа өндөр байна. Мөн сүүлийн үеийн програм хангамж SEISAN earthquake analysis software, SEISAN explorer (Lars Ottemoller, 2016) зэргийг ашиглан энэ бүс нутгийн орчмын газар хөдлөлтийн төвийн тархалт, магнитудын харьцаа, голомтын гүнийг тооцоолон гаргасан нь анхны шатны боловсруулалтад чухал шинэлэг зүйл болсон гэж үзэж байна.

Эдгээр томоохон хагарал болон идэвхтэй бүс нутгийг судлаж газар хөдлөлийн голомт шинээр үүсэж байна уу үгүй юу, давтан хөдлөл болох боломж магадлал ямар байгаа, жилд болж байгаа хөдлөлийн идэвхжил хэр байгааг нарийвчлах асуудал зүй ёсоор тавигдаж байгаа юм. Энэ мэдээлэл нь хүн олноор суурьшиж байгаа баруун аймгийн төвүүдийн байшин барилгууд, усан цахилгаан станц баригдсан Дөргөн, шинээр баригдах усан цахилгаан станцууд (Ховд гол), болон бусад үйлдвэрийн барилга байгууламжуудыг барихад аюулгүйн үнэлгээ хийхэд чухал баримт болох юм.

Газар хөдлөлтөөс үүссэж болох хохирлыг багасгах өөрөөр хэлбэл гамшгийг бууруулах чиглэлээр Баруун аймгуудын нутаг дэвсгэрт үйлдвэрийн болон нийтийн

барилга байгууламж барихдаа чичирхийллийн идэвхжил өндөртэй байгаа бүс нутгаас ирэх гамшиг, үр нөлөөг юуны өмнө тооцож байх шаардлагатай нь харагдаж байна.

Бусад геофизикийн аргуудтай хослуулан энэ идэвхтэй бүс нутгийн геодинамикийг судлах явдал шинжлэх ухаан ба практикийн чухал ач холбогдолтой гэж үзэж байна. Газар хөдлөлтийн идэвхжил өндөртэй, болзошгүй газар хөдлөлтийн эрсдэл бий болох магадлал их байгаа нь ойр зэргэлдээ оршин байгаа хот, тосгонуудад анхааруулгын дохиог өгч байж ч болзошгүй юм.

Эдгээрээс үзэхэд Баруун бүсийн аймгууд нь газар хөдлөлтийн аюул учирч болох өндөр эрсдэлийн бүс нутагт байрладаг бөгөөд ялангуяа өнөөгийн хөгжлийн түвшинд эдгээр аймгийн төвүүд өргөжин тэлж, хотжих үзэгдэл эрчимтэй явагдах болсон нь газар хөдлөлтөөс учрах аюулын эрсдэлийг улам ихэсгэх хандлагатай. Иймээс цаашид баруун бүсийн аймгуудын барилга, байгууламжуудыг газар хөдлөлтөд тэсвэртэй барих, хот төлөвлөлтийг энэхүү аюулын үнэлгээнд тулгуурлан зохицуулах нь чухал асуудал болжээ. Түүнчлэн тус бүс нутгийн газар хөдлөлтийн аюулын үнэлгээний ажлыг орчин үеийн техник технологид тулгуурласан арга аргачлалаар шинэчлэн тогтоох нь хамгийн түрүүнд авч хэрэгжүүлэх арга хэмжээний нэг байх ёстой гэж дүгнэж байна.

Бусад геофизикийн аргуудтай хослуулан энэ идэвхтэй бүс нутгийн геодинамикийг судлах явдал шинжлэх ухааны ба практикийн чухал ач холбогдолтой гэж үзэж байна.

Ном зүй

- Lars Ottemoller, P. V. (2016). Seisan earthquake analysis software. Norway: for windows, solaris, linux and macosx.
- Ulziibat M. (2006). The 2003 Chuya sequence (North Altay range): tectonic context and seismological study. pages 20-40.
- С.Д.Хилько, И. Д. (1985). Землетрясения и основы сейсмического районирования Монголии. Москва "Наука".
- Kissling E. 1995. This short introduction corresponds to the VELEST Version 3.1. Institute of Geophysics and Swiss Seismological Service, ETH-Hoenggerberg.

БАГАНУУРЫН НҮҮРСНИЙ УУРХАЙН ДОТОРХ УС ХУРААХ БАЙГУУЛАМЖИД УУРХАЙН ТЭСЭЛГЭЭНИЙ ҮЗҮҮЛЭХ НӨЛӨӨЛЛИЙН ҮНЭЛГЭЭ

Ц.Баасанбат¹, Ч.Одонбаатар¹, Ж.Баяраа¹, Г.Хасбаатар²

¹ ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэн

² “Багануур” ХК, Технологийн Бодлогын Хэлтэс, Ө.Т.Х инженер

Хураангуй. Багануурын нүүрсний уурхайн талбай дотор орших Ус шүүрүүлэх байгууламж нь тус компанийн чухал объектуудын нэг юм. Тус компанийн нүүрс олборлолтын үйл ажиллагааны нэг хэсэг болох хөрс хуулалтын ажил нь тус объектод ойрхон зайд хийгдэж байгаа болно. Энэхүү судалгааны ажлаар, судалгааны үед хийгдсэн 2 удаагийн тэсэлгээний мэдээллийг ашиглан статистик анализ хийж, цаашид тус байгууламжид тохиолдож болзошгүй эрсдэлээс сэргийлэхийн тулд нэг удаа тэслэх тэсэлгээний бодисын максимум хэмжээг тодорхойллоо.

Түлхүүр үг: тэсэлгээ, хөрсний оргил хурд

Оршил

Багануурын нүүрсний уурхай нь Монгол улсын нүүрсний хэрэглээний 60 хувь, эрчим хүчний нүүрсний 70 хувийг дангаараа хангадаг, томоохон уурхайнуудын нэг юм. Аливаа уул уурхайн үйл ажиллагааны нэг чухал хэсэг нь тэсэлгээний ажил бөгөөд “Багануур” ХК нь хөрс хуулалт, нүүрс олборлолтдоо тэсэлгээг байнга хэрэглэж байна.

Багануур компанийн нэг чухал объект болох Ус шүүрүүлэх байгууламж нь тус уурхайн нүүрс олборлох талбайн дунд оршдог бөгөөд уурхайн талбайд хийгдэж байгаа тэсэлгээ тус объектод ойрхон хийгдэх болсноор тус байгууламжид ажиллаж байгаа хүмүүст тэсэлгээнээс үүссэн чичирхийлэл мэдрэгдэх, байгууламжийн хананы чигжээс шавар унах, тоосгон өрлөгийн зарим хэсэг салж унах явдал ажиглагдсан байна. Иймд “Багануур” ХК-ний хүсэлтээр ШУА-ийн ООГХ нь тус Ус шүүрүүлэх байгууламжийн барилгад тус ил уурхайд хийгдэх тэсэлгээний үзүүлэх нөлөөллийг үнэллээ.

Судалгааны объектын тодорхойлолт

Судалгааны объект болох Ус шүүрүүлэх байгууламж нь Багануур ХК-ны нүүрсний ил уурхайн талбай дотор оршино. Тус компанийн нүүрс олборлолтын үйл ажиллагааны нэг хэсэг болох хөрс хуулалтын ажил нь судалгааны объектод ойрхон зайд хийгдэж байгаа болно. Энэхүү судалгаа хийгдэх үед хөрс хуулалтыг гүйцэтгэхээр 2 удаа уурхайн тэсэлгээ хийгдсэн бөгөөд нэг удаа тэслэх тэсэлгээний бодисын максимум хэмжээ нь тус бүр 660 болон 180 кг байсан болно.

Уурхайн тэсэлгээний үед үүсэх нөлөөлөл.

Цооног дотор тэсэлгээний бодис тэсрэх үед хязгаарлагдмал орон зайд асар богино хугацаанд химийн эрчимтэй урвал явагдсанаар их хэмжээний дулаан болон хийн даралт үүсдэг. Энэ шахалтын улмаас цооногийн эргэн тойрны хөрс шороо хэв гажилт (налархай деформаци) болон эвдрэл хэмхрэлд орж, цул байдлыг нь эвддэг уян харимхай долгион үүсдэг. Энэхүү үүссэн уян харимхай долгион нь тэсэлгээний цооногоос хол зайд байгаа

цэгийн хувьд харимхай деформаци үүсгэдэг. Өөрөөр хэлбэл тэсэлгээнээс үүссэн долгион нь газрын хөрсөөр тархах үед газрын хөрс, бүр нарийвчилбал хөрсний бөөмс нь уян харимхай шинж чанарын улмаас механик хэлбэлзэлд орж улмаар хэвийн байдалдаа буцаж ордог. Ямар ч тэсэлгээний хувьд ийм хэлбэлзэл буюу чичирхийлэл нь үүсэх бөгөөд түүний эрчим, тоо хэмжээ нь тэсэлгээний төвөөс холдох тусам зайнаас хамаарч буурдаг.

Өгөгдсөн дурын цэг дээрх хөрсний чичирхийллийн тоо хэмжээг тодорхойлоход ашиглагддаг, өөр хоорондоо уялдаа холбоо бүхий үндсэн 4 параметрууд байдаг. Эдгээр нь:

Шилжилт- Долгион тархах үеийн хөрсний (бөөмийн) анхны байрлал болон анхны байрлалдаа буцаж орох байрлал хоёрын хоорондох зай. Энэ зай нь миллиметрээр илэрхийлэгдэнэ.

Хурд- Нэгж хугацаанд хөрсний (бөөмийн) шилжилтээр тодорхойлогдох хэмжигдэхүүн. Энэ хэмжигдэхүүний физик нэгж нь мм/сек болно.

Хурдатгал-Нэгж хугацаан дахь хөрсний (бөөмийн) хурдны өөрчлөлтөөр тодорхойлогддог физик хэмжигдэхүүн. Түүний нэгж нь мм/сек² болно.

Давтамж- Нэгж хугацаанд хийх хэлбэлзлийн тоо. Физик нэгж нь Герц.

Тэсэлгээнээс үүссэн хөрсний чичирхийллийн бодит аюулыг үнэлэх онолын болон практикийн судалгааны ажлууд гадаад орнуудад хийгдсэн байдаг. Тэдгээрийн дотроос Америкийн Нэгдсэн Улсын Уул Уурхайн Товчоо (АНУУУТ), мөн Calvin ба Edward нарын (Calvin J. Koyu 1991) бүтээлийг энэ салбарын судлаачид голлон баримталдаг бөгөөд тэдгээрийн дүгнэснээр тэсэлгээний чичирхийллийн улмаас барилга байгууламжид учрах хохирол, эвдрэлийн зэргийг үнэлэхэд хамгийн тохирсон чичирхийллийн параметр бол хөрсний бөөмийн хурд, товчдоо хөрсний хурд (XX) юм. Иймд чичирхийллийн долгионы тоо хэмжээ болон агуулгыг үнэлэхэд ашиглагддаг параметрууд нь үечилсэн синусоид хөдөлгөөнтэй холбоотой хөрсний хурд болон давтамж юм. Үүнийг томъёолбол:

$$XX = 2\pi fa$$

Энд: XX = Хөрсний (бөөмийн) хурд, f = давтамж, a = долгионы далайц;

Чичирхийллийн үед хөрсний оргил хурд (ХОХ) гэж томъёологддог хурдны хамгийн их утга нь хамгийн чухал хэмжигдэхүүн бөгөөд түүнийг харилцан перпендикуляр гурван чиглэлд хэмждэг. Эдгээр гурван чиглэлүүд нь дагуу, хөндлөн, босоо чиглэлүүд болно. Олон Улсын Стандартын Байгууллага болон Английн Стандартын Байгууллагын зөвлөснөөр эдгээр дагуу, хөндлөн, босоо гурван чиглэлүүд дээрх хэмжилтүүдийн аль нэг хамгийн их утгыг дэлхийн стандарт болгон судалгаанд хэрэглэдэг. Хэрвээ чичирхийллийн тоо, хэмжээ хохирол учруулах босгоос давбал аливаа барилга байгууламжийн хийц бүтээцэд тодорхой хэмжээний хохирол учирч болзошгүй.

Чичирхийллийн түвшнийг таамаглах болон хянах нь

Аливаа барилга байгууламжид хохирол үзүүлэх чичирхийллийн түвшнийг тодорхойлох нарийвчилсан судалгааны ажлууд дэлхийн нилээд оронд хийгджээ. Америкийн Нэгдсэн Улсын Уул Уурхайн Товчоо нь (АНУУУТ) өөрсдийн судалгаанаасаа (D. E. Siskind 1980) гадна өөр орнуудад хийгдсэн уурхайн тэсэлгээ, түүний чичирхийлэлтэй холбоотой олон тооны онолын болон практик судалгааны

ажлуудыг авч үзсэний үндсэн дээр тэсэлгээний стандарт гаргажээ. Иймд АНУУУТ-ны судалгаа, стандартыг тэсэлгээнээс үүсэх чичирхийллийн судалгаанд голчлон баримталж байна.

1970 оны сүүлээр АНУУУТ-ны хийсэн судалгааны ажлын (R.I. 8507, 1980) үр дүнгээс үзэхэд 50 мм/сек-ээс давсан чичирхийллүүд нь орон сууцны барилга байгууламжийн гол хийц бүтээц, араг хийцэд хохирол, эвдрэл гэмтэл учруулах өндөр магадлалтай гэж үзжээ. Чичирхийллийн доод түвшин, ялангуяа нам давтамжтай чичирхийлэл нь өнгөн хэсгийн хохирлыг үүсгэх бөгөөд энэ давтамжийн муж дах чичирхийллийн түвшний босго утгыг 12.7 мм/сек гэж тогтоожээ. Тэд АНУ-ын ил уурхайнуудад хийгдсэн тэсэлгээнүүдээс үүссэн чичирхийллүүд дээр хийсэн судалгаандаа үндэслэн чичирхийллийн аюулгүй түвшнийг 19-50 мм/сек гэж тогтоожээ.

АНУУУТ нь дараа дараагийн судалгааны ажил, бүтээлдээ эдгээр тогтоосон чичирхийллийн аюулгүй түвшнүүд нь “барилгын хийц бүтээцийг хамгийн доод түвшинд тодорхойлогдсон”, “тэсэлгээний тоо болон түүний үргэлжлэх хугацаанаас үл хамаарсан”, “судалгааны явцад 12.7 мм/сек-ээс доош чичирхийллийн түвшинд барилгад ямар нэгэн хохирол учирсан тохиолдол гараагүй” гэж дурджээ.

Энэхүү судалгаа хийгдэх үед Монгол орны хувьд аливаа барилга байгууламжид тэсэлгээнээс үүссэн чичирхийллийн үзүүлэх нөлөөллийг тооцох стандарт байхгүй байсан учраас Английн Стандартын Байгууллагаас 1993 онд гаргасан №7385 дугаар бүхий “Барилга байгууламжид чичирхийллийн үзүүлэх нөлөөллийг үнэлэх ба хэмжих нь” стандартыг хэрэглэлээ (B. S. Institution 1990).

Энэхүү №7385 стандартад барилга байгууламжийн өнгөн хэсэгт хохирол учруулж болзошгүй чичирхийллийн түвшний дээд хэмжээг, тэсэлгээнээс үүссэн чичирхийллийн долгионы зонхилох давтамж нь 4-15 Гц байхад чичирхийллийн түвшин нь 15-20 мм/сек, 40 Гц-ээс дээш байхад чичирхийллийн түвшин нь 50 мм/сек-ээс хэтрэхгүй байхаар зааж аливаа уул уурхай нь чичирхийлэл нь дээрх стандартад заасан утгаас давахгүй байхаар тэсэлгээг хийх ёстой гэж үзжээ (B. S. Institution 1993).

Өгөгдсөн нөхцөлд хөрсний оргил хурд (ХОХ)-ыг таамаглах нийтээр хүлээн зөвшөөрөгдсөн арга нь тэсэлгээ болон хэмжилтийн цэг хоорондын зай, нэг удаа дэлбэрч буй тэсэлгээний бодисын жинг ашиглан масштаблан тооцоолох эмпирик арга юм. Энэ аргыг хэрэглэн хөрсний чичирхийллийн түвшин, чичирхийлэл хүлээн авагч объект ба тэсэлгээ хоорондын зайнаас хамаарсан хамаарлыг тухайн талбайн хувьд гарган авдаг.

Дурын өгөгдсөн байрлал дахь масштабласан зайг доорх байдлаар тодорхойлно:

Масштабласан зай, $MZ = 3/\sqrt{J}$, [м/√кг]

Үүнд: 3 = Тэсэлгээнээс хэмжилтийн цэг хүртэлх метрээр илэрхийлэгдсэн зай,

J = Нэг удаа дэлбэрч буй тэсэлгээний бодисын кг-аар илэрхийлэгдэх жин

Нэг удаа дэлбэрч буй тэсэлгээний бодисын жин гэдэг нь, олон улсад мөрдөгдөж буй дүрэм ёсоор 8 миллисекундын дотор дэлбэрч буй тэсэлгээний бодисын нийт жин бөгөөд энэ жинг тооцоонд авч хэрэглэдэг.

АНУУУТ-ны гаргасан хөрсний чичирхийллийн түвшин болон масштабласан зай хоорондын эмпирик хамаарал нь доорх байдлаар тодорхойлогддог.

$$XCT = a (MZ)^b$$

Үүнд XCT = Хөрсний чичирхийллийн түвшин, (мм/сек)

$M3$ = Масштабласан зай, $(м/\sqrt{кг})$

a, b = Тухайн талбайн шинж чанараас хамаарах нэгжгүй коэффициент

a, b коэффициентууд нь тухайн талбайн геологийн тогтоц, чичирхийллийн долгионы замхралт, мөн түүнчлэн долгионы геометр тархалтаас хамаарна. Тухайн судалгааны талбайн a, b коэффициентуудыг хөрсний оргил хурдны утга болон масштабласан зай хоёрын логарифм графикаас шугаман регрессийн аргаар тодорхойлдог. Регрессийн шинжилгээний үр дүнд a, b коэффициентууд оролцсон, хөрсний чичирхийллийн түвшний масштабласан зайнаас хамаарсан энгийн шугаман регрессийн тэгшитгэл гарна.
 $\log(XCT) = \log(a) + b * \log(M3)$

Үүнд: a – регрессийн тэгшитгэлийн тогтмол, b - регрессийн тэгшитгэлийн налалтын коэффициент

Хөрсний чичирхийлэл нь статистик үзэгдэл бөгөөд энэ үзэгдэл нь хэвийн тархалттай байдаг. Ижил төстэй тэсэлгээнүүд ижил зайд байгаа сейсмографт бичигдлээ гэж үзэхэд ажиглагдсан чичирхийллийн түвшнүүд нь өөр хоорондоо ялгаатай байдаг байна. Иймд тухайн талбайн хувьд ажиглагдсан хөрсний оргил хурдны утгуудад статистик анализ хийж $+2\sigma$ буюу хэвийн тархалтын 95%-ийн үнэмшлийн түвшнийг тооцоолдог.

Хэвийн тархалтын 95%-ийн үнэмшлийн түвшнийг тооцоолохдоо хамгийн бага квадратын аргыг хэрэглэнэ. Хөрсний оргил хурдны утга ба масштабласан зай хоёрын нормчилсон логарифм графикийн дундаж утга болон 95%-ийн үнэмшлийн түвшнийг ашиглан нэг удаа тэсрэх тэсэлгээний бодис нь масштабласан зайнаас хамаарч хэр хэмжээний чичирхийлэл үүсгэхийг тооцоолж болдог.

Нэг удаа тэсрэх тэсэлгээний бодис (НУТТБ) = $(3 / M3)^2$

Үүнд: 3 = Тэсэлгээ болон хэмжилтийн цэг хоорондын зай, метрээр

$M3$ = Чичирхийллийн түвшнийг тооцоолох гэж буй масштабласан зай

Дээр өгүүлсэн масштаблан тооцоолох аргад сөрөг нөлөө үзүүлэх гол хүчин зүйлүүд нь нэг удаа тэсрэх бодисын жин, тэсэлгээний харьцаа, тэсэлгээ хоорондын хугацаа, тэсэлгээний цооногийн эгнээ хоорондын зай, цооног хоорондын зай, түгжээ гэх мэт тэсэлгээний геометр шинж чанарууд юм.

Холбогдох параметруудийг ашиглан тооцсон чичирхийллийн түвшин нь холбогдох шалгуураас давж байгаа үед тэсэлгээний оператор нэг удаа тэсрэх тэсэлгээний бодисын хэмжээг багасгах хэрэгтэй. Ингэж багасгах нэг арга бол нэг цооногт орж байгаа тэсэлгээний бодисыг идэвхгүй материалаар тусгаарлаж хоёр болон түүнээс дээш хэсэгт хуваах техник юм. Хэрвээ тэсэлгээг тухайн объектод хэт ойр хийх тохиолдолд нэг цооногт хийх тэсэлгээний бодисын хэмжээг багасгах, эсвэл тэсэлгээний дизайныг өөрчлөх хэрэгтэй.

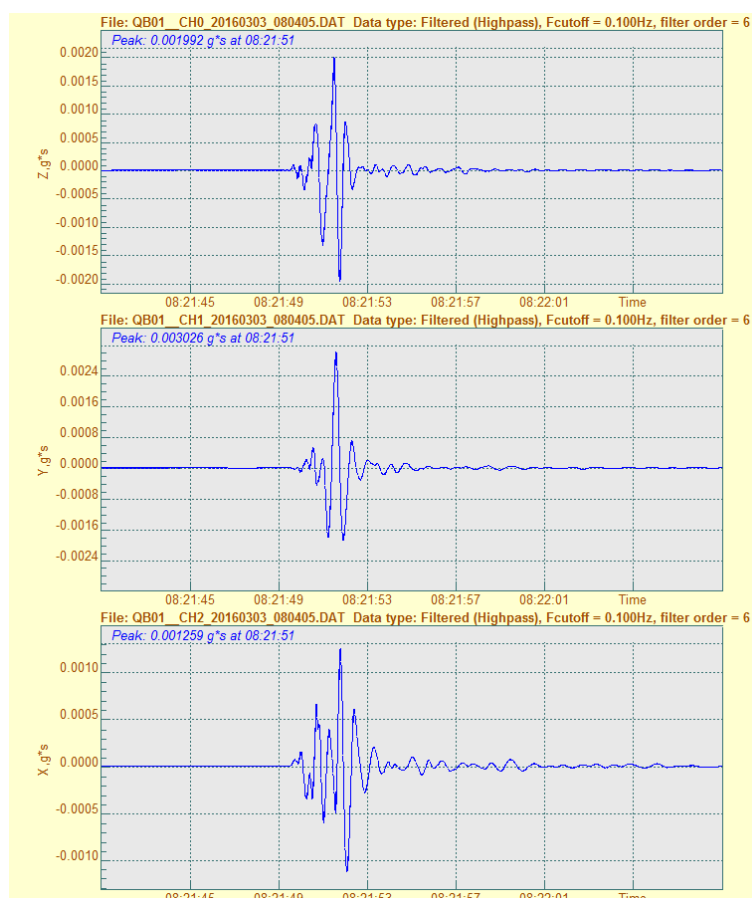
Тэсэлгээнээс үүссэн хөрсний чичирхийллийн хэмжилт

Багануур ХК-ны нүүрсний ил уурхайн талбайд 2016 оны 03 сарын 03 өдөр 16:21-д болон 2016 оны 03 сарын 18 өдөр 15:51-д хийгдсэн тэсэлгээнүүдийн чичирхийллийг судалгааны объектын гадна тал болон ойролцоо орших цэгүүдэд хурдатгал хэмжигч станц суурилуулж хэмжив. Хэмжилтийн цэгүүдийн байрлал болон судалгааны объект болох Ус шүүрүүлэх байгууламжийн байрлалыг Зураг 1-д үзүүлэв. Хэмжилтийн

цэгүүдэд ажиглагдсан тэсэлгээнээс үүссэн чичирхийллийн хурдны сейсмограмуудын жишээг Зураг 2-д үзүүлэв.



Зураг 1. Судалгааны объект, хэмжилтийн цэгүүд болон хийгдсэн тэсэлгээнүүдийн байрлал. Шар өнгөтэй байшингийн дүрсээр судалгааны объектыг, улаан өнгөтэй галын дүрсээр хэмжилтийн үед хийгдсэн тэсэлгээнүүдийг, улаан өнгөтэй дугуй дүрсээр хэмжилтийн цэгүүдийг тус тус үзүүлэв.



Зураг 2. Хэмжилтийн цэгүүдэд ажиглагдсан тэсэлгээнээс үүссэн чичирхийллийн хурдны сейсмограммуудын жишээ. Хэмжилтийн цэг A1 дээрх станцад бүртгэгдсэн 2016-03-03, 16:21-д хийгдсэн тэсэлгээнээс үүссэн чичирхийллийн сейсмограм.

Дээрх акселерометрүүдэд бичигдсэн хөрсний оргил хурдны утгыг ашиглан тухайн тэсэлгээнүүдийн хувьд регрессийн муруйг зурав. АНУУУТ-ны гаргасан томъёог ашиглан чичирхийллийн түвшнийг таамаглахын тулд хэмжигдсэн хөрсний оргил хурдны утгыг масштабласан зайнаас хамааруулан логарифм хуваарьт оруулан зурав. Масштабласан зайг:

$$\text{Масштабласан Зай (м/}\sqrt{\text{кг}}) = \text{Зай}/\sqrt{\text{Ж}}$$

гэж тодорхойлно.

Үүнд: З = Тэсэлгээнээс хэмжилтийн цэг хүртэлх метрээр илэрхийлэгдсэн зай,

Ж = нэг удаа дэлбэрч буй тэсэлгээний бодисын кг-аар илэрхийлэгдэх нийт жин

Судалгааны үр дүн

2016 оны 03 сарын 03 өдөр 16:21-д болон 2016 оны 03 сарын 18 өдөр 15:51-д хийгдсэн ил уурхайн тэсэлгээнүүдийн мэдээллийг Хүснэгт 1-д үзүүлэв. Тус тэсэлгээнүүдээс үүссэн чичирхийллийн түвшний хэмжээг Хүснэгт 2.1 болон Хүснэгт 2.2-д үзүүллээ.

Акселерометр бүрийн гурван байгуулагчийн бичлэгээс ажиглагдсан хөрсний оргил хурдыг тодорхойлж утгуудыг нь регрессийн шулуун байгуулахад ашиглалаа. +2σ буюу хэвийн тархалтын 95%-ийн үнэмшлийн түвшнийг тооцоолж шулууныг нь Зураг 3-д үзүүлэв.

BS 7385-2:1993 стандартын дагуу хөрсний оргил хурдны утгын дээд хязгаарыг 20 мм/сек гэж сонгон авлаа. BS 7385-2:1993 стандартын дагуу Ус шүүрүүлэх байгууламжийн орчимд ажиглагдах хөрсний оргил хурд нь 20 мм/сек-ээс 95% магадлалтайгаар хэтрэхгүй байх нэг удаагийн тэсрэх бодисын (8 миллисекундэд тэсрэх тэсэлгээний бодис) зайнаас хамаарсан хамаарлыг Хүснэгт 3-т үзүүллээ.

Хүснэгт 1. Тэсэлгээний мэдээлэл

	Тэсэлгээ №1	Тэсэлгээ №2
Он сар өдөр	2016 оны 03 сарын 03	2016 оны 03 сарын 18
Цаг минут	16:21	15:51
Цооногийн нийт тоо	150	178
Цооногийн хамгийн их гүн	24,5 метр	13 метр
Нэг удаа тэсэрсэн тэсэлгээний бодисын хэмжээ (8 миллисекундийн дотор)	660 кг	180 кг
Тэсрэх бодисын нийт жин	75320 кг	23652 кг
Тэсэлгээ хийсэн цэгийн газарзүйн солбицол	47.713300° 108.300790°	47.724695° 108.304360°

Хүснэгт 2.1 Тэсэлгээ №1 -ээс үүссэн чичирхийллийн түвшин

Хэмжилтийн цэгийн нэр	Цэгийн газарзүйн солбицол	Тэсэлгээний цэг хүртэлх зай (метр)	Хөрсний оргил хурд (мм/сек)	Тайлбар
A1	47.718786° 108.303658°	646	Д – 12.4 Б – 19.5 Х – 29.7	-
A2	47.718408° 108.303533°	604	Д – 11.8 Б – 22.2 Х – 32.5	-
A3	47.717876° 108.303214°	540	-	техникийн асуудал гарсан
A4	47.716336° 108.301806°	346	Д – 50.0 Б – 37.2 Х – 55.5	-

* Д-дагуу, Б-босоо, Х-хөндлөн байгуулагч

Хүснэгт 2.2 Тэсэлгээ №2 -оос үүссэн чичирхийллийн түвшин

Хэмжилтийн цэгийн нэр	Цэгийн газарзүйн солбицол	Тэсэлгээний цэг хүртэлх зай (метр)	Хөрсний оргил хурд (мм/сек)	Тайлбар
B1	47.718566° 108.303616°	684	Д – 4.5 Б – 3.0 Х – 6.5	-
B2	47.719931° 108.303707°	532	Д – 5.9 Б – 6.6 Х – 3.4	-
B3	47.721388° 108.303671°	371	Д – 8.6 Б – 15.4 Х – 4.6	-
B4	47.723442° 108.303342°	159	Д – 26.2 Б – 26.7 Х – 13.5	-

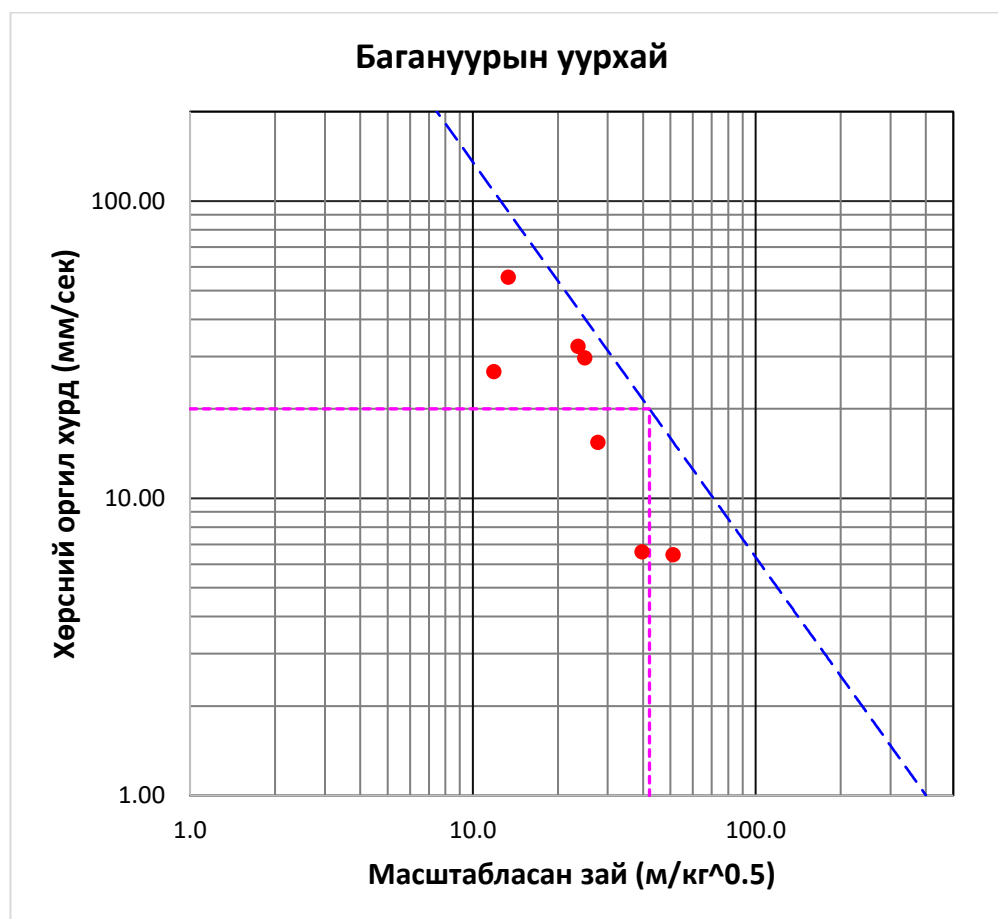
* Д-дагуу, Б-босоо, Х-хөндлөн байгуулагч

Зураг 3 дээрх регрессийн муруйгаас үзэхэд BS 7385-2:1993 стандартын дагуу 20 мм/сек гэж сонгон авсан хөрсний хурдны оргил утгын +2σ буюу хэвийн тархалтын 95%-ийн үнэмшлийн түвшинд харгалзах масштабласан зай нь 42.14 м/√кг байна.

Энэ масштабласан зайн утгад үндэслэн, судалгааны объект болон өгөгдсөн тэсэлгээ хийгдэх цэг хоорондын зайнаас хамаарсан, нэг удаа тэсэлж болох тэсэлгээний бодисын дээд утгыг тооцоолсныг доор үзүүлэв (Хүснэгт 3).

Хүснэг 3. Судалгааны объект болох Ус шүүрүүлэх станцын хувьд нэг удаа тэслэх тэсэлгээний бодисын жингийн дээд хэмжээ

Судалгааны объект болон өгөгдсөн тэсэлгээ хийгдэх цэг хоорондын зай (метр-ээр)	Хэвийн тархалтын 95%-ийн үнэмшлийн түвшинд, 20 мм/сек-ээс бага чичирхийлэл үүсгэх магадлалтай нэг удаа тэсрэх тэсэлгээний бодисын хэмжээ (кг-аар)
100	6
200	23
400	90
600	203
800	360
1000	563
1200	811
1400	1104
1600	1442



Зураг 3. Багануурын уурхайн талбайд хийгдсэн тэсэлгээнүүдийн чичирхийллийн хэмжилтийн цэгүүд дээр ажиглагдсан хөрсний оргил хурдны утгууд болон шугаман регрессийн анализ

--- BS 7385-2:1993 стандартын дагуу сонгож авсан хөрсний оргил хурдны дээд хязгаар 20 мм/сек болон түүнд харгалзах масштабласан зай.

--- 95% -ийн үнэмшлийн түвшин.

● Хэмжигдсэн хөрсний оргил хурдны утгууд.

Хэлэлцүүлэг

Багануурын нүүрсний уурхайн Ус шүүрүүлэх байгууламжид уурхайн тэсэлгээний үзүүлэх нөлөөллийг зөвхөн тус уурхайн талбайд 2016 оны 03 сарын 03 өдөр 16:21-д болон 2016 оны 03 сарын 18 өдөр 15:51-д хийгдсэн ил уурхайн тэсэлгээний мэдээллийг ашиглан үнэлсэн болно.

Регрессийн шулууныг гаргаж авахын тулд эх олонлогт (ажиглагдсан мэдээлэл) таарах шулууны загварыг тодорхойлдог арга болох хамгийн бага квадратын аргыг ашиглан ажиглалтын 7 утгуудаар боловсруулав. Регрессийн шулуун нь ажиглагдсан утгуудад хэр таарч байгааг илэрхийлэн корреляцийн коэффициент нь -0.80 байгаа нь энэхүү анализд зөвхөн 7 цэг дээрх хэмжилтийг оруулсантай холбоотой. Мөн +2σ буюу хэвийн тархалтын 95%-ийн үнэмшлийн түвшнийг тооцоолон шулууныг нь зурж үзүүлэв (Зураг 3).

Бүртгэгдсэн чичирхийллийн түвшин болон регрессийн анализын үр дүнгээс тооцоолж судалгааны объектод 20 мм/сек болон түүнээс бага хурдтай чичирхийлэл үүсгэх магадлалтай тэсэлгээний бодисын зайнаас хамаарсан хамаарлыг тооцоолж гаргав.

Энэ хамаарлыг хүснэгт №3-т үзүүлэв. Үүнээс үзэхэд судалгааны үед хийгдсэн тэсэлгээний нэг удаа дэлбэрч буй 660 кг бодисыг судалгааны объектоос 1000 метр болон түүнээс хол зайд дэлбэлэхэд судалгааны объектод 20 мм/сек болон түүнээс бага хурдтай чичирхийлэл ажиглагдах магадлалтай.

Хүснэгт 3-аас үзэхэд хөрсний хурдны хамгийн их утгын шалгуурын дагуу судалгааны объектоос 600 метрийн зайд нэг цооногт хамгийн ихдээ 203 кг тэсэлгээний бодис хэрэглэвэл судалгааны объектод ажиглагдах хөрсний хурдны түвшин нь 20 мм/сек-ээс хэтрэхгүй байх магадлал өндөртэй байна.

Дүгнэлт

Өнөөгийн байдлаар Монгол улсад тэсэлгээнээс үүсэх чичирхийллийн түвшнийг тодорхойлох, түүний барилга байгууламжид үзүүлэх нөлөөллийг тогтоох, үнэлэх, зохистой түвшнийг тогтоох ямар нэгэн журам, стандарт байхгүй болно.

Одоогийн байдлаар тэсэлгээнээс үүссэн чичирхийллийн судалгаанд Англи улсад мөрдөгдөж байгаа BS 7385-2:1993 стандарт голчлон хэрэглэгддэг байна. Иймд энэхүү судалгаанд дээрх стандартад тусгагдсан тэсэлгээнээс үүсэх чичирхийллийн үзүүлэх нөлөөллийн ангиллыг авч хэрэглэлээ.

Судалгааны объект болох Ус шүүрүүлэх байгууламжийн барилгын насжилт, гол хийц бүтээц, түүн дотор ажиллаж буй тоног төхөөрөмжийн ач холбогдол, төлөв байдлыг авч үзсэний үндсэн дээр тус BS 7385-2:1993 стандартын дагуу хүчитгээгүй хийцтэй үйлдвэрийн байгууламж гэдэг ангилалд хамааруулан түүнд нөлөөлөх тэсэлгээнээс үүссэн чичирхийллийн оргил утгыг 20 мм/сек байхаар сонгож авлаа.

Тус судалгааны объектод дээрх чичирхийллийн түвшнээс давсан тэсэлгээ хийвэл барилгын өнгө шавар, өрөг хоорондын шавар зуурмагт бага хэмжээний хагарал цуурал үүсэх, эсвэл өмнө нь байсан хагарал цуурал өргөсөх, томрох гэх мэт эвдрэл, цаашлаад тус байгууламжийн гол хийц бүтээц, араг хийцэд тодорхой хэмжээний хохирол учрах магадлал өндөр байна.

Ном зүй

- Calvin J. Konya, Ph.D., and Edward J. Walter, Ph.D. 1991. Rock Blasting and Overbreak Control. United States Government Printing.
- D. E. Siskind, M. S. Stagg, J. W. Kopp, and C. H. Dowding. 1980. "Structure Response and Damage Produced by Ground Vibration From Surface Mine Blasting." Report of Investigations 8507.
- Institution, British Standards. 1990. Evaluation and measurement for vibration in buildings: Part 1. Guide for measurement of vibration and evaluation of their effects on buildings. Standard, British Standards Institution, 24.
- Institution, British Standards. 1993. Evaluation and measurement for vibration in buildings: Part 2. Guide to damage levels from groundborne vibration. British Standards Institution.

УЛААНБААТАР ХОТ ОРЧМЫН ИДЭВХТЭЙ ХАГАРЛУУД ДАХЬ ЦАЦРАГ ИДЭВХТ РАДОНЫ АЖИГЛАЛТЫН ҮР ДҮН

М.Билгүүн¹, М.Өлзийбат¹, М.Оюун-Эрдэнэ¹

¹ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэн

Хураангуй. Газар хөдлөлтийг урьдчилан таамаглаж болох уу? гэсэн асуулт газар хөдлөлт судлаачдын дунд одоог хүртэл яригдсаар байгаа боловч тодорхой шийдэлд хүрж чадаагүй байна. Газрын гүнээс ялгарах цацраг идэвхт радон хийг хэмжих детекторыг газар хөдлөлтийн идэвхтэй бүсэд байрлуулж тасралтгүй ажиглалт явуулснаар хүчтэй газар хөдлөлтийг тодорхой хугацааны өмнө мэдэх боломжтой гэж судлаачид үздэг. Одон орон, геофизикийн хүрээлэн (ООГХ) Улаанбаатар орчмын газар хөдлөлтийн идэвхтэй хагарлуудын дагуу радон хийг бүртгэх 8-н детектор суурилуулж ажиглалт явуулж байна. Хустайн хагарлын дагуу 2 детектор, Эмээлтийн хагарлын дагуу 5-н детектор, хагарлын бүсээс гадна 1 детектор байрлуулсан. Хустайн хагарлын дагуу радон хийн идэвх мэдэгдэхүйц огцом өөрчлөлт ажиглагдаагүй боловч Эмээлт хагарлын бүсэд радон хийн идэвх хэд хэдэн удаа огцом өөрчлөгдсөн нь ажиглагдсан.

Түлхүүр үгс: Газар хөдлөлт, урьдчилан таамаглах, радон хий, хагарал

Оршил

Газар хөдлөлт нь ихэвчлэн идэвхтэй хагарлуудын дагуу тохиолддог (Ohnaka 2013). Судлаачид хүчтэй газар хөдлөлтийн өмнө сейсмик долгионы хурдны өөрчлөлт, радон хийн цацаргалт, тухайн орчны геодинамик хэв гажилт гэх мэт физик орны өөрчлөлтүүдийг тодорхойлсон байдаг (Lindh, Lockner & Lee 1978, Imme & Morelli 2012, Park 1996). Хүчтэй газар хөдлөлтийн өмнө хүчдэл хуримтлагдаж газрын гүний олон төрлийн хий усаар газрын гадарга руу зөөгддөг бөгөөд үүнийг ашиглаж хүчтэй газар хөдлөлтийг таамаглах боломжтой (Imme & Morelli 2012). Харин хамгийн их ялгардаг хий нь ураны хагас задралын бүтээгдэхүүнүүд болох ради, радон гэх мэт юм (Gordon Edwards 1992). Үүний дотроос богино наст Rn^{222} хий хамгийн тохиромжтой индикатор болдог (Cicerone Ebel & Britton 2009). Өнгөрсөн зууны хагасаас хойш хэд хэдэн хүчтэй газар хөдлөлтийн өмнө радон хийн өөрчлөлт илэрсэн байдаг (Hough 2010b) бөгөөд эдгээр судалгаануудыг үндэслэж ООГХ нь ВМС радоны 8-н детекторыг Эмээлт болон Хустайн хагарлын дагуу суурилуулж 2009 хойш ажиглалт явуулж байна. Энэ хугацаанд Эмээлтийн хагарлын бүсэд суурилуулсан детекторуудад радон хийн огцом өөрчлөлт хэд хэдэн удаа ажиглагдсан. Эмээлтийн хагарал нь Улаанбаатар хотын баруун хэсэгт Эмээлт өртөөнөөс баруун хойш 13 км-т зүүн урагшаа 150^0N чиглэлд 35 км урт огшил төрлийн хагарал болохыг тогтоосон (Schlupp et al. 2012). Эмээлтийн хагарлын бүсэд 2005 оноос хойш газар хөдлөлтийн идэвхжил бүртгэгдсэн бөгөөд одоог хүртэл идэвхжил буураагүй байна (Schlupp, 2007; Schlupp et al., 2010, 2012).

Судалгааны арга зүй

Хүчтэй газар хөдлөлтийн өмнө хүчдэл хуримтлагдаж ан цавууд шахагдаж эхэлдэг. Энэ үед газрын гүний олон төрлийн хий усаар зөөгддөг, гол төлөв ради болон радон ялгарах ба богино наст радоныг бүртгэж авдаг. Учир нь Ra^{226} – ийн хагас задралын үе 1600 жил бол Rn^{222} -ийн хагас задралын 3.8 хоног байдаг. Иймд хөрсний цацраг идэвхт

радон хийнд тасралтгүй ажиглалт явуулснаар радон хийн идэвхийн өсөлт бүрийг нарийвчлан судлах боломжтой.

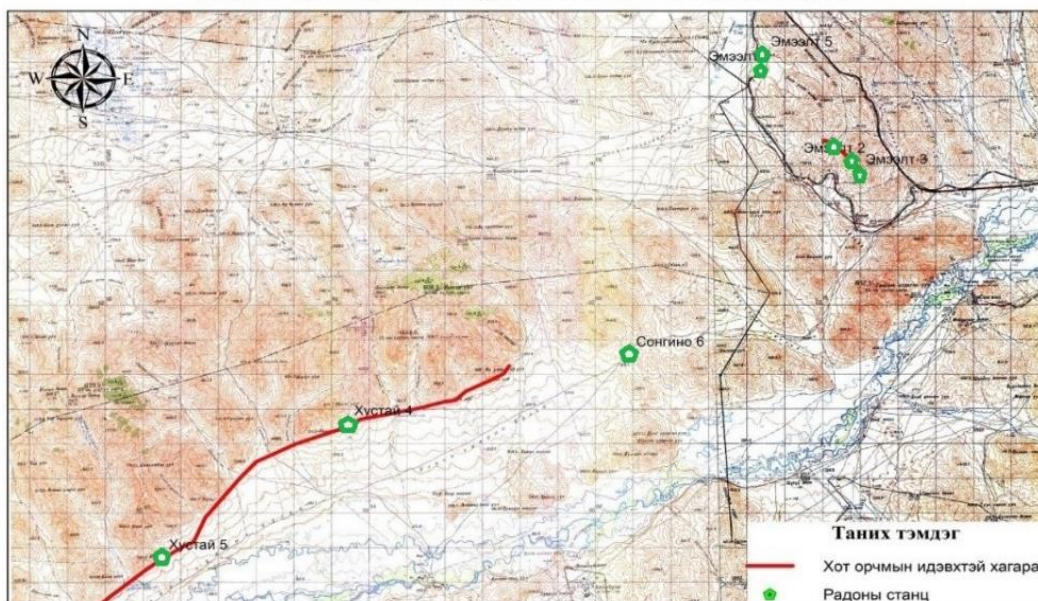
Радон хийг бүртгэх детектор

ООГХ нь Франц улсын ALGADE компанид үйлдвэрлэсэн BMC2 детекторыг тус судалгаанд ашигласан. Уг детектор нь 50 Бк/м^3 бүртгэх чадвартай, 2 ширхэг 18.9 Ah баттерейгаар 6 сар ажиллах боломжтой. Мөн 1 жил хүртэл хугацаанд мэдээллээ өөр дээрээ хадгалах ба 450 мм^2 хагас дамжуулагч цахиурт детектор юм. Тус детектор нь Rn^{222} , Rn^{220} , Rn^{219} – өөс задардаг альфа цөмийн энергийг 1 цаг тутамд бүртгэдэг. Газарт 2м гүн, 6м урттай шуудуу ухаж дотор нь 4м урттай, 2м өндөртөй, 10 см диаметр бүхий хуванцар хоолой суурилуулж дотор нь Детектор байрлуулсан. Хуванцар хоолойн доод хэсгээр агаар орох зориулалт бүхий зүсэлт хийсэн нь хөрсний агаарыг оруулах зориулалттай.

Мэдээллийн сан бүрдүүлэлт

2009 оны 11 сард Эмээлтийн хагарлын дагуу 3-н детектор, 2010 оны 9 сард Хустайн хагарлын дагуу 1 детектор, 2013 онд Хустайн хагарлын дагуу 1 детектор, 2015 онд Эмээлтийн газар хөдлөлтийн идэвхжил ашиглагдаж буй хэсэгт 2 детектор нэмж байрлуулсан (Зураг 1).

Улаанбаатар хот орчимд байгуулагдсан Радоны станцуудын байрлал



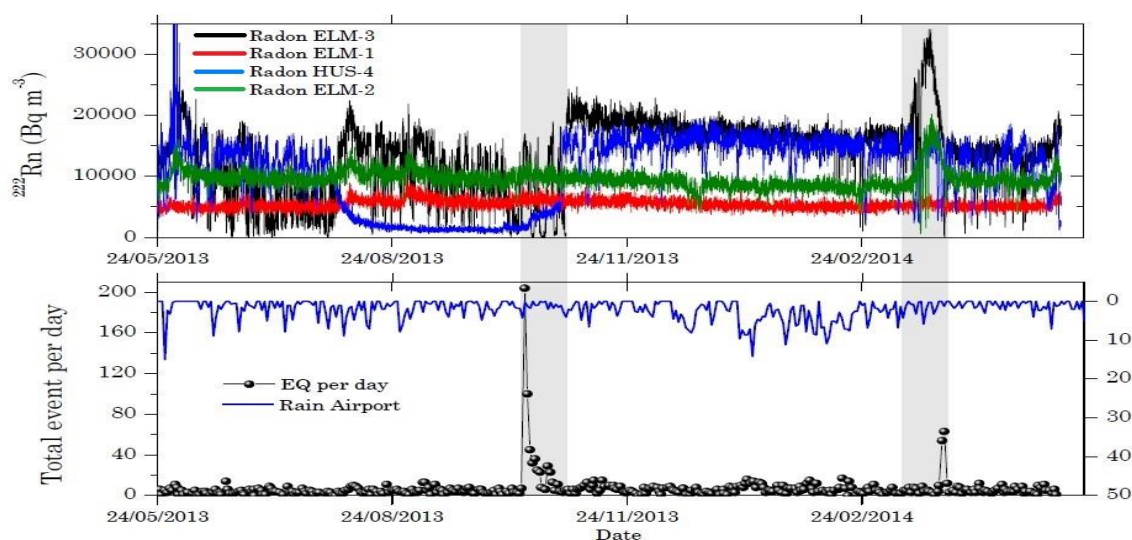
Зураг 1. Улаанбаатар хот орчмын идэвхтэй хагарлууд болон радон хийг бүртгэх детекторуудын байрлал. Улаан зураасаар Эмээлт болон Хустайн хагарлыг, ногооноор радон хийг бүртгэх детекторуудыг тэмдэглэв.

Эдгээр детекторуудыг суурилуулсан цагаас хойш мэдээллээ тасралтгүй авч чадсан бөгөөд радоны идэвх болон газар хөдлөлтийн идэвхжил зэрэг тохиолдсон Эмээлтийн детекторуудын 2013-2016 оны мэдээллийг авч харьцуулалт хийсэн. Газар хөдлөлтийн мэдээллийг ҮМТ-өөс авсан ба Улаанбаатар хот орчимд байгуулсан өргөн зурвасын 17 станц, богино зурвасын 9-н газар хөдлөлтийг бүртгэх станцын мэдээллийг ашиглаж

боловсруулалт хийсэн. Мөн тухайн хугацаанд харгалзах хур тунадасны мэдээллийг УЦУОШГ-аас авч харьцуулалт хийсэн.

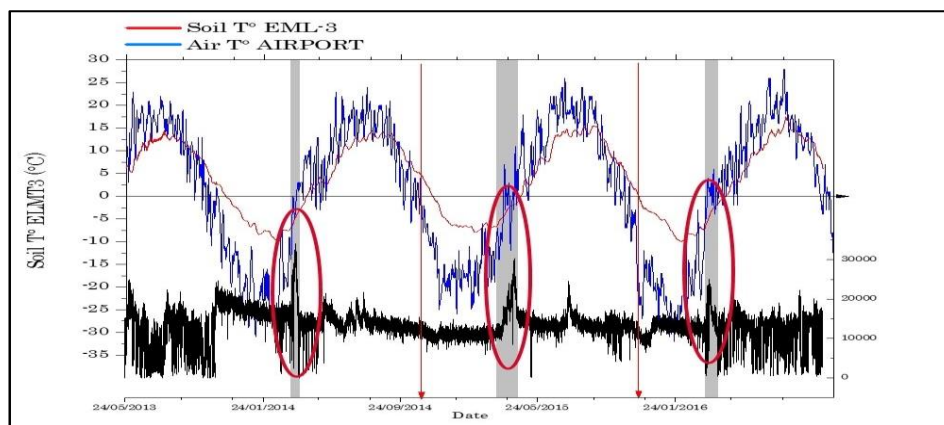
Үр дүн

Хөрсний цацраг идэвхт радон хийг тасралтгүй бүртгэж чадсаны үр дүнд хэд хэдэн сонирхолтой зүйлс ажиглагдсан. 2013-2014 оны Эмээлт дэх радоны детекторуудын мэдээлэл болон Эмээлт дэх газар хөдлөлтийг харьцуулж үзэхэд радон хий 2013 оны 8 сард, 2013 оны 11 сард, 2014 оны 3 сард өссөн байгаа харагдаж байна. (Зураг 2). 2013 оны 10 сард Эмээлтийн бүс нутагт газар хөдлөлтийн идэвхжил ихсэж 1 өдөрт 200 орчим газар хөдлөлт бүртгэгдсэний дараа радоны идэвх огцом өссөн. Уг газар хөдлөлтүүд нь хүчний хувьд сул 0.1-1.2 магнитудтай бөгөөд Эмээлт өртөөнөөс баруун хойш 17 км-т болсон. Тус бүс нь 2005 оноос хойш идэвхжээд байгаа бөгөөд жилд дунджаар 500 гаруй газар хөдлөлт болдог. Уг газар хөдлөлтүүд нь Эмээлт 3 детектортой хамгийн ойр ба тус орчинд цацрагийн түвшин бусдаасаа илүү өндөр байна (Зураг 2).



Зураг 2. Эмээлтийн радоны детекторуудын 2013-2014 оны мэдээлэл, газар хөдлөлт болон хур тунадас. Дээд графикт радоны станцуудын мэдээлэл, доод графикт хар цэгээр газар хөдлөлтийн тоог, цэнхэр зураасаар хур тунадасны хэмжээг мм-ээр харуулав.

“Эмээлт 3” детекторын орчны радоны түвшин 10Бк м-3 байгаа бол радон өсөх үедээ 3 дахин их буюу 30Бк м-3 хүрч байна. Өвлийн цагт агаарын хэм -300С байх үед 2м-ийн гүн дэх хөрсний хэм -100С орчим байна. Хөрсний хэм нэмэгдэж -60С орчимд хүрэх үед эдгээр радоны өсөлтүүд тохиож байгаа нь ажиглагдсан. Жил бүрийн 3-4 сар орчимд радоны идэвх огцом өсөж байгаа нь ажиглагдаж байна (Зураг 3).



Зураг 3. Эмээлт 3 станц болон хөрсний температур: Цэнхэр зураасаар агаарын хэм, улаан зураасаар хөрсний хэм, хар зураасаар Эмээлт 3 детекторын мэдээллийг ($\text{Бк}/\text{м}^3$) харуулав.

Дүгнэлт

Эмээлт 3 детекторын радоны идэвхи бусад детекторуудаасаа харьцангуй өндөр байгаа нь газар хөдлөлтийн идэвхижилтэй холбоотой байж болох юм. Уг газар хөдлөлтийн идэвхижил Эмээлт 3 детектортой хамгийн ойр байна. Хөрсний хэм -10^0C -ээс нэмэгдэж -6^0C хүрэх үед радоны идэвхи огцом өсөж байгаа нь ажиглагдсан. Энэ нь хуванцар хоолой дахь агаарын урсгалын өөрчлөлттэй холбоотой байж болно.

Ном зүй

- Schlupp a et al., 2012. "Investigation of active fault near Ulaanbaatar." 265.
 Edwards, Gordan. 1992. "Known facts and hidden dangers."
 Hough. 2010. "International commission on earthquake on earthquake forecasting for civil protection." 93.
 Imme & Morelli . 2012. Radon as earthquake precursor 158.
 Imme & Morelli. 2011. "fir a fuller account of radon as an earthquake precursor see ." 333.
 Lindh Lockner & Lee. 1978. "Velocity anomalies an alternative explantion." 721.
 M, Ohnaka. 2013. "The physics of Rock Failure and earthquakes." 148.
 Robert.D, Cicerone. 2009. "A systematic compolation of earthquake precursor." 371.

MAG-MTT СОРОНЗОН ОРГИЛ ДАХЬ ЛЕМИ-418
МАГНИТОТЕЛЛУРИКИЙН СТАНЦЫН МЭДЭЭЛЭЛ БОЛОВСРУУЛАЛТ
(Хугацааны цуваанаас импеданс тензорыг тодорхойлох)

Э.Батмагнай¹, Ү.Сүхбаатар¹, С.Ганцогт¹, Т.Батбилэг²

¹ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэн

²МУИС, ШУС, БУС, Геологи-Геофизикийн тэнхим

***Хураангуй.** Дэлхийн гадаргуу дээр бүртгэгдэх соронзон ба цахилгаан орны хамаарлаар дэлхийн гүний үе давхаргын эсэргүүцэл, цахилгаан дамжуулах чадварыг тодорхойлох боломжтой (Tikhonov A.N, 1950). Цахилгаан соронзон орноор гүний тогтцыг судлах аргыг магнито-теллурик (МТ) гэнэ. МТ-ийн станцыг бид 2016 -оноос MAG-MTT соронзон оргилд суурилуулан стационар төлөвөөр ажиллуулж байна. Энэ ажилд МТ-ын үндсэн онолд тулгуурлан цахилгаан соронзон орны хамаарлыг илтгэх холбогч функцийг MAG-MTT соронзон оргил дахь Лемми-418 станцын өгөгдөл ашиглан тодорхойлсон. MAG-MTT соронзон оргил орчмын хөрсний эсэргүүцэл харьцангуй өндөр хэдэн мянган Ом метр байна.*

***Түлхүүр үгс:** Магнито-теллурик, Лемми-418, Холбогч функц, Цахилгаан соронзон тандалт, Робаст боловсруулалт, Tinner, Матлаб*

Удиртгал

Дэлхийг цахилгаан соронзон орны аргаар судлах геофизикийн аргууд дундаас цахилгаан соронзон тандалт (ЦСТ)-ын арга нь сүүлийн жилүүдэд дэлхийн гүний бүтцийн судалгаанд чухал үүрэг гүйцэтгэж байна. ЦСТ арга нь бусад геофизикийн аргуудтай харьцуулахад хэмжилт хийхэд хялбар, хөрөнгө бага зарцуулах ба цахилгаан соронзон долгионы уртаас хамааран хэдэн 10м-ээс 1000 км хүртэлх гүний мэдээллийг гарган авах боломжтой. Мөн цахилгаан эсэргүүцэл нь температурын утгаас хамааран огцом өөрчлөгдөх тул ЦСТ аргаар геотермаль, дулааны урсгал, болон геологийн тогтцын бүхий л судалгаанд ашиглах боломжтой зэрэг нь ЦСТ-ын давуу тал юм. Гэхдээ цахилгаан соронзон орныг бүртгэгч багаж нь өндөр мэдрэх чадвартай бөгөөд цахилгаан соронзон орныг үүсгэж буй бүхий л орныг бүртгэх тул үүсгүүрүүдийг ялгах ба саад дохионы төвшнийг бууруулах зэрэг нь тооцооллын асуудлыг хүндрүүлэн төвөгтэй байдалд хүргэдэг.

Цахилгаан соронзон тандалт нь дэлхийн соронзон орон ба түүгээр өдөөгдөн үүсэх гүйдлийн цахилгаан орныг газрын гадаргуу дээр бүртгэн, Максвеллийн тэгшитгэлүүдэд захирагдан дэлхийн гүний үе давхаргуудыг тодорхойлох арга юм. ЦСТ-ын онолын үндсийг Рикитакэ, Тихонов ба Каньяр нар тавьсан (Tikhonov A.N, 1950. Rikitake Ts. 1948 Cagniard L. 1953). Тэд цахилгаан соронзон долгионы онол дээр тулгуурлан соронзон ба цахилгаан орны хэвтээ байгуулагчдын хамаарлыг дэлхийн хувьд тооцоолон, дэлхийн гүний нэг хэмжээст цахилгаан дамжуулах чадварын загвар гаргасан. Үүнийг Тихонов-Каньярийн загвар гэнэ (Tikhonov A.N, 1950. Cagniard L. 1953).

Манай орны хувьд ЦСТ-ын судалгаа 90-ээд оны үед Монгол-Оросын хамтарсан геофизикийн экспедицийн хүрээнд эхэлсэн боловч багаж төхөөрөмжийн хомсдол, арга зүйн хүндрэл, эдийн засгийн учир шалтгаанаар хэдийгээр суурь судалгаа ба хэрэглээний геофизикийн ажилд онцгой ач холбогдолтой байсан боловч өргөжин хөгжиж чадаагүй юм. Хэдийгээр хэмжилт Монгол нутгийн баруун хэсэгт өргөн уудам нутгийг хамарсан боловч цөөхөн цэг дээр ажиглалт хийсэн, тунамал хурдасны тархалт алаг цоог, саад

дохио их зэрэг нь соронзон ба цахилгаан орны шугаман хамаарлыг сулруулж тодорхой хүндрэлүүд үүсгэж байсан ч анх удаа бүс нутгийн нэгэн төрлийн бус тархалтыг илрүүлсэн индукцийн векторуудыг байгуулж хоёр хэмжээст загварыг гаргасан. Цахилгаан дамжуулах давхаргын илэрц, индукцийн векторын байрлал нь газар хөдлөлтийн идэвхжилтэй холбоотой болохыг илрүүлж цаваг мандлын цахилгаан дамжуулах давхаргатай адилтган үзсэн астеносферын цахилгаан дамжуулал нь 200-1700 см хүрч хувиран, зузаан нь 55-100 км гэж үнэлсэн байдаг (Попов А.М нар 1995). Тэр үеэс хойш ЦСТ-ын аргын бүртгэх багаж төхөөрөмж нь шинэчлэгдэн нарийсаж тоон технологи нэвтэрсэн ба мэдээлэл боловсруулах арга зүй нь орчин үеийн математикийн ололтод тулгуурлан хөгжиж гүний судалгааны ба эрэл хайгуулын шилдэг аргуудын нэг болсон геофизикийн энэ аргыг нутагшуулах, судлах, баяжуулах ба практикт өргөн нэвтрүүлэх нь онцгой ач холбогдолтой билээ.

ЦСТ-ын судалгааг ерөнхийдөө 3 хэсэгт ангилж болно. Үүнд: 1. Соронзон орноор тандах, энэ нь соронзон орны ортогонал гурван байгуулагчдыг (H_x, H_y, H_z) бүртгэснээр, соронзон орны хэвтээ болон босоо байгуулагчдын харилцан хамааралд тулгуурлан дэлхийн гүнд индукцлэгдэх гүйдлийн чиглэлийг тодорхойлдог арга юм. 2. Газрын гүйдлийн цахилгаан орон ба соронзон орноор тандах арга. 3. Цахилгаан орноор тандах, талбайн хэмжилтийн хувьд цахилгаан орны хэвтээ байгуулагчдыг тулгуур цэг дэх цахилгаан оронтой харьцуулан судлах арга юм.

Эдгээр аргууд дахь орнууд ба байгуулагчдын хоорондох хамаарлыг шугаман системтэй төстэй байдлаар авч үзвэл: 1. Соронзон орны хэвтээ байгуулагчид нь оролт, босоо байгуулагч нь гаралт, 2. Соронзон орны хэвтээ байгуулагчид нь оролт, цахилгаан орны хэвтээ байгуулагч нь гаралт, 3. Тулгуур цэг дэх цахилгаан эсвэл соронзон орон нь оролт, цахилгаан орон нь гаралт байна. Эдгээр шугаман системүүдийн утга нь цаашид орнуудын хамаарлыг илтгэх ба бусад физик параметруудийг (эсэргүүцэл, фаз, цахилгаан дамжуулах чадвар) үнэлэхэд ашиглагдана. Дээрх системүүдийг ЦСТ-д холбогч функц (Transfer function, ХФ) гэнэ. Бид эдгээр аргуудаас энэ ажилд хоёр дахь аргыг авч үзэн МТТ-МАГ соронзон оргил дахь Леми-418 станцын өгөгдөлд боловсруулалт хийх болно.

Энэ ажил нь ЦСТ-ын мэдээлэл боловсруулалтын хүрээнд онолын арга зүйг эзэмших, хугацааны цуваанаас импедансын тензорыг тодорхойлох боловсруулалтын програм хангамж бий болгох зорилготой юм.

Энэ ажлын хоёрдугаар хэсэгт ЦСТ-ын онолын үндэс [Хугацааны цувааны боловсруулалт, давтамжийн муж дахь боловсруулалт, импедансын тензор бодох (Egbert G.D, 1986,1997)], гуравдугаар хэсэгт Леми-418 станцын тухай, дөрөвдүгээр хэсэгт мэдээлэл боловсруулалтад ашигласан кодын тухай, тавдугаар хэсэгт судалгааны ажлын үр дүнг үзүүлэх ба хамгийн бага квадратын арга, Робаст боловсруулалтын онолын үндсийг хавсарган оруулсан.

Импедансын тензор ба типпер.

ЦСТ-ын арга нь цахилгаан соронзон долгионы давтамжийн муж дахь боловсруулалтын арга юм. Дэлхийн гүнээр тархах газрын гүйдэл (теллурик) нь байгальд болдог физик процессоос хамааран үүсдэг. Эдгээр процесс нь нарны салхи ба дэлхийн соронзон орны харилцан үйлчлэлийн улмаар үүсэх соронзон мандал болон цэнэгт

мандал дахь цахилгаан гүйдлийн системийн цаг хугацаа, орон зайн өөрчлөлт ба дэлхийн агаар мандалд болох цахилгаан ниргэлгэ (аянга) гэж үздэг.

Цахилгаан соронзон орноор тандах судалгаанд холбогч функцүүд нь давтамжийн ω комплекс утга бүхий функцээс хамаарах ба мөн хэмжилт хийсэн цэгийн байрлалаас хамаарна. Суурин станцын хувьд хоёр төрлийн холбогч функцийг тодорхойлж чадна. Үүнд: импедансын тензор Z ба типперүүд (T_x, T_y) байна.

$$Z = \begin{pmatrix} Z_{xx} & Z_{xy} \\ Z_{yx} & Z_{yy} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Импеданс нь хэвтээ соронзон орон $\vec{B}_h = (B_x B_y)^T$ - ба цахилгаан орны $\vec{E}_h = (E_x E_y)^T$ - хамаарал юм. Тиймээс

$$E = Z B_h \quad (2)$$

байх ба тус бүрд нь ялган бичвэл:

$$E_x = Z_{xx} B_x + Z_{xy} B_y \quad (3)$$

$$E_y = Z_{yx} B_x + Z_{yy} B_y \quad (4)$$

Импедансууд нь ихэвчлэн боломжит эсэргүүцэл болон фазын мурийг $T = 2\pi/\omega$ үе дээр дүрсэлдэг тул фаз ба эсэргүүцэл нь:

$$\rho_a = \frac{\mu_0}{2\pi} |Z|^2 T \quad (5)$$

$$\phi = \arctan \frac{\text{Im}(Z)}{\text{Re}(Z)} \quad (6)$$

Цахилгаан соронзон тандалтын судалгаанд, цахилгаан орныг мВ/км ба соронзон орныг нТл –ээр хэмжих бөгөөд импедансыг км/с нэгжээр хэмжих буюу Ω гэсэн тэмдэглэгээгээр тэмдэглэнэ. Энд соронзон орныг (В)-ээр тэмдэглэсэн тул соронзон орны индукцийн вектор нь $H = \mu_0 B$ байх ба μ – нь материалаас хамаарсан тогтмол $\mu_0 = 4\pi * 10^{-7}$ Вс/Ам. Мөн ω , T ба ρ_a –н нэгжүүд нь Гц, с, ба Омт–ээр илэрхийлэгдэнэ.

Типпер нь хэвтээ ба босоо соронзон орны хамаарлын функц тул

$$B_z = T_x B_x + T_y B_y \quad (7)$$

Типперийн элементүүдээр индукцийн чиглэлийг тодорхойлно.

$$\text{arrow} = \begin{pmatrix} T_x \\ T_y \end{pmatrix} \quad (8)$$

Леми-418 магнито-теллурикийн станц

Леми– 418 станц нь Украин улсад үйлдвэрлэсэн дэлхийн соронзон орон ба цахилгаан орныг бүртгэх зориулалттай багаж юм. Энэ багаж нь ферросоронзон 3, индукцийн 3 ба цахилгаан орны 2 нийт 8 мэдрэгчтэй (Зураг 1).

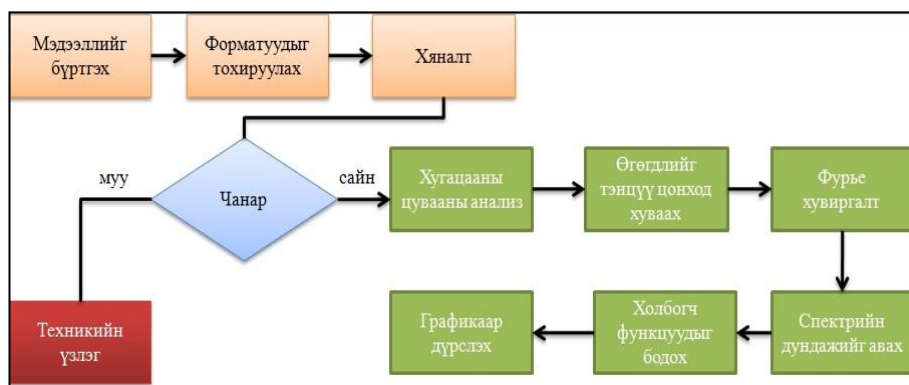


Зураг 1. Леми-418

Ферросоронзон хэмжигч Леми– 20 –нь секундэд нэг мэдээлэл авах чадвартай бол индукцийн соронзон хэмжигч Леми– 120 нь секундэд 1-640 мэдээлэл авах чадвартай. Бид секундэд 40 мэдээлэл авах төлөвтэйгөөр соронзон хэмжигчийг суурилуулан ажиллуулж байна. Леми– 418 станцыг Таван толгойт дахь соронзон оргил дээр байнгын ажиллагаатайгаар суурилуулсан. Таван толгойт дахь соронзон оргилын (MAG-MTT) байршил нь Улаанбаатар хотоос баруун тийш ойролцоогоор 50 км зайд оршино.

Боловсруулалтын код

Леми-418 станцын өгөгдөл нь тоон (*Ascii*) форматаар бичигддэг ба урт үет MT станцын нэг өдөрт бичигдэх өгөгдлийн хэмжээ нь 10.2Mb ба богино үет буюу өргөн сувгийн станцын өгөгдөл нь 40 Герцийн горим дээр 401Mb байдаг. Эдгээр өгөгдлийг ашиглан хугацааны цуваанаас импедансын тензор тодорхойлох динамик загварчлал бүхий кодыг дараах алгоритмын дагуу Э.Батмагнай (2016) Матлаб програмчлалын хэл дээр бичсэн (Зураг 2).

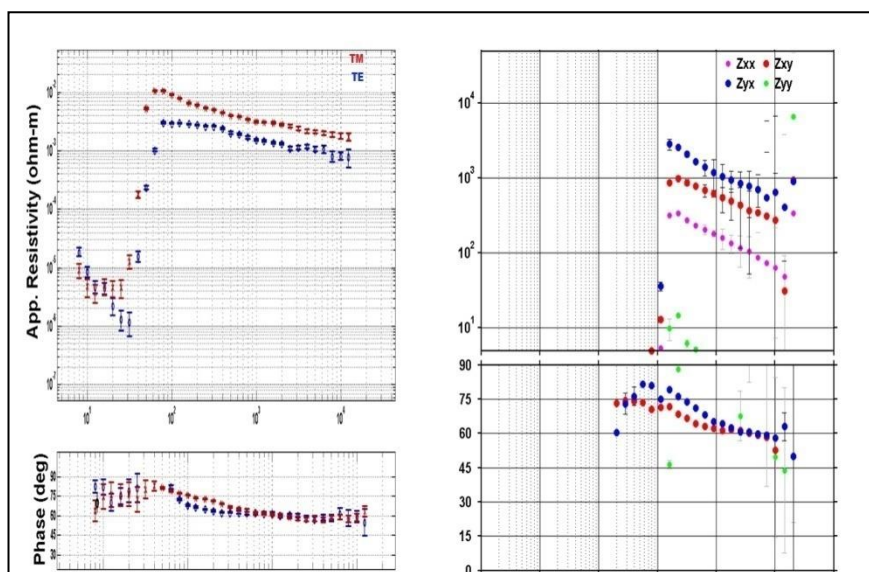


Зураг 2: Холбогч функцийг тодорхойлох алгоритм (Э.Батмагнай. 2016)

Энэ алгоритм нь ерөнхийдөө MT-ийн дохио боловсруулалтын робаст алгоритмын дагуу зохиогдсон (Egbert G.D. 1986, 1997). Хугацааны цуваа анализ хэсэгт: үсрэлтүүд, шугаман ба шугаман бус трендийг арилгах; өгөгдлийг тэнцүү цонхонд хуваах хэсэгт: сонирхож буй сигналын үетэй харгалзуулан тоон цувааг хэд хэдэн цонхонд хуваах; спектрийн дундаж авах хэсэгт: фурье хувиргалтын дараагаар давтамжийн мужид зонхилж буй давтамжийг Парзений цонх ашиглан тодорхой шалгуурыг хангаж байхаар

сонгон авах ба холбогч функцүүд бодох хэсэгт: робастын боловсруулалтын аргын дагуу тодорхойлсон.

Дээрх алгоритмын дагуу бичсэн кодын ажиллагааг шалгахын тулд Германы Мунстерийн Их Сургуулийн профессор М.Бекений бичсэн EMTimeSeries програмын үр дүнтэй харьцуулсан. Үүнийг 2016 онд Хангайн нуруунд хийсэн урт үет МТ-ийн станцын хэмжилтийн өгөгдөлтэй харьцуулсан (Зураг 3). Эдгээр програмуудын үр дүнгээс харахад импедансуудын ерөнхий хэлбэр ба үеийн утга адилхан байгаа боловч далайцын утга өөр байна. Энэ нь бидний бичсэн код нь Леми-418 станцын мэдрэгчүүдийн хариу үйлдлийн давтамжуудын утгыг ашиглан засвар хийсэнтэй холбоотой өгч буй зөрүү юм. Гэсэн хэдий ч үе болон фазын тензорын утга ижил байгаа нь бидний зохиосон кодын ажиллагаа хэвийн болохыг илтгэж байна.



Зураг 3. Боловсруулалтын код ба EMTimeSeries програмуудын үр дүнг харьцуулсан байдал, зүүн гар талын зураг нь бидний бичсэн Electromagnetic_App програмын тооцолсон үр дүн ба баруун гар талын зураг нь EMTimeSeries програмын үр дүн.

Үр дүн

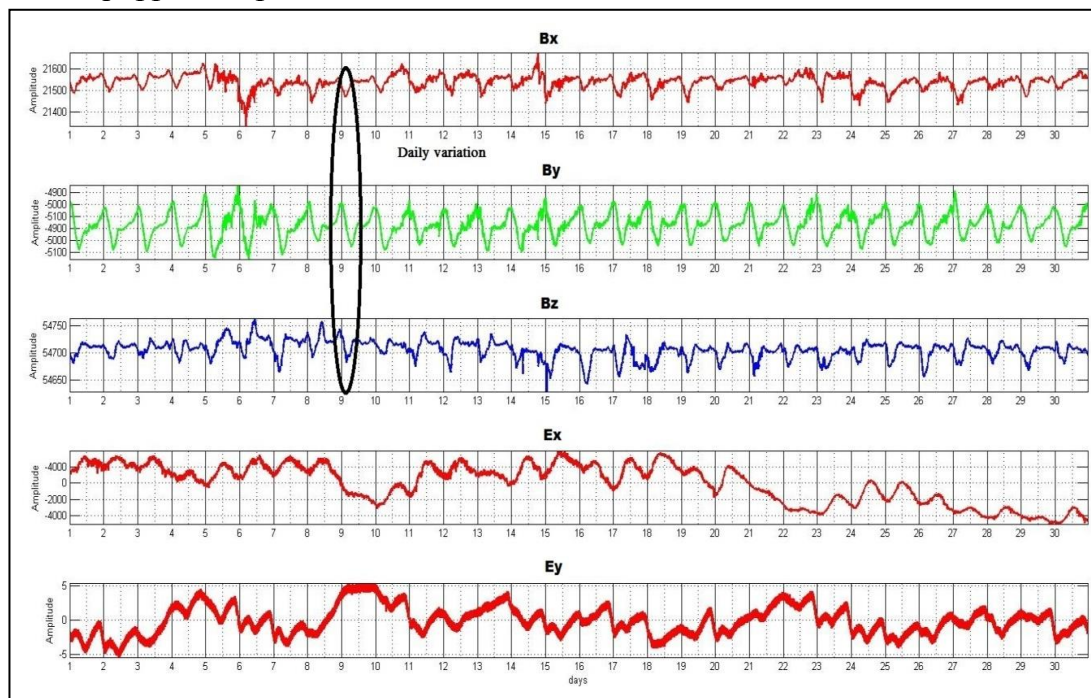
MAG-MTT соронзон оргил дахь Леми-418 станц нь нам ба өндөр давтамжийн сигналуудыг бүртгэх чадвартай юм.

Энэ ажилд нам давтамжийн $f_s = 1$ Гц МТ станцын 2016 оны 06 сарын 01-нээс 30-н хүртэлх нэг сарын өгөгдлийг сонгон ашигласан (Зураг 4).

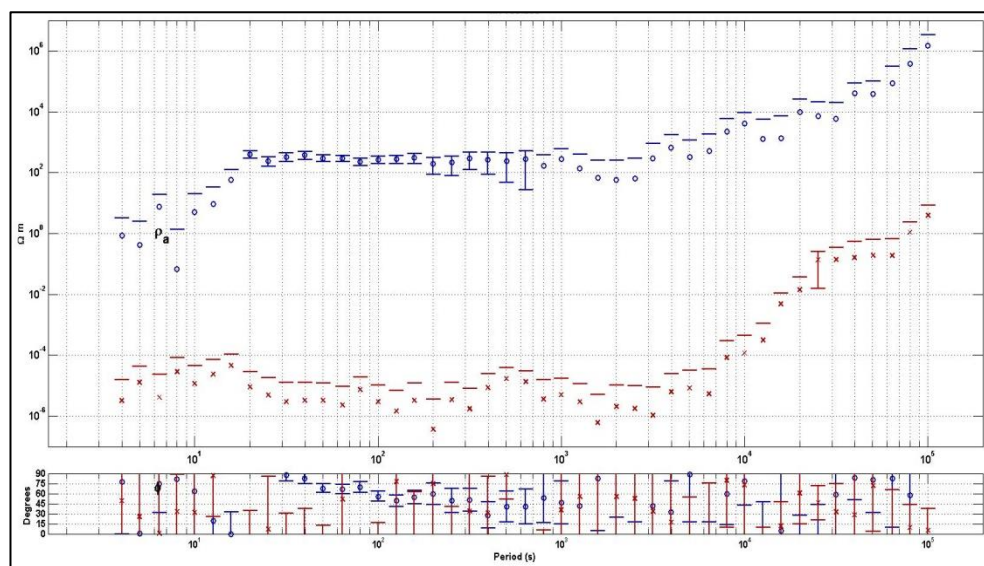
Өгөгдлийн уртаас хамааран бид $4 \cdot 10^5$ с үеийн завсарт орших 45 давтамжийг сонгон авч тооцоо хийсэн. Холбогч функцийн утгаар цаашид нэг хэмжээст инверс хийхийг зорьж буй тул импедансын тензорын диагоналийн хажуугийн Z_{xy}, Z_{yx} элементүүдийг сонгон авч боломжит эсэргүүцэл ба фазын өөрчлөлтийн муруйг тодорхойлсон (Зураг 5). Урт үет станцын өгөгдлийн хэмжээ урт байх нь бид илүү гүний мэдээллийг гарган авах боломжтой. Жишээлбэл: боломжит эсэргүүцэл дунджаар 1000 Ом.м үед бидний тодорхойлсон үет дохионы утгаар 31-3000 км гүнийг судлах боломжтой. Бидний гарган авсан үр дүнгийн хувьд Z_{xy}, Z_{yx} импедансуудын далайцын зөрүү маш их байгаа бөгөөд түүний улмаас үүсэх фазын огцом өөрчлөлт (үсрэлт) ажиглагдаж байна.

Энэ нь Лем-418 станцын цахилгаан орныг бүртгэгч электродын (мэдэгчийн) хариу үйлдэлтэй холбоотой гэж үзэж байгаа юм.

Хугацааны цуваанаас импеданс тензорыг үнэлэх энэ ажлын үр дүнд МТТ-МАГ соронзон оргил дахь Лем-418 станцын $fs = 1\text{Гц}$ өгөгдөл ашиглан тухайн орчны төлөөлөх эсэргүүцлийг үнэлсэн.



Зураг 4. 2016.06.01-30 өдөр хүртэлх Лем-418 станцын тоон цуваа ($fs = 1\text{Гц}$)



Зураг 5. Лем-418 станцын өгөгдөл ашиглан үнэлсэн импедансын тензор цэнхэр өнгөөр Z_{xy} ба улаан өнгөөр Z_{yx} элементүүдийг тэмдэглэсэн

Мэдээлэл боловсруулалтын үр дүнд Тавантолгойн соронзон оргил орчимд төлөөлөх эсэргүүцэл нь харьцангуй өндөр 10-2-106 Ом бөгөөд цахилгаан ба соронзон орны хавтгай долгионы туйлшралтай холбогдох муруй буюу импедансын тензорын диагоналийн хажуугийн элементүүдийн хэлбэр нь жигд бус үсрэлт ихтэй байна. Энэ нь газрын

гадаргууд хуримтлагдах цахилгаан цэнэгийн жигд бус тархалт ба дэлхийн гүнээр гүйх региональ индукцийн гүйдлийн нөлөөтэй холбоотой байна.

Дүгнэлт

Улаанбаатар хотоос 50 км орчим зайд байрлах МТТ-МАГ соронзон оргилд Леми-418 станц суурилуулсан нь манай орны хувьд цахилгаан соронзон тандалтын аргаар дэлхийн гүний судалгаа хийх боломж олгож байгаа юм. Тиймээс цахилгаан соронзон тандалтын онолын арга зүйг нутагшуулах, мэдээлэл боловсруулалтын програм хангамж бий болгох зорилготой хийгдэж буй ажлын хүрээнд Леми-418 станцын өгөгдөл ашиглан, сигнал боловсруулалт хийх матлаб кодыг робастын алгоритмын (G.Egbert, 1986) дагуу бичиж, холбогч функцийг тодорхойлсон.

Мэдээлэл боловсруулалтын үр дүнгээс харахад орчны боломжит эсэргүүцэл нь гүний тогтцоос хамааран 10^{-2} - 10^6 Ом байна. Гэсэн хэдий ч импедансын тензорын мурийн хэлбэр нь огцом үсрэлттэй ба E_x ба E_y чиглэлийн дагуу суурилуулсан электродууд дээр унах потенциалын ялгаврын далайц нь харьцангуй их ба бага байна. Цаашид МТТ-МАГ соронзон оргилд суурилуулсан МТ станцын үйл ажиллагааг зүгшрүүлж, цахилгаан орны бүртгэгч электродуудын ажиллагаа ба дээр дурдсан далайцын эрс өөрчлөлтийг шалгах шаардлагатай юм. Гэсэн хэдий ч энэ ажлын үр дүнд МТ станцын анхан шатны мэдээлэлд сонголт хийн, өгөгдлийн чанарыг шалгах, физик параметруудийг үнэлэх боломжтой болсон бөгөөд боловсруулалтын кодын ажиллагаа нь бусад програмуудтай харьцуулахад ижил үр дүн өгч буй нь цаашид судалгаанд ашиглах бүрэн боломжтой гэж дүгнэж байна.

Ном зүй

- Cagniard, L. (1953). Basic theory of the magnetotelluric method of geophysical prospecting. *Geophys.* 18: 605-645.
- Egbert, G.D. and Booker, J.R. (1986) Robust estimation of geomagnetic transfer function. *Geophys. J. R. Astr. Soc.* 87:173-194.
- Egbert, G.D. (1997) Robust multiple-station magnetotelluric data processing. *Geophys. J. Int.* 130: 475-496.
- Friedrichs, B. (1972) The inversion problem of geomagnetic induction. *Geophys* 38: 257-289.
- Manoj, C. (2003) Magnetotelluric Data Analysis Using Advances In Signal Processing Techniques. National Geophysical Research Institute, Hyderabad.
- Rikitake, Ts. (1948) Notes on the Electromagnetic Induction within the Earth
- Simpson F. and Bahr K. (2005) Practical Magnetotellurics. Cambridge University Press
- Tikhonov, A.N. (1950) The determining electrical characteristics of the deep layers of the earth's crust. *Dokl. Acad. Nauk. SSR* 73:295-297.
- Э.Батмагнай, Ү.Сүхбаатар. (2016) Цахилгаан соронзон тандалтын сигнал боловсруулалтын арга. Хүрэл тогоот эрдэм шинжилгээний бага хурлын эмхэтгэл
- А.М Попов, А.Б Бадиев, А.Амар, А.Гүнчин-Иш. Магнитотеллурические исследования в Монголии- Глубинное строение и геодинамика Монголо-Сибирского региона. Новосибирск: Наука. 1995

Хавсралт

Робастын регрессийн шинжилгээ

Импедансийн матрицыг тус бүр хоёр оролтын процесс ба нэг гаралтын процесстай 2 шугаман системтэй адилтгаж үзэж болно. Тиймээс шугаман регрессийн тэгшитгэлд хоёр оролтын процессыг орлуулбал:

$$[\delta z^2] = [(z - ax - by)^2] = \min \quad (X.1)$$

Тиймээс системийн уламжлалын квадрат зэрэг нь хамгийн бага гэж үзвэл:

$$\begin{aligned} [\delta z \cdot x] &= 0 & [\delta z \cdot y] &= 0 \\ [zx] &= a[x^2] + b[yx] & [zy] &= a[xy] + b[y^2] \end{aligned} \quad (X.2)$$

Хоёр үл мэдэгч (a,b)-ийг дараах тэгшитгэлүүдээр тодорхойлж болно.

$$a = \frac{[zx][y^2] - [zy][yx]}{DET}; \quad b = \frac{[zy][x^2] - [zx][xy]}{DET} \quad (X.3)$$

Энд

$$DET = [x^2][y^2] - [xy]^2 \quad (X.4)$$

Хоёр оролтын процесс хоорондох когерент нь робастын регрессийн шинжилгээний хувьд:

$$\psi^2 = \frac{[z'^2]}{[z^2]} = \frac{a[zx] + b[zy]}{[z^2]} \quad \text{ба} \quad \varepsilon^2 = 1 - \psi^2 \quad (X.5)$$

иймээс Δa ба Δb интервалд регрессийн параметруудийг үнэлэх болно. Тэгшитгэл X.1-д Δa ба Δb интервалыг оруулан бичвэл:

$$[\delta z^{*2}] = [(\delta z - \Delta a x - \Delta b y)^2] = [\delta z^2] + (\Delta a)^2 [x^2] + 2\Delta a \Delta b [xy] + (\Delta b)^2 [y^2] \quad (X.6)$$

X.6 хэлбэрийн тэгшитгэлийн шийдийг Шмухер (1978) тодорхойлж байсан, эхний алхам нь $-\Delta a [xy]/[xx]$ -ийг Δb -ийн оронд орлуулж Δa -г үнэлэх ба хоёрдугаар алхам нь $-\Delta a [xy]/[xx]$ орлуулж Δb -г үнэлсэн. Дараагаар түгэлтийн дөрвөн хувьсагчдыг тодорхойлох хэрэгтэй, гэхдээ бид a ба b параметруудийг үнэлж байгаа тул $[\delta z^2]/\sigma^2$ нь $(v-2)$ чөлөөний зэрэгтэй байна. Магадлалын түгэлт нь энд хоёр чөлөөний зэрэгтэй Фишерийн F-түгэлт байна.

$$F_{2,v-2} = \frac{(\Delta a)^2 \cdot DET \cdot (v-2)}{[y^2] \cdot 2 \cdot \varepsilon^2 [z^2]} < g_{F_{2,v-2}}(\beta) \quad (X.7)$$

Магадлал β -нь $g_{F_{2,v-2}}(\beta)$ -ээс бага бол:

$$(\Delta a)^2 \leq \frac{g_{F_{2,v-2}}(\beta) \cdot 2 \cdot \varepsilon^2 [z^2] [y^2]}{(v-2) \cdot DET}; \quad (\Delta b)^2 \leq \frac{g_{F_{2,v-2}}(\beta) \cdot 2 \cdot \varepsilon^2 [z^2] [x^2]}{(v-2) \cdot DET}; \quad (X.8)$$

Санамж: МТ-ийн практикт, шугаман регрессийн бодит a, b параметруудийг комплекс холбогч функцийн параметруудээр орлуулдаг. Тиймээс чөлөөний 4 зэргийг үнэлэх шаардлагатай. Комплекс холбогч функцийн итгэх интервал нь тэгшитгэл X.8-ийн хувьд $g_{F_{4,v-4}}$ ба $4/v - 4$ орлуулга хийн шийдийг хайна.

Боломжит эсэргүүцэл ба импедансын фаз нь импедансын итгэх интервалд ΔZ_{ij} -д тодорхойлогдоно.

$$\Delta \rho_{a,ij} = 2(\mu_0/\omega) |Z_{ij}| \Delta Z_{ij} \quad (X.9)$$

$$\Delta \phi_{ij} = [\Delta Z_{ij} / \{Re Z_{ij}\}] [1 + (\{Im Z_{ij}\} / \{Re Z_{ij}\})^2]^{-1/2} \quad (X.10)$$

ХҮНДИЙН ХҮЧНИЙ СУДАЛГААНЫ МЭДЭЭЛЛИЙН НЭГДСЭН САН (Монгол орны хэмжээнд)

Б.Өнөрбаяр¹, Д.Дагвадорж², Б.Төвд¹, Б.Энхбаатар¹,
Б.Оюун-Эрдэнэ¹, О.Цолмон¹

¹ “Татах Хүч” ХХК, Улаанбаатар хот, Монгол улс

² “Геосан” ХХК, Улаанбаатар хот, Монгол улс

И-мэйл: info@gravity.mn

Хураангуй. Хүндийн хүчний орны судалгааны мэдээллийн нэгдсэн сан бүрдүүлж, 1:200000-ны масштабын Буге-гийн гажлын зураг зохиох, ГТГ-БУГЕ-2015” төслийн хүрээнд Монгол улсын нутаг дэвсгэрийн хэмжээнд 1948 оноос өнөөдрийг хүртэл хийгдсэн гравиметрийн судалгааны мэдээллүүдийг нэгтгэж бүрдүүлсэн мэдээллийн сангийн тухай өгүүлэх болно.

Түлхүүр үг: Мэдээллийн нэгдсэн сан, хүндийн хүчний судалгаа, Буге-гийн гажил.

Монгол орны нутаг дэвсгэрийн хүндийн хүчний орны судалгаанд хамрагдсан байдал

Монгол орны нийт нутаг дэвсгэрийн хэмжээнд геофизикийн хүндийн хүчний орны 1:500000-1:1000000-ны масштабын зураглал 100 хувь, 1:200000-ны болон түүнээс том масштабын зураглал 40 гаруй хувь тус тус хийгдээд байна. 1948-2015 оны хооронд хүндийн хүчний орны судалгааны ажлын 229 тайлан бүртгэгдсэнээс нийт 132 тайлангийн анхдагч мэдээллүүдийн 218,211 мянган физик цэгийн мэдээлэл олдсон бөгөөд 92 тайлангийн мэдээлэл олдоогүй устаж үгүй болсон байна. Энэ ажлууд газрын тос, нүүрс болон бусад ашигт малтмалын чиглэлээр янз бүрийн түвшинд өөр өөр зорилготойгоор хийгджээ. Нутаг дэвсгэрийн хэмжээнд судалгааны ажлуудын эзлэх хувийг график 1-ээр, судалгааны цэгүүдийн тархалтыг зураг1-т тус тус харуулав.

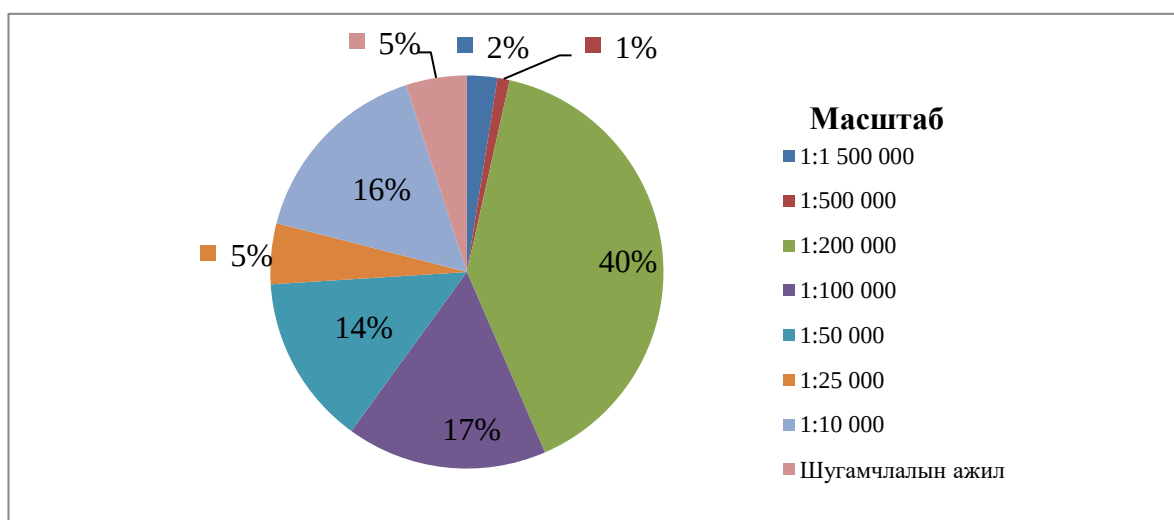
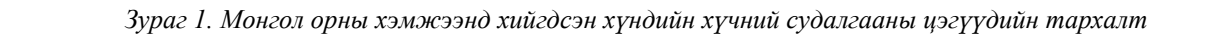


График 1. Хүндийн хүчний судалгааны ажлуудын эзлэх хувь (масштабаар)



Хүндийн хүчний судалгааны цугларсан бүх мэдээллийг талбай түс бүрээр нь ангилж

Хүндийн хүчний хэвийн орон буюу Өргөргийн залруулга тооцоолох хэд хэдэн томьёо

Гельмертийн томъёо:

γ – Өргөргийн залруулга

 λ - Өргөргийн утга

олон улсын стандарт томъёогоор тооцоолсон. Энэ томъёонд хүндийн хүчний хэвийн орныг (γ) WGS84 эллипсоид дээр тооцсон байдаг.

1980 (Thomas R. 2012.) оны томъёо:

$$\gamma = (978.03267714) \left(\frac{1 + 0.0019318513 \sin^2(\phi)}{\sqrt{1 - 0.0066943799 \sin^2(\phi)}} \right) \text{ мГал}$$

Энд(ϕ) газар зүйн өргөрөг.

Чөлөөт агаарын буюу Фаяагийн залруулгыг дараах томъёогоор тооцоолно.

$$\Delta g_{FA(i)} = \Delta G(i) - \gamma(i) + 0.3086 * h(i);$$

$\Delta g_{FA(i)}$ - тухайн цэг дээрх Фаяа-гийн залруулга; $\Delta G(i)$ - тухайн цэг дээрх хүндийн хүчний хурдатгал; $h(i)$ - тухайн цэгийн өндөр; 0.3086 - хүндийн хүчний босоо өөрчлөлтийн тогтмол;

$$\frac{\Delta g_{FA}}{\Delta R} = -2G \frac{M_E}{R^3} = -2 \frac{g}{R} = -0.3086 \text{ м Гал/м};$$

Буге-гийн гажлын бодолт буюу завсрын нимгэн үеийн засвар нь хүндийн хүчний судалгааны завсрын нимгэн үеийн нягтаас хамаарах нөлөөлөл юм. Завсрын нимгэн үеийн нягтыг бялхмал болон галт уулын чулуулаг бүс нутагт 2.67 г/см^3 , тунамал чулуулаг бүс нутагт 2.30 г/см^3 гэж тооцдог стандарт жишгийг сонгон авч дараах томъёогоор тооцоолон үр дүнг тодорхойлсон.

$$\Delta g_{buge(i)} = \Delta g_{FA(i)} - 0.04193 * \rho * h(i);$$

$\Delta g_{buge(i)}$ - тухайн цэг дээрх Буге-гийн гажил

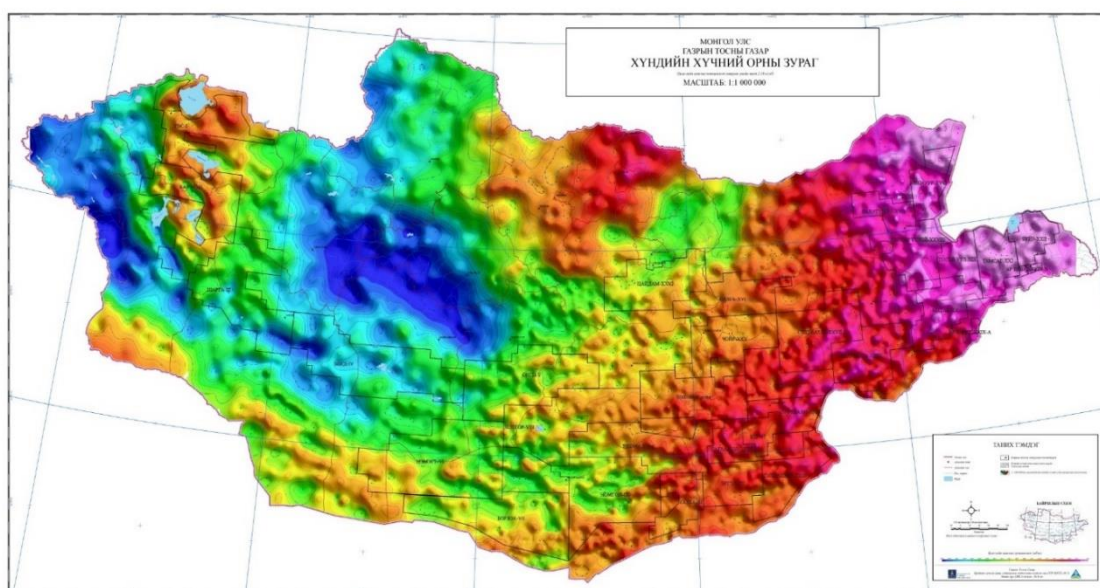
ρ - завсрын нимгэн үеийн нягт ($2.67, 2.30$) г/см^3

$0.04193 = 2\pi G$; (G -татах хүчний тогтмол)

$$\frac{\Delta g_{buge}}{\Delta R} = 2\pi G \rho = 0.04192 \rho \text{ мГал/м}$$

Хүндийн хүчний орны Буге-гийн гажил

Дээрх залруулга гажлуудыг тооцоолон нэгтгэж хүндийн хүчний болон байр зүйн нэгдсэн нэг түвшинд оруулан Буге-гийн гажлын зургийг Монгол улсын хэмжээнд шинэчлэн зурагласан (Зураг 2).



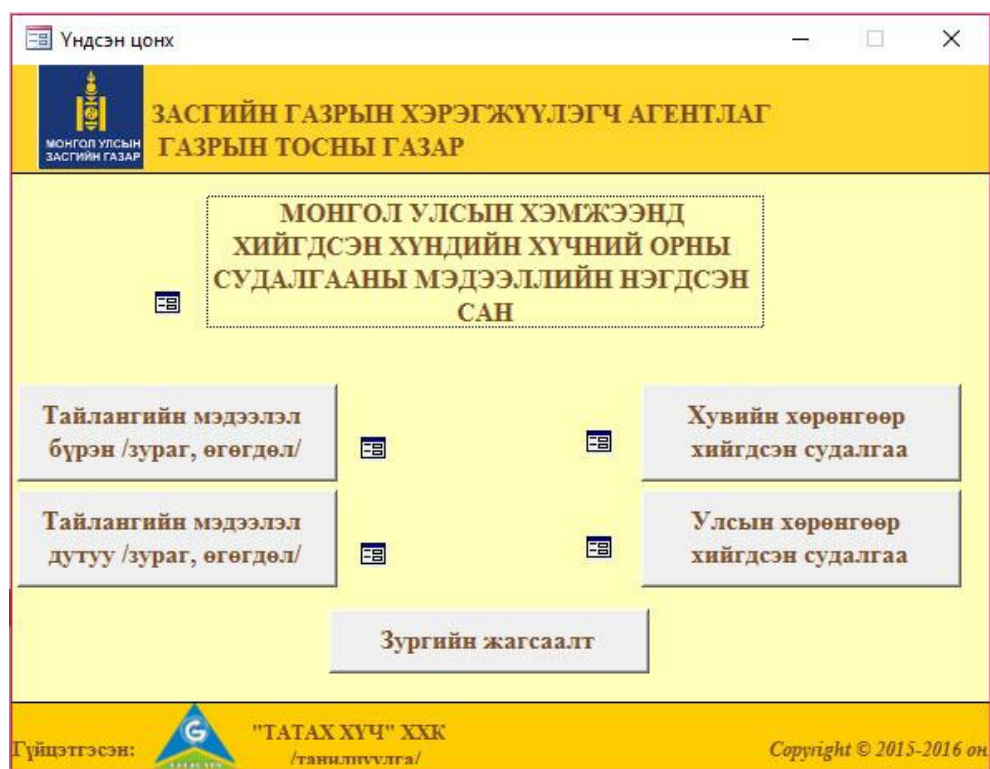
Зураг 2. Хүндийн хүчний орны Буге-гийн гажлын зураг (завсрын үеийн нягтыг 2.30 г/см^3)

Үүнд:

- 1:200000 болон түүнээс том масштабын хүндийн хүчний судалгааны мэдээллийг нэгтгэн 1:1000000-тын масштабаар Буге-гийн гажлын зургууд (Завсрын үеийн нягт 2.30 г/см^3 болон 2.67 г/см^3)
- 1:1000000, 1:500000, 1:200000 болон түүнээс том масштабын хүндийн хүчний судалгааны бүх мэдээллийг нэгтгэсэн 1:1000000-тын масштабын Буге-гийн гажлын зургууд (Завсрын үеийн нягт 2.30 г/см^3 болон 2.67 г/см^3)

Мэдээллийн сан бүрдүүлэлт

Цугларсан 218.211 мянган физик цэгийн анхдагч (132 тайлан) мэдээлэлд дээрх залруулга, гажлуудын тооцоолсны дараа нэгтгэж боловсруулсан хүндийн хүчний нэгдсэн санг MS ACCESS програм дээр бүрдүүлсэн ба 132 тайлангийн нийт 147 зураг, хүндийн хүчний судалгаанд хамрагдсан 1:500000-ын масштабын байр зүйн 30 зургийг "Geosoft" болон "ArcGIS" мэргэжлийн програмуудыг ашиглан зурж мэдээллийн сантай холбосон. Мэдээллийн нэгдсэн санд судалгааны талбайн мэдээллийг дараах хэлбэрээр оруулсан (Зураг 3).



Зураг 3. Мэдээллийн сангийн хайлтын цонх

Үүнд:

- ✓ Ашигт Малтмалын Газрын Геологийн Мэдээллийн төвийн (АМГ-ын ГМТ) архивд хадгалагдаж буй тайлангийн дугаар
- ✓ Газрын Тосны Газрын фондод (ГТГФ) хадгалагдаж буй Газрын тосны БХГ-т талбайнуудад хийгдсэн хүндийн хүчний судалгааны тайлангийн дугаар
- ✓ Судалгааны тайлангийн нэр
- ✓ Масштаб

- ✓ Зохиогч, судлаачдын нэр
- ✓ Харьяалагдах аймаг
- ✓ Гүйцэтгэсэн он
- ✓ Газрын тосны хайгуулын талбайд давхацсан эсэх
- ✓ Ямар хөрөнгөөр хийгдсэн
- ✓ Захиалагч
- ✓ Гүйцэтгэгч болон туслан гүйцэтгэгч
- ✓ Физик цэгийн тоо
- ✓ Судалгаанд хамрагдсан талбайн хэмжээ
- ✓ Хэмжилтийн утга /Excel file/
- ✓ Зураг /JPEG, ArcGIS/
- ✓ Тайлбар зэргийг харж болохоор хийгдсэн.

Мөн мэдээллийн санд ажлын масштаб, Газрын тосны блок, аймаг, байр зүйн листүүдээр болон гүйцэтгэсэн онуудаар нь хайлт хийх шүүлтүүртэйгээр хийгдсэн (Зураг 4).

Тайлангийн мэдээлэл бүрэн

ЗАСГИЙН ГАЗРЫН ХЭРЭГЖҮҮЛЭГЧ АГЕНТЛАГ
МОНГОЛ УЛСЫН ЗАСГИЙН ГАЗАР
ГАЗРЫН ТОСНЫ ГАЗАР

Хүндийн хүчний орны судалгааны нэгдсэн сан

Монгол орны хүндийн хүчний судалгаанд хамрагдсан байдал

Масштабаар	Хайгуулын талбай /Газрын тосны блокоор/			Аймаг		Листээр		
1:1 500 000	Увс-I	Галба-XI	Буйр-XXII	Архангай	Орхон	К-47-А	L-46-А	М-45-Г
1:500 000	Хар ус-II	Эргэл-XXI	Сүлжихээр-XXIII	Баян-Өлгий	Өвөрхангай	К-47-Б	L-46-Б	М-46-А
1:200 000	Шарга-III	Цагаан элс-XXII	Дарьганга-XXIV	Баянхонгор	Өмнөговь	К-48-А	L-46-В	М-46-Б
1:100 000	Бөгд-IV	Зүрбяан-XXV	Чойр-XXV	Булган	Сүхбаатар	К-48-Б	L-46-Г	М-46-В
1:50 000	Онгин-V	Тариач-XXVI	Цайдам-XXVI	Говь-Алтай	Сэлэнгэ	К-49-А	L-47-А	М-46-Г
1:25 000	Нэмэгт-VI	Нялга-XVI	Сүхбаатар-XXVII	Говьсүмбэр	Төв	Листийн зураг	L-47-Б	М-47-А
1:10 000	Борзон-VII	Баянтүмэн-XXVII	Хэрлэн тохой-XXVIII	Дархан-Уул	Увс		L-47-В	М-47-Б
Шутамчлал	Хонгор-VIII	Хөхнуур-XXVIII	Ар булаг-XXIX /А/	Дорноговь	Улаабаатар		L-47-Г	М-47-В
Оноор	Номгон-IX	Тосон уул-XXIX	Ар булаг-XXIX /Б/	Дорнод	Ховд		L-48-А	М-47-Г
1990 он хүртэл	Төхөм-Х /урд/	Матад-XX	БХГ-97	Дундговь	Хөвсгөл		L-48-Б	М-48-А
1990-2000	Төхөм-Х /хойд/	Тамсаг-XXI	Давхаагүй	Завхан	Хэнтий		L-48-В	М-48-Б
2000-2010				Бусад			L-48-Г	М-48-В
2010-2020							L-49-А	М-48-Г
							L-49-Б	М-49-В
							L-49-В	М-49-Г
							L-49-Г	М-50-В
							L-50-А	Листийн зураг
							L-50-Б	
							L-50-В	
							Листийн зураг	

Зураг үзэх

Зураг үзэх

Зураг үзэх

Зураг 4. Мэдээллийн сан дахь хүндийн хүчний судалгааны ажлын хайлт хийх цонх

Дүгнэлт

Дээрх ажлын үр дүнд Монгол орны нутаг дэвсгэрт хийгдсэн хүндийн хүчний судалгааны тоон мэдээллийг шинжлэх ухаан, технологийн орчин үеийн түвшинд ашиглан боловсруулалт тайлал хийх өргөн боломжийг бий болгосон.

1948-2015 оны хооронд хийгдсэн хүндийн хүчний судалгааны анхдагч мэдээллүүдийг цуглуулснаар мэдээллийн сан бүрдүүлсэн нь шинэлэг байсан ба цаашдын судалгаанд чухал ач холбогдолтой ажил болсон. Мэдээллийн нэгдсэн сангийн давуу тал:

- ✓ Судалгааны ажлын бүх мэдээллийг нэг дороос үзэх боломжтой
- ✓ Цаашид баяжуулан, хөгжүүлэн хэрэглэх болон засварлахад хялбар
- ✓ Мэдээллүүд нь хамааралтай байдлаараа хүснэгтүүдэд хуваагдана. Энэ нь илүүдэл өгөгдөл орохоос сэргийлнэ. Хүснэгтүүд нь хоорондоо холбогдож хэрэгцээт мэдээллүүдээ солилцоно
- ✓ Мэдээллийн санг түгжин хамгаалах боломжтой
- ✓ Хүссэн мэдээллээ хурдан олох боломжтой зэрэг давуу талууд нь энэ судалгааны ажлын ач холбогдол, үр дүнг илэрхийлж байна.

Ном зүй

Lowrie, William. 2007. Fundamentals of Geophysics Cambridge University. Cambridge University: second edition.

Telford W.M., Geldart L.P., Sheriff R.E. . 2004. Applied Geophysics . Cambridge University.

Thomas R.LaFehr, Misac N.Nabighian. 2012. Fundamentals of Gravity Exploration . United States of America.

Д.Лхагвадорж, С.Мөнхбаатар. 2013. Гравихайгуулын үндэс. Улаанбаатар.

Н.П.Грушинский, Н.Б.Сажина. 1988. Гравитационная разведка. Москва: Недра.

П.,Дугараа. 2012. “Геофизикийн цогцолбор арга”. Улаанбаатар.

ГАЛБЫН ГОВИЙН ГАЗРЫН ТОС АГУУЛАГЧ БҮТЦИЙГ ГЕОФИЗИКИЙН СУДАЛГААГААР ЗУРАГЛАХ НЬ

Н.Баатар¹, П.Дугараа², С.Чинбат³, Л.Оюунтуяа⁴,
Б.Дашбаатар⁵, Б.Тунгалаг⁵

¹Уул уурхай, хүнд үйлдвэрийн яам, ²ШУТИС-ийн Геологи, уул уурхайн сургууль

³"Геофорс ресурс" ХХК, ⁴"Нэмнэ овоо" ХХК, ⁵"Даш Маг Инж" ХХК

Хураангуй. Нутаг дэвсгэрийн хэмжээнд хийгдсэн хүндийн хүчний региональ судалгааны физик орны зурагт чанарын тайлалт хийх замаар Монгол орны өмнөд хэсэгт тунамал хурдсын хуримтлал бүхий бүтцийг тогтоосон. Газрын тосны Галба XI хайгуулын талбайн 2009-2012 оны өрөмдлөгийн цооногт тосны илэрцтэй байснаар Өмнөговийн сав газарт бидний судалгааны ажлаар тогтоогдсон бүтэц хэтийн төлөвтэй байсан нь нотлогдсон талаар товч өгүүлэх болно.

Түлхүүр үг: хүндийн хүчний региональ судалгаа, литосферийн дэвсгэр үеийн зузаан, царцдасын зузаан, Галбын говь, Өмнөд Монголын зүүн хэсгийн царцдас давхаргын дээд хэсэг, газрын тосны илэрц

Зүүн өмнөд говийн физик геологийн шалгуур

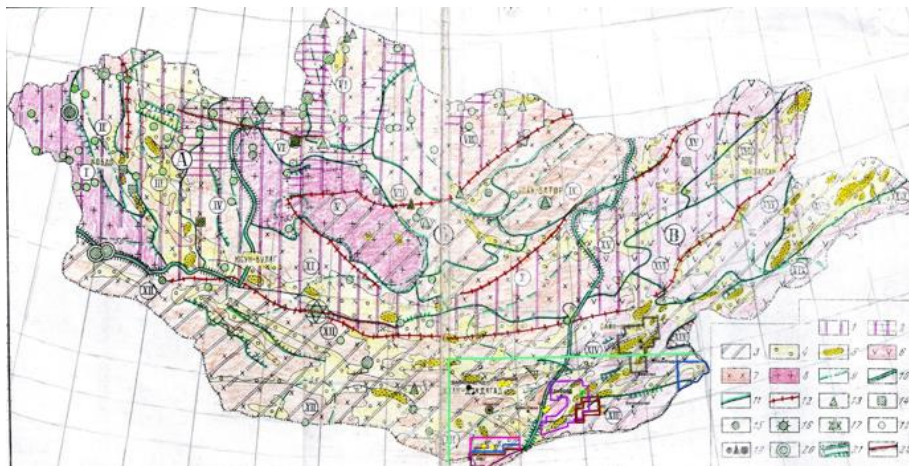
Монгол орны нутаг дэвсгэрийн гүний тогтцын талаар П.П.Степанов, В.С.Волхонин болон Ю.А.Зорин нарын удирдлагаар Орос Монголын эрдэмтэн судлаачид чиглэсэн судалгааны ажлуудыг хийсэн (Зорин Ю.А 1994), (Степанов.П.П 1969), (Турутанов.Е.Х 2016).

П.П.Степанов, В.С.Волхонин нар Монгол орны царцдасын дээд хэсгийн тогтоц, орчин үеийн бүтцийг геофизикийн өгөгдлөөр тайлбарлаж, геофизикийн ялгагдсан орон болон хэмжилтийн өгөгдлүүдээр Монгол орны царцдас давхаргын зузааны өөрчлөлт, зүй тогтлыг илрүүлэх, зарим “боржинлог” үе, царцдасын доорх явцыг тогтоох, сэвсгэр, тунамал хурдсын хуримтлалтай ховдол хэлбэрийн хотгорт атираат суурийн гадаргуугийн байршлыг баримжаалан тодорхойлох оролдлого хийсэн. Хүндийн хүчний орны дүн шинжилгээ, царцдас давхаргын зузааны тооцооллыг орчин үеийн тектоник, геоморфологи, чичирхийлэл, магматизмтай нь холбон Монгол орны нутаг дэвсгэрийг гүний тогтцын хувьд Баруун Монголын (А), Төв Монголын (Б), Зүүн Монголын (В) гэсэн гурван бүтэц (блок)-д хуваасан (Зураг 1).

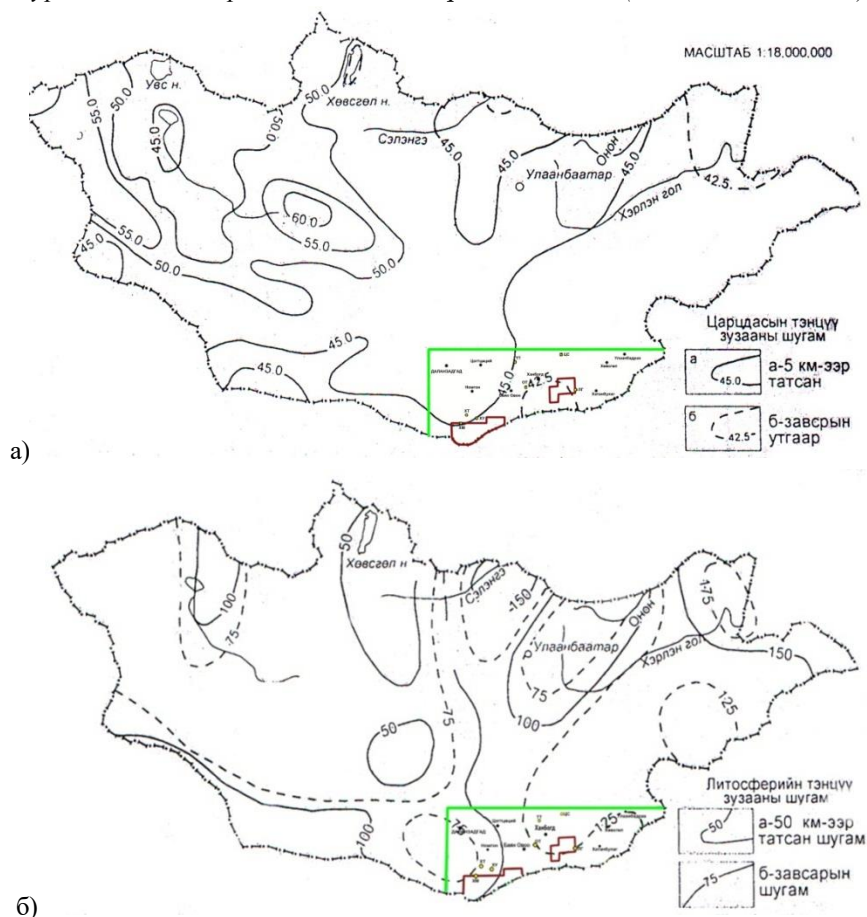
Олон улсын “GLOBAL GEOSCIENCE TRANSECT” төслийн судалгааны хүрээнд Ю.А.Зорин нарын удирдлагаар Орос Монголын эрдэмтэн судлаачид геологийн болоод геофизикийн өгөгдлүүдийн цогц тайллын үндсэн дээр Монгол-Сибирийн төвийн, Байгал-Монголын, Дорнод Сибирийн ба Дорнод Монголын трансектийг зохион бүрдүүлсэн. (Зорин Ю.А 1994), (Турутанов.Е.Х 2016). Энэхүү судалгааны ажлаар Монгол орны царцдасын зузаан болон Монгол орны литосферийн дэвсгэр үеийн зузааны тойм зураг зохиогдсон (Зураг 2).

Э.Бүрэнхүү, А.Дагвацэрэн нарын хүндийн хүч, гидрогеологийн цахилгаан хайгуулын ажлуудын үр дүнд дунд төрмөлийн настай хурдас хуримтлал бүхий тал, хөндийнүүдийн тогтцын талаар тодорхой мэдээлэл авах боломж бий болсон (Зураг 3). Үүний үр дүнд гүний ус, шатдаг хий, нефть агуулж болох ирээдүй бүхий талбайнуудыг анх удаа ялгаж тогтоожээ. Мөн зарим тарамцаг бүхий томоохон тогтцуудын гүнд байрлах талаарх

төсөөлөл өгөхөөс гадна хурдас хуримтлалуудын геохимийн ерөнхий төрхийн талаар үнэтэй мэдээлэл өгсөн.



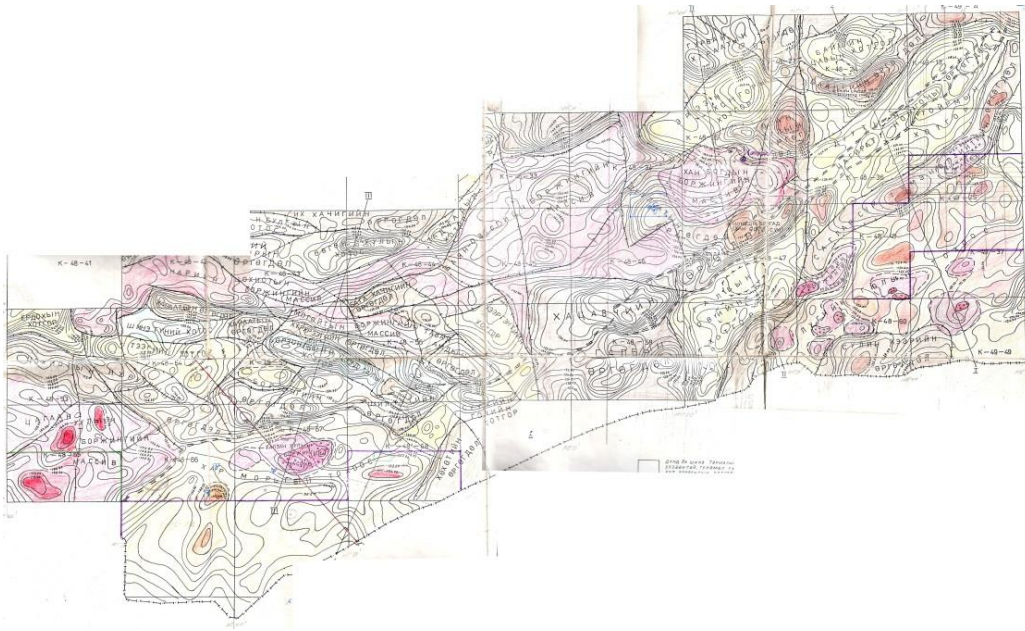
Зураг 1. Монгол орны тектоникийн бүсчлэлийн схем (Степанов.П.П 1969)



Зураг 2.а) Монгол орны царцдасын зузаан, б) Монгол орны литосферийн дэвсгэр үеийн зузааны тойм зураг.,зузааны ижил утгуудын шугамыг 50 км-ээр татсан (Турутанов.Е.Х 2016).

Галбын говийн районы хүндийн хүчний орны зургийг бусад районуудтай харьцуулбал харьцангуй маш их өөрчлөлттэй бөгөөд энд таталцлын хүчний утга -108

мГал-аас -182 мГал хооронд өөрчлөгдөж байна. Хүндийн хүчний орны эрчимжилттэй минимумтэй Эрээн хонгор, Байшин цав, Дуутын тойром, Галбын говийн, Ёрдохын хотгоруудыг нефть хий хуримтлагдаж болзошгүй ирээдүй бүхий талбайгаар ялгасан.



Зураг 3. Хүндийн таталцлын хүчний орноор зохиосон геологийн бүдүүвч
(А.Дэгвацэрэн 1995), Масштаб 1:500 000

Галбын говийн районы хатуу ашигт малтмалын ирээдүй бүхий талбайнууд боржингийн массивын үүсэл хөгжилтэй нягт уялдаатай байна (Бүрэнхүү.Э 1996.).

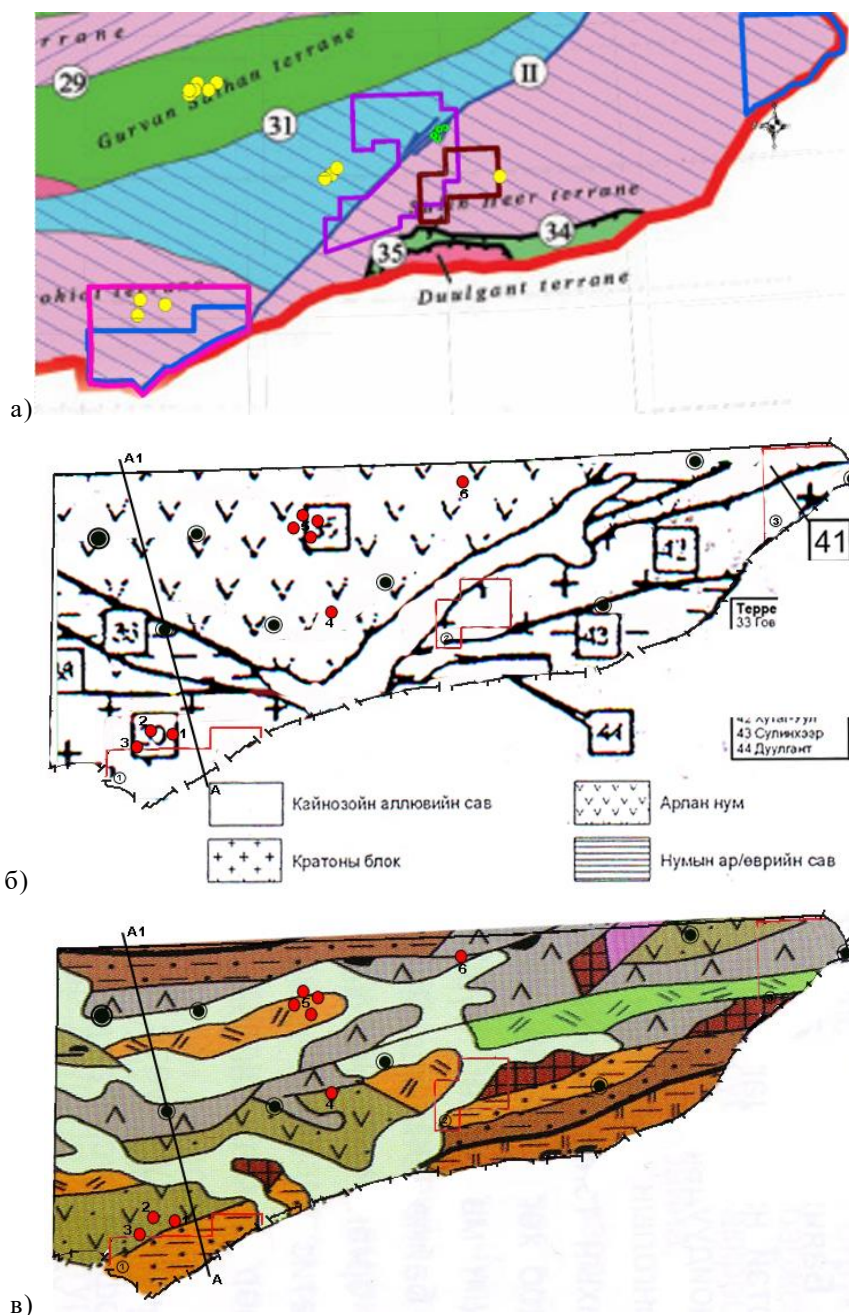
Төв Азийн атираат бүслүүрийн өмнөд хэсэг түрүү герциний Говь-Зайсангийн атираат мужийн Монголын нутаг дэвсгэр дээрх хэсэг, индосиний атираат бүслүүрийн Сулинхээрийн бүс Өмнөд Монголын атираат мужийг бүрэлдүүлнэ. Академич О.Төмөртоогоо, доктор Ж.Бямба, доктор Г.Ээнжин, доктор Г.Бадарч нарын судлаачдын тектоник, террейн, геодинамикийн ангилал болон доктор П.Хосбаярын мезозойн эриний хурдас чулуулгийн ангиллыг судалгааны ажилдаа тулгуур болгон ашигласан (Зураг 4, 5).

Зүүн өмнөд Монголын гүний тогтоц

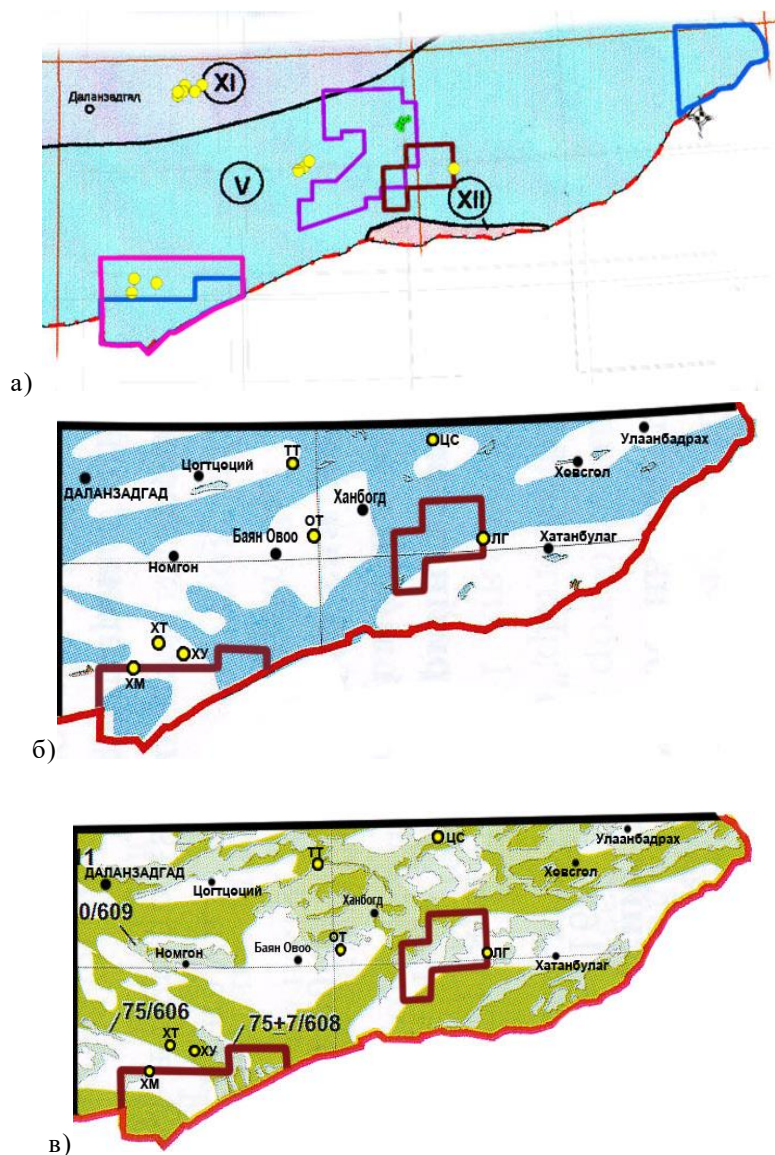
Дэлхийн царцдас давхаргын дээд хэсгийн мэдээлэл агуулж байгаа геофизикийн региональ судалгааны материалыг голчлон судалж байгаа нутаг дэвсгэрийн геологийн нийтлэг ба онцгой шинж тэмдгүүдийг илрүүлэн тайлбарлахад ашиглаж байна. Энэ нь хүндийн хүчний өгөгдлүүд аливаа геологийн бүтэц, биет, хурдасны үе давхаргуудын орон зайн тархалт, хэлбэр хэмжээ ба бүрэлдэн тогтсон нөхцөл, үүслийн механизмыг танин мэдэх мэдээллийн олон шалгуурын (критери) үндэс болдог. Эдгээр шалгууруудын тоонд хүндийн хүчний орны өөрчлөлт, хэлбэр дүрс, гажлын бүсийн жигд бус шинж, өвөрмөц байдал, тархалтын онцлог зэргүүд багтана.

Ю.А.Зорин нарын судалгааны ажлаар Өмнөд говийн цулдал ба Лугийн голын бүсэд царцдасын зузаан 40 км хүртэл багасч, чулуун мандлын зузаан нэмэгдэж 100-130 км-т хүрнэ. Энэхүү хамтарсан судалгааны үр дүнд зохиогдсон Монгол

орны царцдасын зузаан, литосферийн дэвсгэр үеийн зузааны тойм зургуудад дүн шинжилгээ хийж үзэхэд (Зураг 2), бидний судалгааны талбайн баруун хэсэгт 106^0 голчоос баруун, 42^0 голчоос хойд зүгт царцдасын зузаан 45 км-ээс ихэссэн, харин талбайн төв хэсэгт 105^030^1 орчмоос литосферийн дэвсгэр үеийн зузаан нум хэлбэртэйгээр 100 км-ээс багасан 70 км-т хүрсэн байна. Энэ орчимд литосферийн дэвсгэр үеийн зузаан 145-115 км байна.



Зураг 4. Өмнөд Монголын зүүн хэсгийн а) тектоникийн бүдүүвч зураг (О.Төмөртоогоо 2000, 2003), б) террейний зураг (Г.Бадарч 2002), в) геодинамикийн зураг (Ж.Бямба. 2010).



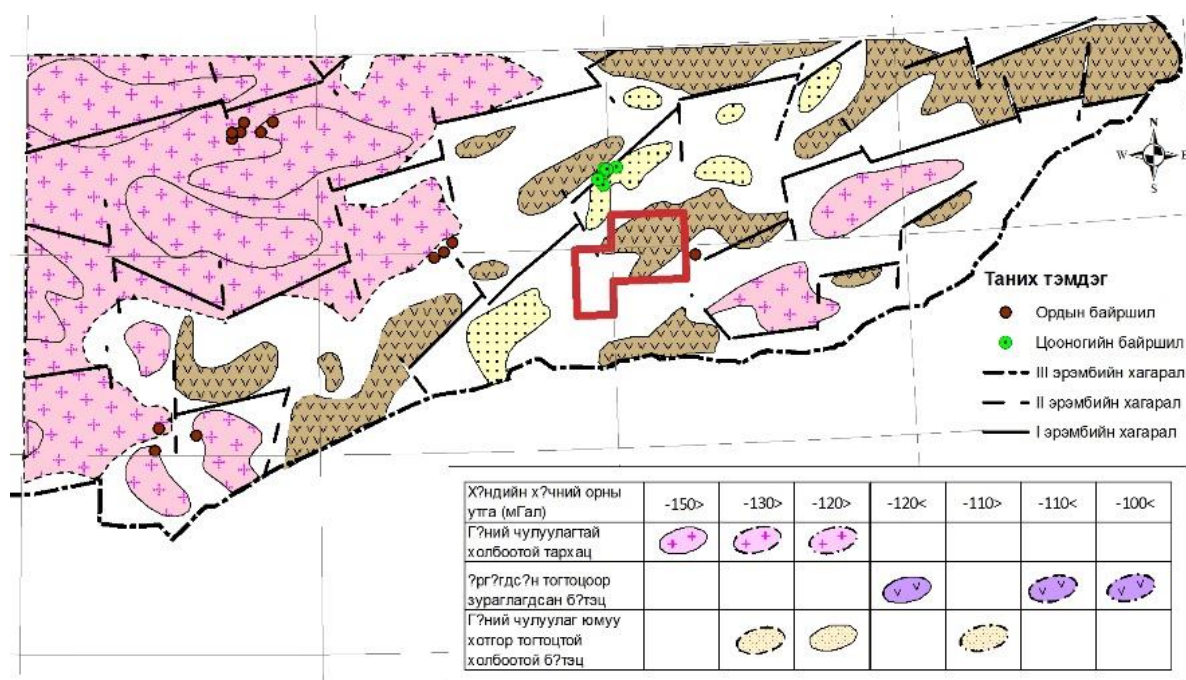
Зураг 5. Өмнөд Монголын зүүн хэсгийн а) хувирмал бүрдлийн геодинамикийн зураг (О.Төмөртоогоо, Г.Энжсин 2005), б) хожуу юрийн хурдас чулуулгийн гарш (П.Хосбаяр. 2005), в) хожуу цэрдийн галчин үеийн хурдас чулуулгийн гарш (П.Хосбаяр. 2005)

Талбайн төв хэсэгт царцдасын зузаан 45 км-ээс бага бөгөөд ЗУ-ын 108^0 голч орчим 43^030^1 голчоос урагш царцдасын зузаан харьцангуй нимгэрч 42.5км-ээс бага байна. Энэ орчимд литосферийн дэвсгэр үеийн зузаан 100-125 км-т хэлбэлзэж байгаа нь литосферийн зузаан 145-175 км буюу төвийн урд хэсэгт 162.5 км байна. Зүүн хэсэгт царцдасын зузаан 45 км-ээс багасаж, литосферийн дэвсгэр үеийн зузаан 100-125 км орчимд хэлбэлзэх ба литосферийн зузаан 145-170 км байна. Литосферийн зузаан баруун болон төвийн урд хэсэгтээ нимгэн байгаагаар судалгааны талбайд 4 бүтэц ялгасан (Баатар.Н. Дугараа.П 2012). Бидний судалгааны ажлаар зохиогдсон Өмнөд Монголын зүүн хэсгийн царцдас давхаргын дээд хэсгийн тойм зурагт (Зураг 6) хүндийн хүчний таталцлын орны гажлын эрчимжилт, төрхөөр нь судалгааны талбайд 8 бүтэц ялгасан. Эдгээр бүтцээс Галбын говийн зүүн хэсэг (ГГЗ), Өөшийн говийн төвийн хэсэг (ӨГТ) буюу судалгааны талбайн төвөөс зүүн хойш чиглэлийн гүний чулуулаг юмуу хотгор тогтоцтой холбоо бүхий бүтцэд

Түмэн өлзийтийн боржингийн массив, Цагираг Номгоны, Саглагар, Түмэн өлзийтийн өргөгдөл, Дуутын тойромын хотгор зэрэг хамрагдана. Энэ орчимд хүндийн хүчний таталцлын орон -120 мГал хүртэлх утгаар зүүн хойшоо чиглэлд хэд хэдэн гажил үүсгэсэн (Баатар.Н. Дугараа.П 2012), (Баатар.Н 2009).

Судлаачид Дорнод Монголын Зүүнговийн дэд бүс (Степанов нар.1969), Каледонидийн геосинклиналийн хожуу Улаан уул ба Тотаншаны протерозой-кембрийн I төрлийн бүс (Зайцев нар. 1974), Хутагуулын эх газрын идэвхгүй захын террейн (Төмөртоогоо нар. 2000), триасын дунд үеийн хотгор, эппиплатформын хучаас хотгор (Бямба. 2001), Кайнозойн аллювийн сав (Бадарч. 2002), Хутаг уулын аккрецийн шаантаг (Төмөртоогоо. 2003), Өмнөд говийн бичил тив (Ээнжин нар .2006), Өмнөд Монголын атираат мужийн палеопротерозойн эцэст хэлбэржсэн талст суурь (Бямба. 2007) гэж үзсэн.

Түмэн өлзийтийн боржингийн илэрцтэй орчинд хүндийн хүчний гажиглал зураглагдахуй байгаа нь тухайн орчин тектоно магмын идэвхжилд хүчтэй өртсөнтэй холбоотой байна. Галба 11 газрын тосны хайгуулын талбай дахь өрөмдлөгийн газрын тосны илэрцтэй цооногууд (Засгийн газрын хэрэгжүүлэгч агентлаг 2014) нь бидний ялгасан бүтцийн төв хэсэг дэх 63км орчим урттай бүтцийн баруун хойд захад байршиж байна.



I-Тектоно-магмын идэвхжлээс физик шинж чанарын өөрчлөлтөнд орсон орчин; **II**- а) Ашигт малтмалын ордуудын байршил: 1-Халзан уул, 2-Хар толгой, 3-Хар морьт, 4-Оюу толгой, 5-Таван толгой, 6-Цагаан суварга; б) аймаг, сумын төв; **III**-Судалгаанд авч үзсэн зарим талбайнуудын байршил: Онч уул (1), Хар толгой (2), Замын үүд (3)-ийн талбай; **IV**-Огтлолын шугам А-А1; Тектоник эвдрэл, хагарал: а) I эрэмбийн, б) II эрэмбийн, в) III эрэмбийн

Зураг 6. Өмнөд Монголын зүүн хэсгийн царцдас давхаргын дээд хэсгийн тойм зураг.

Судалгааны талбайн хэмжээнд нэлэнхийдээ шахам баруун урдаас зүүн хойш чиглэлд, баруун урд хэсэгт ерөнхийдөө өргөргийн дагуу явагдсан гүний хагарлууд I эрэмбийн хагарал бөгөөд баруун хойш, хойшоо чиглэлтэй хагарлууд нь энэ гол хагарлуудыг

хэвтээ чиглэлд шилжүүлсэн бөгөөд дахин идэвхижил нь I эрэмбийн гол хагарлаас салбарлан явагдсан нь баруун урагш чиглэлийг барьснаар хагарлуудыг бас шилжүүлжээ. Хамгийн огцом өөрчлөлттэй градиентийн зурвасаар зурсан региональ шинжтэй хагарал нь Өмнөд Монгол болон Өвөр Монголын атираат мужийг заагласан гүний хагаралтай байр зүйн хувьд тохирч байна.

Дүгнэлт

1. Хүндийн хүчний таталцлын орны гажлын эрчимжилт, төрхөөр нь гүний чулуулагтай холбоотой (4 бүтэц), өргөгдсөн тогтоц (3 бүтэц), гүний чулуулаг эсвэл хотгор бүтэц гэсэн 8 бүтэц судалгааны талбайд ялгаж, өмнөд Монголын зүүн хэсгийн царцдас давхаргын дээд хэсгийн тойм зургийг зохиосон. Судалгааны талбайд тогтоогдсон бүтцүүд нь харилцан адилгүй зузаантай, тектоно магмын идэвхжлийн нөлөөгөөр тасарч, эвдэрсэн, зарим хэсэгтээ физик шинж чанарын өөрчлөлтөнд хүчтэй орсон байна.
2. Өмнөд Монголын зүүн хэсгийн хэмжээн дэх хучаас хурдсын доорхи тектоно магмын идэвхжлийн үр дүнд хагарлаар зааглагдсан бүтцүүдийн захын хэсгүүдэд Хар толгойн хар тугалганы орд, Халзан уулын цагаан тугалганы бүлэг ордууд, Хар морьтын цагаан тугалганы орд, Оюу толгойн орд, Лугийн голын орд болон газрын тосны илэрц зэрэг байршиж байгаа нь геофизикийн региональ судалгааны ажлаар тогтоогдсон бүтцүүд нь хэтийн төлөвтэй ашигт малтмалын орд, илрэл, эрдэсжсэн цэг, хувирлын бүсийг агуулагч хурдас, чулуулгийн гүн дэх үргэлжлэл, тархацын мэдээллийг авах боломжтой байна.
3. Газрын тосны Галба XI талбайн хайгуулын 2009-2012 оны өрөмдлөгийн цооногт тосны илэрцтэй байснаар Өмнөговийн сав газарт бидний судалгааны ажлаар илрүүлсэн бүтэц хэтийн төлөвтэй байсан нь нотлогдсон.

Ном зүй

- Бямба Ж, нар. 2009. “Литосферийн плитийн тектоник”. /Монголын геологи ба ашигт малтмал, IV боть/ 487.
- Баатар.Н, Дугараа.П, Арвисбаатар.Н, Турутанов.Е.Х.,. 2012. “Зүүн өмнөд Монголын гранитоид чулуулгийн гүн дэх тархацыг геофизикийн аргаар үнэлэх нь.” Хайгуулчин 46 (“Монгол орны геологи, ашигт малтмалын хайгуул 2012” чуулга уулзалтанд зориулсан тусгай дуг.
- Баатар.Н, Дугараа.П, Бат-Ирээдүй.Я, Оюунбилэг.Х, Чинбат.С. 2009. “Өмнөд Монголын гүний тогтцыг геофизикийн аргаар үнэлэх нь, .” Монголын Геосудлаач №34 /”Монголын геологийн алба байгуулагдсаны 70 жилийн ойд зориулсан тусгай хэвлэл”/, хууд 155-160.
- Бадарч.Г. 2008. “Террейний тектоникийн асуудлууд, ерөнхий редактор Д.Оролмаа., О.Төмөртоогоо, .” 223 х.
- Бүрэнхүү.Э, Готовсүрэн.А, Бадарч.Г. 1996. . “1987-1989 онд К-48-YI, IX-XII, XXI, XXII, К-49-I, VII, XII хавтгайд хийсэн Геологийн цогцолбор судалгааны тайлан. Ф 4877.”
- Бямба.Ж. 2001. “Монголын нутаг дэвсгэрийн хэмжээнд эх газрын төрлийн царцдас үүссэн үндсэн үс шатууд”, Геологийн асуудлууд, 2001/3-4,,” 33-48.
- Засгийн газрын хэрэгжүүлэгч агентлаг. 2014. “Газрын тосны газрын мэдээлэл.” /Газрын тос-2014 ОПБХ/.
- Зорин Ю.А, Беличенко В.Г, Турутанов Е.Х, Мордвинова В.В, Хосбаяр П, Томуртоогоо О, Арвисбаатар Н, Гоа Ш, Дэвис П.,. 1994. “Байкало-Монгольский трансект, .” Геология и геофизика Том 35, №7-8 94-110.

- Степанов.П.П, Волхонин.В.С. 1969. “Современная структура и глубинное строение земной коры Монголии по геофизическим данным.” Советская геология, №5 49-63.
- Төмөртоогоо.О. 2002. “Монгол Улсын тектоникийн зураг (Масштаб 1:1000000).” Товч тайлбар бичиг. , АМХЭГ-ын Геологийн мэдээллийн төв.
- Турутанов.Е.Х, Зорин.Ю.А., Арвисбаатар.Н., Скляров.Е.В., Мазукабзов.А.С., Мордвинова.В.В., Төмөртоогоо.О., Кожевников.В.М., Гао.Ш.,. 2016. “Монгол-Сибирийн геотрансект.” 125.
- Хосбаяр.П. 2005. “Монгол орны мезозой ба кайнозойн эриний эртний газар зүй, уур амьсгал, .” Улаанбаатар 13, 32, 69.
- Ээнжин.Г., Дашдаваа.З., Оюунчимэг.Т. 2005. “Монгол орны хувирмал бүрдлийн геодинамик ба хүдэржилт” сэдэвт суурь судалгааны тайлан, .” 95.

НАРНЫ ТИТЭМИЙН FeXIV ИОНЫ НОГООН ШУГАМ: ТОГТОНГИ ТӨЛӨВИЙН ТЭГШИТГЭЛҮҮДИЙГ ТООЦООЛОХ НЬ

Д.Батмөнх¹, Б.Батбаяр¹, Д.Мөнхманлай¹

¹ ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэн

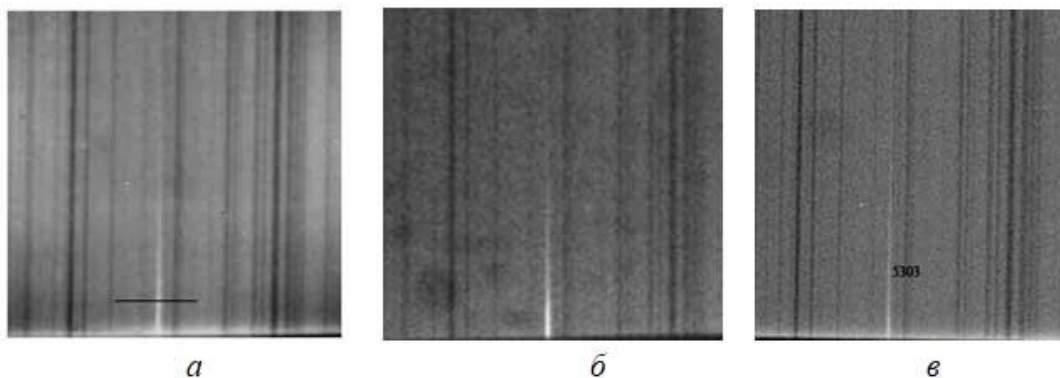
Хураангуй. Нарны титэмийн FeXIV ионы энергийн долоон түвшний хувьд тогтонги төлөвийн тэгшитгэл, ионизацийн тэнцвэрийн тэгшитгэлийн системийг бодож, тэдгээр түвшний мензелийн коэффициентүүд болон суурьшилтын тоон утгыг тодорхойлсон юм. Мензелийн коэффициентүүдийн харьцаа (b_i / b_1) нэгээс ялгаа бүхий утгатай байгаа нь Нарны титэм дэх FeXIV ионы энергийн түвшний суурьшилт термодинамикийн тэнцвэрт байдлаас ихээхэн хол байгааг гэрчилж байна.

Түлхүүр үг: Нарны титэм, спектрийн шугам, ногоон шугам

Оршил

Нарны коронограф дурангаар титэмийн спектрийн шугамуудыг бүртгэн авч титэмийн физик нөхцлийг судлах боломжтой юм. Нарны титэмийн цацаргалтын тод шугамуудын нэг бол FeXIV ионы 5303Å долгионы урт бүхий хориотой ногоон шугам ($^2P_{1/2}^0 - ^2P_{3/2}^0$) юм. 1967 оноос “Хүрэл тогоот” Одон орныг судлах оргилд Нарны титэмийн FeXIV ба FeX ионы 5303Å ба 6374Å шугамуудыг ажиглаж ирсэн. Коронограф дурангийн объективын диаметр 20см, фокус зай 400см. Дээрх шугамуудыг 16.4Å/мм дисперс бүхий дифракцан спектрограф ашиглан бүртгэж авсан. 1-р зурагт 35мм-ийн гэрэл зургийн хальсанд буулган авсан ногоон шугамыг 1968, 1974 оны үеийн спектрийн жишээгээр үзүүллээ. Эдгээр шугамуудын эрчмийн хэмжээ, контур (хүрээ) хэлбэрийг тодорхойлсноор нарны дотоод титэмийн зарим физик параметрийг тодорхойлж болно (Bryans 2009; Brickhouse 1995; Bhatia 1994; Fisher 1978; Цовоохүү 1972). Оптик зузаан ихтэй плазм орчинд бодис, цацраг хоёрын харилцан үйлчлэл шугаман биш байдаг тул цацраг зөөлтийн тэгшитгэл (ЦЗТ), тогтонги төлөвийн тэгшитгэлүүдийн (ТТТ) системийг хамтад нь бодох шаардлага гардаг. Ажиглалтын шугамын эрчим, хүрээ хэлбэрийг тооцоолж тухайн үзэгдлийн физик шинж чанарыг мэдэхийн тулд эдгээр тэгшитгэлүүдийн системийг бодоход хүрдэг. Гэхдээ Нарны титэмийн хувьд түүний оптик зузаан нимгэн тул ЦЗТ бодохгүй, зөвхөн ТТТ системийг орчны цацрагийн эрчмээр бодож болно. Атом болон ионы загварын сонголт, тэдгээрийн энергийн түвшин хоорондын шилжилтийн магадлал, плазмын орчинд лаборатор-системд шилжүүлэх буюу энергиэр дундажлах зэрэг үйлдлийг хэрхэн гүйцэтгэснээс бодлогын үр дүн буюу онол, ажиглалтын нийлэмж ихээхэн хамаардаг. Charlotte (1962), Bruce (1971), Mason (1975), Arnaud (1985), Bhatia (1994) болон Kanti (2014) нарын ажилд FeXIV ионы энергийн түвшин, долгионы уртууд, цацраг болон мөргөлдөөнөөр шилжих үзэгдлүүдийн хурд зэрэг атом-өгөгдлийг тооцоолж, нарны плазмын үзэгдэлд хэрэглэх тохиромжтой томьёонуудыг гарган авч дүн шинжилгээ хийсэн байна. Эдгээр атом-өгөгдлүүд, томьёонуудыг ашиглан 1965-1985 онуудад бүртгэн авсан Нарны титэмийн FeXIV ионы 5303Å долгионы урттай ажиглалтын шугамд тооцоо шинжилгээ хийж титэмийн физик нөхцөлийг судлах зорилгоор энергийн долоон түвшинтэй FeXIV ионы

загварыг сонгон авч ТТТ системийг ионизацийн тэнцвэрийн тэгшитгэлтэй хамтруулан тооцоолсон дүнг энэхүү ажилд тусгасан юм.



Зураг 1. FeXIV $\lambda 5303\text{\AA}$ шугам : а. 1968-06-26 (нарны идэвхжилийн максимум үе), б. 1974-08-05 (минимум), в. 1979-09-12 (максимум).

Тогтонги төлөвийн тэгшитгэл

Тогтонги төлөвийн тэгшитгэл нь нарны агаар мандлын тухайн цэгт атом, ионууд нэг төлөв байдлаас өөр төлөв рүү шилжиж байгаа нийт тоо, уг төлөв рүү хийгдэх шилжилтийн нийт тоо хугацаанаас үл хамааран тэнцвэртэй байдгийг харуулна. ТТТ-г хурдаар интеграл авч лаборатори системд шилжүүлсний дараа тодорхой энергийн (u) түвшний хувьд дараах хэлбэртэй тэгшитгэлийн систем гарган авна (Иванов 1969).

$$\sum_{j=1}^{u-1} n_j (B_{ju} \bar{J}_{ju}^a + n_e C_{ju}) + \sum_{k=u+1}^N n_k (A_{ku} + B_{ku} \bar{J}_{ku}^e + n_e C_{ku}) + n_c (A_{cu} + B_{cu} \bar{J}_{cu}^e + n_e C_{cu}) =$$

$$n_u \left(\sum_{j=1}^{u-1} (A_{uj} + B_{uj} \bar{J}_{uj}^e + n_e C_{uj}) + \sum_{k=u+1}^N (B_{uk} \bar{J}_{uk}^a + n_e C_{uk}) + B_{uc} \bar{J}_{uc}^a + n_e C_{uc} \right),$$

$$u = 1, 2, \dots \quad (1)$$

A_{uj}, B_{uj}, B_{ju} -Эйнштейн коэффициентүүд, C_{uj}, C_{ju} - мөргөлдөөний хурдууд, n_e -электрон концентраци. Тооцоолол болон дүн шинжилгээ хийхэд хялбар болгох зорилгоор энергийн түвшин дэх суурьшилтын тоог (n_i) локаль термодинамикийн тэнцвэрийн үеийн тоотой (n_i^*) харьцуулсан харьцаа буюу Мензелийн коэффициентээр ($b_i = n_i/n_i^*$) илэрхийлж зарим хувиргалт хийсний дараа (1) тэгшитгэл дараах хэлбэртэй болно.

$$\sum_{j=1}^{u-1} b_j Z_{ju} + \sum_{k=u+1}^N b_k Z_{ku} = b_u \left(\sum_{j=1}^{u-1} Z_{uj} + \sum_{k=u+1}^N Z_{uk} \right) \quad (2)$$

$$Z_{ju} = A_{uj} \omega_u \beta_{u1} \left(\frac{\bar{J}_{ju}^a}{\alpha_{uj} \beta_{uj}} + \epsilon_{uj} \right) + \frac{P_{cu} P_{jc}}{P_c},$$

$$Z_{ku} = A_{ku} \omega_k \beta_{k1} \left(1 + \frac{\bar{J}_{ku}^e}{\alpha_{ku}} + \epsilon_{ku} \right) + \frac{P_{cu} P_{kc}}{P_c},$$

$$Z_{uj} = A_{uj} \omega_u \beta_{u1} \left(1 + \frac{\bar{J}_{uj}^e}{\alpha_{uj}} + \epsilon_{uj} \right) + \frac{P_{uc} P_{cj}}{P_c},$$

$$Z_{uk} = A_{ku} \omega_k \beta_{k1} \left(\frac{\bar{J}_{uk}^a}{\alpha_{ku} \beta_{ku}} + \epsilon_{ku} \right) + \frac{P_{uc} P_{ck}}{P_c}.$$

$$P_{cj} = A_{cj}\omega_c\beta_{c1}\left(1 + \frac{\bar{J}_{cj}^e}{\alpha_{cj}} + \epsilon_{cj}\right), \quad P_{jc} = A_{cj}\omega_c\beta_{c1}\left(\frac{\bar{J}_{jc}^a}{\alpha_{cj}\beta_{cj}} + \epsilon_{cj}\right).$$

$$\alpha_{ku} = \frac{2h\nu_{ku}^3}{c^2}, \beta_{ku} = e^{-\frac{h\nu_{ku}}{kT}}, \epsilon_{uj} = n_e \frac{C_{uj}}{A_{uj}}, P_c = \sum_{j=1}^N P_{cj}.$$

Хоёрдугаар төрлийн мөргөлдөөний үйлчлэлээр энергийн дээд түвшинээс шилжих зөвшөөрөгдсөн болон хориотой шилжилтүүдийн хурдыг тодорхойлох томъёог хэд хэдэн эх сурвалжаас (Regemorter 1962; Rutten 2000; Mason 1975; Kanti 2014) авч тооцоолоход эцсийн үр дүн хоорондоо бага ялгаатай байна. Тухайлбал,

$$\epsilon_{uj} = 20.60\lambda_{cm}^3 n_e T_e^{-0.5} P\left(\frac{AE_{uj}}{kT_e}\right), \quad (3)$$

$$P(y) = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} [1 - ye^y E_1(y)], \quad E_1(y) = \int_y^\infty e^{-y} \frac{dy}{y}.$$

$$C_{uj} = 8.63 \cdot 10^{-6} \frac{\Omega(j,u)}{\omega_u T_e^{1/2}}, \quad \Omega(1,2) \approx 0.229. \quad (4)$$

Хэрэв дундаж эрчим ($\bar{J}_{ju}^a$) мэдэгдэж байвал дээрх (2) системээс b_i / b_1 харьцааг олж болно. Тухайн тооцоонд дундаж эрчмийг дилюци D параметр ашиглан планк функцээр илэрхийлж шугамчлан бодсон. $\bar{J}_{ju}^a$ -ийг цацраг зөөлтийн тэгшитгэлээс олж (2) системд орлуулан интеграл, эсвэл дифференциал тэгшитгэл гарган авч бодох ёстой. Энэхүү тэгшитгэл нь шугаман биш учир цацраг орны дундаж эрчим $\bar{J}_{ju}^a$ энергийн түвшний суурьшилт (n_i), оптик гүн зэргээс эргэж хамаарах тул аль нэг шугамчлалын арга хэрэглэнэ. Нарны титэмийн хувьд оптик зузаан нь нимгэн гэж үзэж байгаа тул эрчимд үзүүлэх бодисын шинж чанарын өөрчлөлтийн нөлөөг тооцохгүй байгаа юм. Иймд (2) системээс аль нэг тэгшитгэлийг хасаж b_i / b_1 харьцааны хувьд бодно. Дараа нь харьцангуй суурьшилт n_i / N_T -г тодорхойлно. N_T -FeXIV ионы нийт тоо. Хүснэгт 1-т FeXIV ионы хувьд сонгон авсан конфигурац, түвшин ба энергийг харуулсан. λ_{ij} , A_{ji} -ийн утгыг Kanti (2014) ажлаас авсан.

Хүснэгт 1. Тооцоололд хамааруулсан FeXIV ионы энергийн түвшинүүд

№	Конфигурац	Түвшин	Энерги, Ryd
1	$3s^2 3p$	$^2P_{1/2}^0$	0.00000
2	$3s^2 3p$	$^2P_{3/2}^0$	0.17180
3	$3s 3p^2$	$^2D_{3/2}$	2.72689
4	$3s 3p^2$	$^2D_{5/2}$	2.74719
5	$3s 3p^2$	$^2S_{1/2}$	3.32333
6	$3s 3p^2$	$^2P_{1/2}$	3.54036
7	$3s 3p^2$	$^2P_{3/2}$	3.61328

Тооцооллын үр дүн

(2) тэгшитгэлүүдийн системийг өгөгдсөн эрчим, титэмийн загвараар FeXIV ионы энергийн долоон түвшин бүрийн хувьд бодсон үр дүнг хүснэгт 2, 3-т харуулав.

Хүснэгт 2-г тооцооллын гол үр дүн болох мензелийн коэффициентийн (b_i / b_1) харьцааг түвшин бүрийн хувьд хэд хэдэн T_e , n_e – ийн утгуудад бодсон дүнг харуулсан байна.

Хүснэгт 2. Хэд хэдэн T_e , n_e -ийн утгууд дээр тодорхойлсон мензелийн коэффициентүүдийн (b_i / b_1) харьцаа, $D = 0.4$. ($a \pm b \equiv a \times 10^{\pm b}$).

Түвши i	$n_e = 10^8$			$n_e = 10^7$		
	$T_e = 10^6$	2×10^6	10^7	10^6	2×10^6	10^7
1	.1000+01	.1000+01	.1000+01	.1000+01	.1000+01	.1000+01
2	.1179-01	.9406-02	.6949-02	.5245-02	.4949-02	.4659-02
3	.1125-09	.6859-10	.3063-10	.1123-10	.6853-11	.3061-11
4	.1288-11	.6913-12	.2723-12	.5730-13	.3638-13	.1825-13
5	.2917-10	.2215-10	.1284-10	.2914-11	.2214-11	.1283-11
6	.1025-10	.7803-11	.4479-11	.1013-11	.7743-12	.4461-12
7	.4742-11	.3537-11	.2061-11	.4596-12	.3461-12	.2038-12

Хүснэгт 2.-ийн үргэлжлэл

Түвшин i	$n_e = 10^9$			$n_e = 10^6$		
	$T_e = 10^6$	2×10^6	10^7	10^6	2×10^6	10^7
1	.1000+01	.1000+01	.1000+01	.1000+01	.1000+01	.1000+01
2	.7208-01	.5151-01	.2916-01	.4585-02	.4501-02	.4429-02
3	.1142-08	.6916-09	.3076-09	.1123-11	.6852-12	.3061-12
4	.7874-10	.3786-10	.1143-10	.5010-14	.3308-14	.1735-14
5	.2940-09	.2225-09	.1287-09	.2914-12	.2213-12	.1283-12
6	.1132-09	.8368-10	.4652-10	.1012-12	.7737-13	.4459-13
7	.6084-10	.4249-10	.2278-10	.4582-13	.3454-13	.2036E-13

Хүснэгт 3. n_i / N_T харьцаа, $D = 0.4$.

Түвш ин i	$n_e = 10^8$			$n_e = 10^7$		
	$T_e = 10^6$	2×10^6	10^7	10^6	2×10^6	10^7
1	.9776+00	.9818+00	.9863+00	.9899+00	.9903+00	.9908+00
2	.2243-01	.1822-01	.1367-01	.1011-01	.9671-02	.9206-02
3	.1430-09	.1086-09	.5787-10	.1445-10	.1094-10	.5810-11
4	.2448-11	.1639-11	.7715-12	.1103-12	.8700-13	.5195-13
5	.1687-10	.1673-10	.1201-10	.1707-11	.1686-11	.1206-11
6	.5728-11	.5793-11	.4177-11	.5734-12	.5798-12	.4180-12
7	.5240-11	.5221-11	.3840-11	.5143-12	.5154-12	.3815-12

Хүснэгт 3.-ийн үргэлжлэл

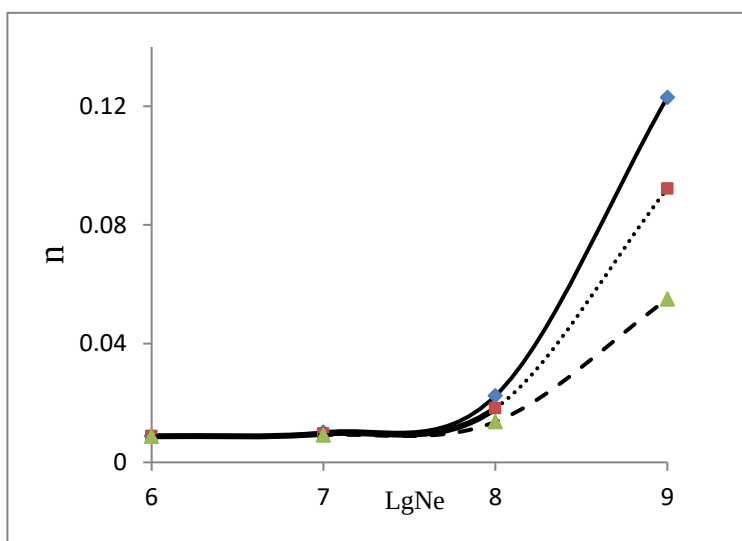
Түвшин i	$n_e = 10^9$			$n_e = 10^6$		
	$T_e = 10^6$	2×10^6	10^7	10^6	2×10^6	10^7
1	.8770+00	.9077+00	.9450+00	.9912+00	.9912+00	.9912+00
2	.1230+00	.9226-01	.5497-01	.8846-02	.8803-02	.8756-02
3	.1302-08	.1012-08	.5569-09	.1447-11	.1095-11	.5813-12
4	.1343-09	.8300-10	.3102-10	.9654-14	.7919-14	.4941-14
5	.1525-09	.1554-09	.1154-09	.1709-12	.1688-12	.1207-12
6	.5674-10	.5744-10	.4157-10	.5735-13	.5799-13	.4180-13
7	.6031-10	.5800-10	.4068-10	.5133-13	.5148-13	.3813-13

Хүснэгт 3-т мензелийн коэффициентийн харьцаагаар энергийн түвшин бүрийн хувьд тодорхойлсон суурьшилтын харьцангуй (n_i / N_T) тоон утгыг үзүүлээ. Эдгээр тооцооллоос харахад түвшний суурьшилт (n_i) термодинамикийн тэнцвэрт утгаас ихээхэн хол байна. Нарны титэм дэх FeXIV ионы хувьд термодинамикийн тэнцвэрт нөхцөл огт биелэгдэхгүй байгаа нь харагдаж байна.

Хүснэгт 4. Тооцооллын зарим үр дүнгүүдийн харьцуулалт (n_i / N_T)

Түвшин i	n_i / N_T $T_e = 10^6 K$			
	$n_e = 10^8$		$n_e = 10^9$	
	Bhatia (1994)	Манай	Bhatia (1994)	Манай
1	0.985	0.9776	0.874	0.8770
2	0.152-01	0.2243E-01	0.126	0.1230+00
3	0.720-10	0.1430E-09	0.653-9	0.1302-08
4	0.169-10	0.2448E-11	0.243-9	0.1343-09
5	0.794-11	0.1687E-10	0.747-10	0.1525-09
6	0.702-11	0.5728E-11	0.653-10	0.5674-10
7	0.388-11	0.5240E-11	0.452-10	0.6031-10

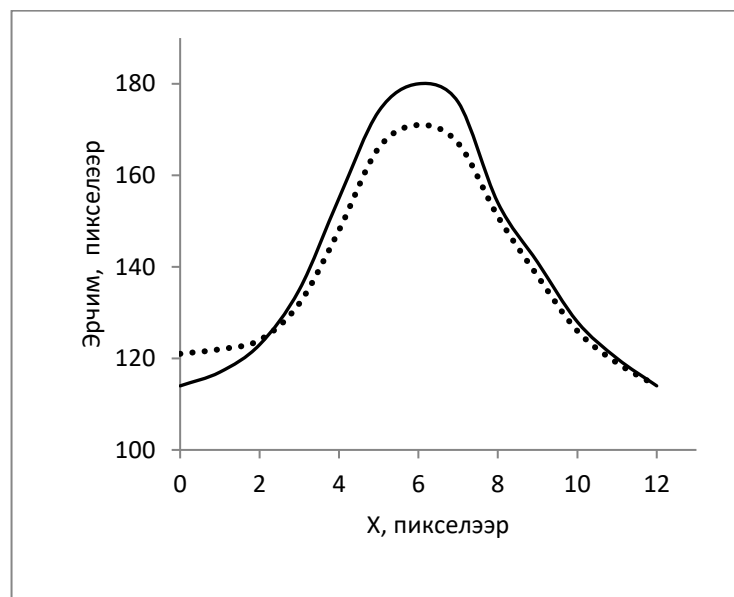
$\lambda 5303\text{\AA}$ шугамаар ажиглагдах цацрагийн хэмжээ нарны төвөөс r зайнд $I(r) = n_2 A_{21} h\nu [\frac{ergs}{cm^3} / sec]$. Иймд n_2 / N_T харьцаа $\lambda 5303\text{\AA}$ шугамын эрчмийг тодорхойлох ба нарны төвөөс r_1, r_2 зайд ($r = R_\odot = 1$) тодорхойлсон хоёрдугаар түвшний суурьшилтуудын харьцаа $n_2(r_2)/n_2(r_1)$ температураас сул, электрон концентраци ба эрчмээс хүчтэй хамаарч байна. Иймд тухайн шугамын үүсэлд электроны концентрац, эрчим хоёр чухал үүрэгтэй байна. Хүснэгт 4-т тооцооллын үр дүнг бусад ажлын дүнтэй харьцуулсан байдлыг харууллаа. Эдгээр үр дүнгүүд хоорондоо эрэмбээр зөрөхгүй байна.



Зураг 2. Хоёрдугаар түвшний харьцангуй суурьшил (n), электрон концентрац (n_e) хоёрын хамаарлыг температурын хэд хэдэн утга дээр харуулав. Энд үргэлжилсэн муруй нь $T_e = 10^6 K$, цэгээр нь $T_e = 2 \times 10^6 K$, тасархай зураас нь $T_e = 10^7 K$ -д харгалзана.

Зураг 2.-аас үзэхэд $n_e < \sim 10^7$ үед T_e -ээс үл хамааран тухайн шугамын эрчим огцом буурч ажиглагдах боломжит хэмжээнээс доош орж байна. Зураг 1-т үзүүлсэн спектр дэх шугамын өндрөөс харахад ойролцоогоор $r > 1.25$ үеэс шугам ажиглагдахгүй болж байна. Үүнийг Зураг 3-т үзүүлсэн ажиглалтын контур-хэлбэрээс (Зураг 1.а) харж болно. Энд нарны төвөөс тэнцүү зайд ($\rho_1, \rho_2 = \rho_1 + \Delta\rho, \rho_3 = \rho_2 + \Delta\rho$) шугамын контур-хэлбэрийг байгуулсан байна ($\rho^2 + y^2 = r^2$, Шкловский 1962).

Нарны төвөөс холдох тусам шугамын оргил эрчим $I(\rho)$ -ийн хоорондын зай багасаж байгаа боловч жигд биш өөрчлөгдөж байна. Мөн түүнчлэн ажиглалтын эрчим $I(\rho)$ -ийг давтамжаар интеграл авах замаар шугамын хэлбэрийн талбайг олж болно. Тэдгээрийн талбайн харьцаа нь $S(\rho_2)/S(\rho_1) \sim 0.56$, $S(\rho_3)/S(\rho_2) \sim 0.7$ байгаа зэрэг нь бидний тооцооллын үр дүнтэй тохирч байна.



Зураг 3. $FeXIV$ ионы $\lambda 5303\text{\AA}$ шугамын ажиглалтын хүрээ-хэлбэрүүд (Зураг 1.а) нарны төвөөс $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$ зайд (ρ_1 – үргэлжилсэн муруй, ρ_2 – цэг, ρ_3 – тасархай зураас).

Дүгнэлт

Эдгээр тооцооллоос дараах дүгнэлтийг хийж болно.

- Коэффициентүүдийн харьцаа (b_i / b_1) нэгээс ялгаа бүхий утгатай байгаа нь Нарны титэм дэх $FeXIV$ ионы энергийн түвшний суурьшилт нь термодинамикийн тэнцвэрт байдлаас ихээхэн хол байгааг гэрчилж байна.
- Энергийн үндсэн болон өдөөгдсөн түвшнээр тархах $FeXIV$ ионы суурьшилтад цацрагийн орны дундаж эрчим, электроны мөргөлдөөн, ионизаци ба рекомбинацийн шилжилтийн хурд гол нөлөөтэй байгаа нь тооцооллоос харагдаж байна. Иймд эдгээр үзэгдлүүдийг тооцож байгаа томьёонуудыг нарийвчлан тооцох, сайжруулах замаар бусад ажлуудын үр дүнтэй нарийвчлалын хүрээнд нийцүүлэх боломжтой юм.
- Энергийн долоон түвшинтэй $FeXIV$ ионы загварыг сонгон авч ТТТ системийг ионизацийн тэнцвэрийн тэгшитгэлтэй хамтруулан тооцоолох алгоритмыг боловсруулсан бөгөөд үүнийг энергийн түвшний тоог олшруулах, бусад ионы спектрийн шугамын тооцоололд хэрэглэхэд хялбар болно.

Энэхүү ажил нь ШУА-ийн ООГХ-ийн “Нарны идэвхжилийн үеийн идэвхт муж, үзэгдлүүдийн бүтэц, динамикийн судалгаа” сэдэвт суурь судалгааны төслийн (SST_010/2015) хүрээнд гүйцэтгэсэн.

Ном зүй

Arnaud M, Rothenflug R., 1985., AAS,60, 425.

Bhatia A.K., Kastner S.O & Widing K.G., 1994. , ApJ, 427,497.

Bruce C.Tarter. 1971., “ ApJ, 168, 313.”

- Bryans P., Landi E. & Savin D.W., 2009,. ApJ, 691, 1540.
- Charlotte Pecker, Richard N. Thomas. 1962. AnAp, 25,100.
- Fisher R.R. 1978. Sol. Phys., 57, 119.
- Henri Van Regemorter. 1962, . ApJ, 136, 906.
- Kanti M. Aggarwal, Francis P. Keenan,. 2014,. MNRAS, 445, 2015 .
- Mason H.E. 1975,. MNRAS, 170,651.
- Rutten R.J. 2000, . Radiative transfer in stellar atmospheres, 51.
- W.B, Brickhouse N. S. Raymond J. C & Smith. 1995,. ApJS, 97,551.
- Иванов В.В. 1969,. « Перенос излучения и спектры небесных тел, .» стр. 37.
- Цовоохүү Ч. 1972,. “ Физик математикийн хүрээлэнгийн бүтээл, .” 10, 183.
- Шкловский И.С. 1962,. Физика солнечной короны, стр.23 .

УЛААНБААТАР ХОТ ОРЧМЫН НАРНЫ НИЛ ЯГААН ЦАЦРАГИЙН ЭРЧИМ

Б.Түвшинжаргал¹, Д.Батмөнх¹, Г.Даваахүү¹, Д.Мөнхманлай¹

¹ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэн

Хураангуй. Энэхүү судалгааны ажлаар Улаанбаатар хот орчмын нарны нил ягаан цацрагийн эрчмийг тодорхойлж, түүний нарны өндрөөс хамаарах хамаарлыг гаргав. Мөн хамгийн бага квадратын аргаар нил ягаан цацрагийн эрчим ба нарны өндрийн хамаарлыг илэрхийлэх эмпирик томъёог хавар, зун, намрын улирал тус бүрд гаргасан болно. Түүнчлэн агаар мандлын тунгалагжилтын коэффициентийг тодорхойлж түүний жилийн явцыг үзүүлэв.

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

Оршил

Агаар мандалд сүүлийн хэдэн арван жилд хлор, фтор, нүүрстөрөгчийн нэгдлүүд бүхий бодисуудын агууламж ихэссэнээр озоны сийрэгжилт эрчимтэй явагдаж, улмаар нарны нил ягаан цацрагийн (НЯЦ) тун хэмжээ ихсэж байна. Одон орон, геофизикийн хүрээлэнгийн Астрофизикийн салбар нь 2000 оноос эхлэн 365 ± 12 нм долгионы муж дахь нарны НЯЦ-ийн эрчмийг VLX-3W маркийн багажаар Хүрэл Тогоот дахь хэмжилтийн байнгын цэгт, мөн хөдөө орон нутгуудад явуулын хэмжилт хийж гүйцэтгэдэг (ООГХ 2007-2010), (А. с. ООГХ 2011-2013).

Энэхүү судалгааны ажилд 2008-2016 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.

Судалгааны арга зүй

1. Нарны нил ягаан цацрагийн эрчим ба нарны өндрийн хамаарал

Тухайн цэг дэх НЯЦ-ийн эрчмийн нарны өндрөөс хамаарах хамаарлыг тодорхойлохдоо хамгийн бага квадратын аргыг хэрэглэж болно (<http://www.efunda.com/math/least-squares/least-squares.cfm>. 2000).

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

$(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$, $n \geq 3$ 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.

2. 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.

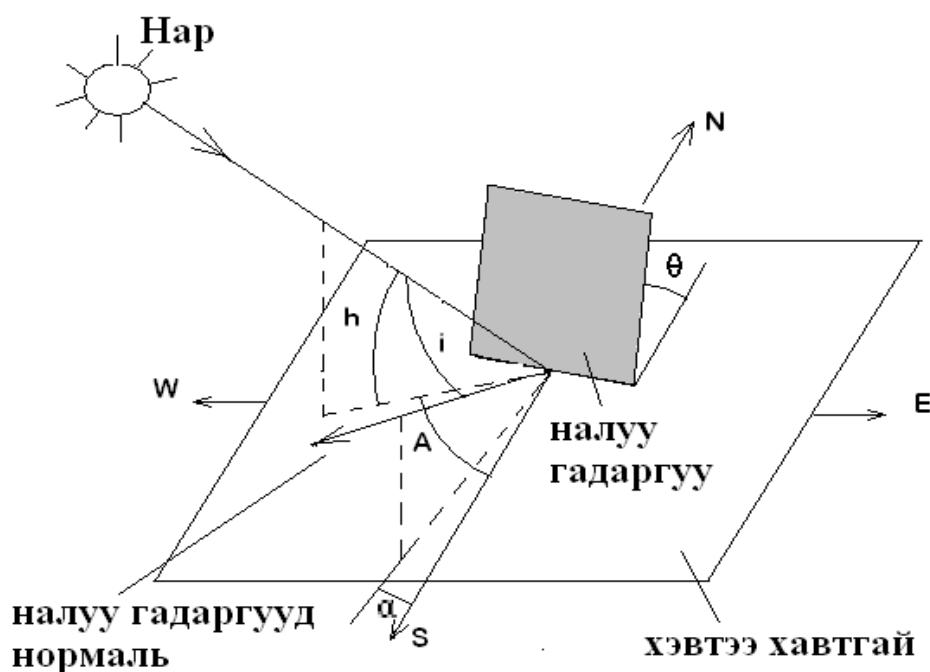
Агаар мандлын тунгалагжилт нь агаар мандалд явагдаж буй физик процесстой нягт уялдан агаар мандлын оптик төлөвийг тодорхойлох нэг чухал үзүүлэлт бөгөөд цаг агаарын хувьсал өөрчлөлтийг үүсгэгч ерөнхий синоптикийн болон нутаг орны байдал цаг уурын өвөрмөц онцлогтой холбогдон хувьсаж байдаг.

Бидний хэмжсэн нийлбэр цацрагийн хэмжилтээс шулуун цацрагийн эрчмийг тодорхойлох шаардлага тулгарсан тул дараах аргыг хэрэглэв.

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

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

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:

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

Өөрөөр, (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 (Hiromy Baba and Kimio Kamayama n.d.):

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

Энд дараах тэмдэглэлүүдийг хэрэглэе.

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

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:

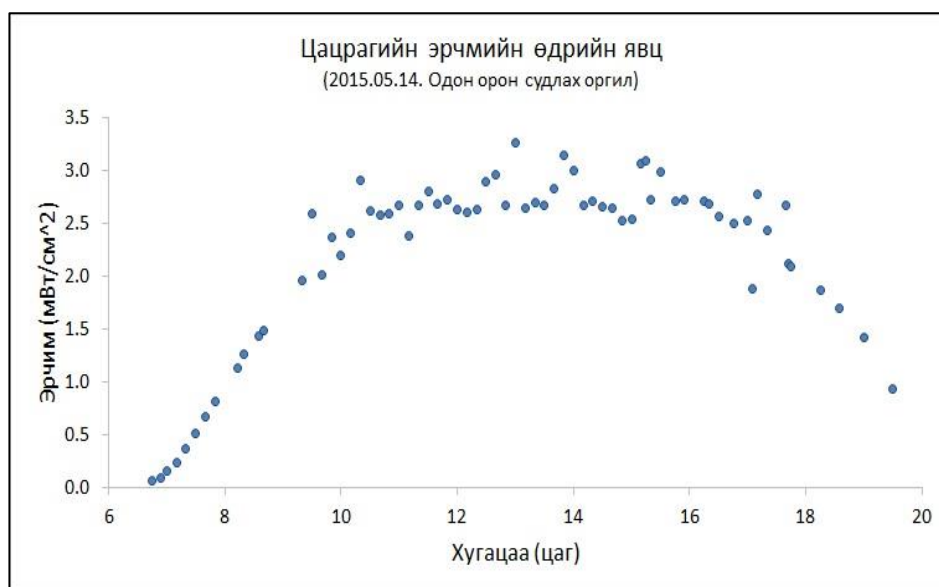
$$R = \frac{R' - x_3}{x_1 - x_3} \quad (10)$$

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

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.

Судалгааны үр дүн

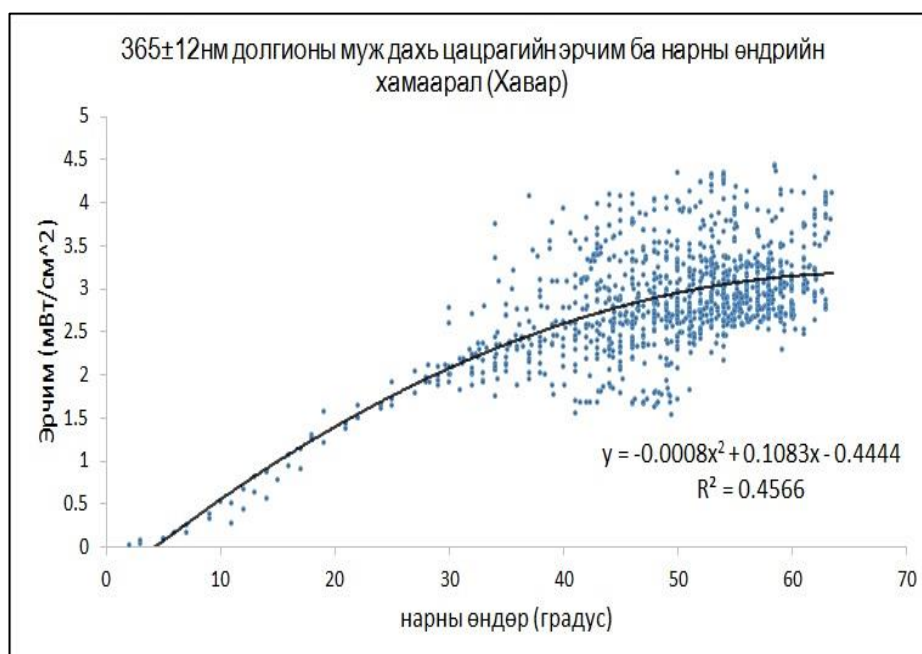
Хүрэл Тогоот дахь Одон орныг судлах оргилд хийгдсэн хэмжилтийн дүнг ашиглан 365 ± 12 нм долгионы муж дахь нарны НЯЦ-ийн эрчмийн муруйн өдрийн явцыг зураг 2-д харуулав.



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

Зураг 2.-оос харахад НЯЦ-ийн эрчим нь өглөөнөөс үд дунд хүртэл алгуур өсөж тэгш хэмтэйгээр орой хүртэл буурсан харагдаж байна.

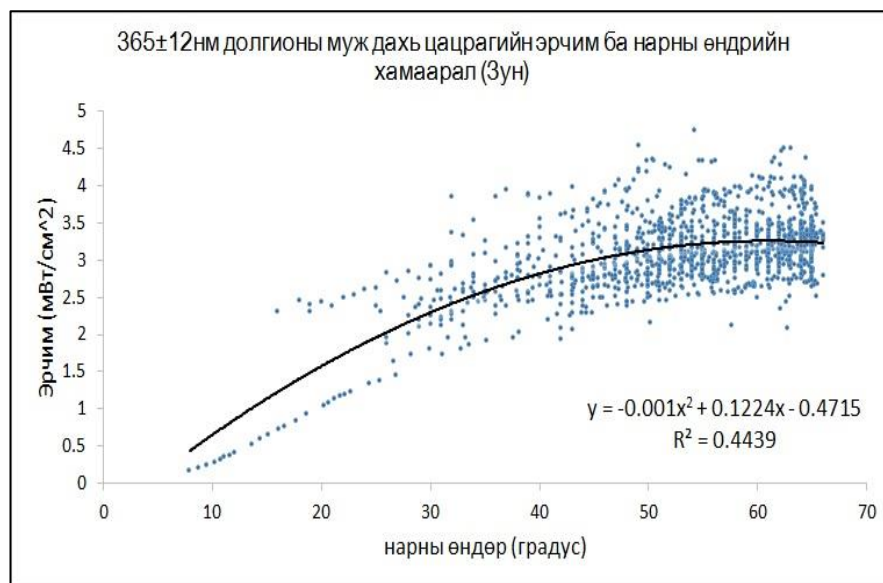
Тэнгэр цэлмэг байх үеийн 100 гаруй өдрийн хэмжилтийг түүвэрлэн НЯЦ-ийн эрчим ба нарны өндрийн хамаарлыг хамгийн бага квадратын аргаар хавар, зун, намрын улирал тус бүрт тодорхойлж, НЯЦ-ийн эрчим нарны өндрөөс хамаарах эмпирик томъёог гарган авлаа (Зураг 3,4,5).



Зураг 3. Хаврын улиралд нормаль гадаргад тусах 365±12нм долгионы муж дахь нарны нийлбэр цацрагийн эрчмийн нарны өндрөөс хамаарах хамаарал.

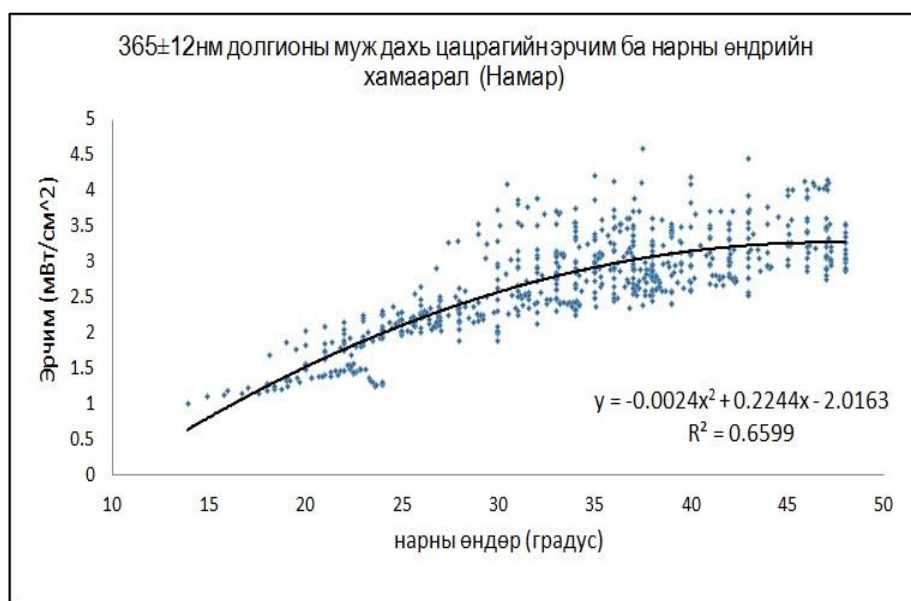
$$S_{NT} = k(-0.0008h^2 + 0.1083h - 0.4444)$$

Энд: k - багажийн эрчмийг хөрвүүлэх коэффициент.



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

$$S_{NT} = k(-0.001h^2 + 0.1224h - 0.4715)$$



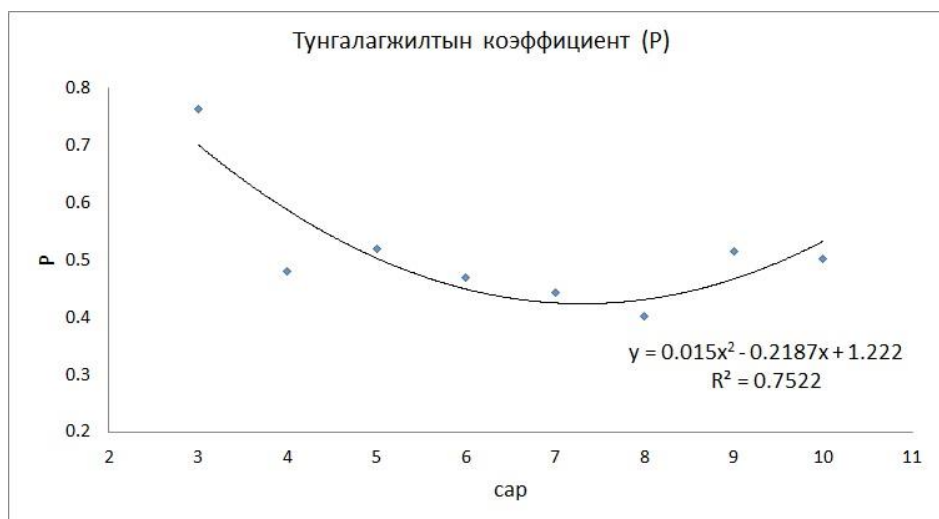
Зураг 5. Намрын улиралд нормаль гадаргад тусах 365 нм долгионы муж дахь нарны нийлбэр цацрагийн эрчмийн нарны өндрөөс хамаарах хамаарал.

$$S_{NT} = k(-0.0024h^2 + 0.2244h - 2.0163)$$

Дээрх үр дүнгээс үзэхэд нарны НЯЦ-ийн эрчим нь нарны өндөр дээшлэх тутамд буюу агаар мандлын оптик зузаан багасахад ихэсдэг зүй тогтол голлон ажиглагдаж байгаа ч агаар мандлын физик төлөв байдлын өөрчлөлтөөс хэлбэлзэж 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 тооцов (<http://www.patarnott.com/atms749/pdf/SolarConstantZeroAirMass>

2000). Боловсруулалт болон тооцооллыг програмчлалын Фортран хэл дээр алгоритм бичиж гүйцэтгэсэн бөгөөд үр дүнд тухайн хугацаанд харгалзах шулуун цацрагийн эрчим (S_{ND}), нарны өндөр (h) ба агаар мандлын тунгалагжилтын коэффициент (P)-ийн утга тодорхойлогдоно. Агаар мандлын тунгалагжилтын коэффициент (P)-ийн утгуудыг тодорхойлж түүний сар бүрийн дундаж утгуудаар жилийн явцыг зураг 6.-д харуулав.



Зураг 6. Улаанбаатар хот орчмын P коэффициентийн сар бүрийн дундаж утга.

Дүгнэлт

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

1. Нарны нил ягаан цацрагийн эрчим нь нарны өндрөөс хамаарч дараах илэрхийллээр тодорхойлогдоно.

Хаврын улиралд: $S_{NT} = k(-0.0008h^2 + 0.1083h - 0.4444)$

Зуны улиралд: $S_{NT} = k(-0.001h^2 + 0.1224h - 0.4715)$

Намрын улиралд: $S_{NT} = k(-0.0024h^2 + 0.2244h - 2.0163)$

Эдгээр илэрхийлэл нь өндөр нарийвчлал шаардагдахгүй практик хэрэглээнд ашиглагдах боломжтой. Өөрөөр хэлбэл, тухайн газар нутагт нарны өндрийн тодорхой утгад НЯЦ-ийн эрчмийг олох боломжтой.

2. Улаанбаатар хот орчмын агаар мандлын тунгалагжилтын коэффициент нь хавар, намрын улиралд өссөн, зуны улиралд буурсан хандлагатай байна.

Энэхүү ажлыг ШУА-ийн ООГХ-ийн “Нарны идэвхжилийн үеийн идэвхт муж, үзэгдлүүдийн бүтэц, динамикийн судалгаа” сэдэвт суурь судалгааны төслийн хүрээнд гүйцэтгэсэн юм.

Ном зүй

Hiromy Baba, and Kimio Kamayama. n.d. Studies on Measurement and Estimation of Solar Radiation. 2000. <http://www.efunda.com/math/leastquares/leastquares.cfm>.

2000. <http://www.patarnott.com/atms749/pdf/SolarConstantZeroAirMass>.

ООГХ, Астрофизикийн сектор. 2007-2010. "Нарны Н-альфа ба хэт ягаан цацрагийн ажиглалт, спектрийн судалгаа" сэдвийн эрдэм шинжилгээний тайлан."

ООГХ, Астрофизикийн сектор. 2011-2013. "Нарны идэвхжилийн үеийн идэвхт муж, үзэгдлүүдийн бүтэц, динамикийн судалгаа" сэдвийн эрдэм шинжилгээний тайлан."

“ТАВАН ТОЛГОЙ”, “ХҮРЭЛТОГООТ” ОРЧМЫН УУР АМЬСГАЛЫН ШИНЖ ТӨЛӨВИЙГ ХАРЬЦУУЛЖ ҮЗЭХ НЬ

М.Батболд¹, Г.Даваахүү¹

¹ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэн

Хураангуй. Улаанбаатар хотоос 55 км зайд байрлах “Таван толгой”-д одон орон, геофизикийн судалгааны чиглэлээр дуран авай, бусад тоног төхөөрөмж байрлуулж, хэмжилт судалгаа явуулахад орчны цаг уурын төлөв байдал, одон орны уур амьсгалын нөхцөл, нөлөөлөх хүчин зүйлийн талаар судлах шаардлагатай учраас “Таван толгой” дахь хэмжилт судалгааны “Агаарын дээжис хэмжих” станц, Хүрэлтогоотын GPS-ийн цаг уурын станцын хэмжилтийн материалд тулгуурлан, харьцуулан авч үзсэнийг энэхүү өгүүлэлээр танилцуулж байна.

Түлхүүр үг: агаарын даралт, чийг, температур, салхины хурд, GPS станц, “Агаарын дээжис хэмжих” станц, Богд хан уул, “Хүрэлтогоот”, “Таван толгой”

Оршил

Монгол орон Евроазийн эх газрын төвд, далайн түвшнээс нэлээд өндөр өргөгдсөн субтропикийн их даралтын бүсийн хойно оршдог учраас уур амьсгал, байгаль экологид үйлчлэх далайц их өндөртэй гэж судлаачид үздэг.

Таван толгой” нь Улаанбаатараас баруун хойш 52 км зайд, өргөргийн 47 градус 53 минут, уртрагийн 106 градус 20 минут, далайн түвшнээс 1704 м өндөр, эргэн тойрондоо толгод, өндөрлөг газраар хүрээлэгдсэн, зүүн хойд хэсэгтээ хусан ойтой баруун ба өмнөд зүүн талдаа хаах уулгүй, алсын барааны үзэгдэлт сайтай газар юм. Богд хан уулын зүүн хойд хэсэгт өргөргийн 47°51'50", уртрагийн 107°03'02", далайн түвшнээс 1608 м өндөрт орших Хүрэлтогоотын Одон орон судлах оргилын эргэн тойронд нь шинэс, хус, улиас бүхий холимог ойн бүрдэлтэй учраас байгаль экологийн хувьд ойн уур амьсгалын шинжийг хадгалж байдаг.

Судалгааны арга зүй

Сүүлийн 5-6 жилийн хугацаанд тасралтгүй бүртгэсэн “Таван толгой” дахь “Агаарын дээжис хэмжих” станцын хэмжилтийн материалд тулгуурлан агаарын даралт, температур, чийг, салхины хурд, зүг чигийн давтагдалтыг 8цаг, 16цаг, 24 цагуудад хийгдсэн хэмжилтийн утгуудаар цаг уур, уур амьсгалын онцлог шинж чанарыг жилийн дөрвөн улирлаар гаргаж, “Хүрэлтогоот”-ын орчинд GPS станцын хэмжсэн цаг уурын үзүүлэлтэй харьцуулахад орчны агаарын температурын дундаж утга улирлын хувьд ойролцоо харин чийгийн хувьд Хүрэлтогоот орчмынхоос чийг бага байгаа нь тухайн орчны байгаль экологи газарзүйн тогтоцтой уялдаатай юм (Ц.Адъяасүрэн, Богдхан уулын экосистем 1997) (Г.Даваахүү 1977).

Таван толгой орчин дахь салхины зонхилох чиглэлийг өвөл, хавар, намрын сараар тооцож үзэхэд баруун, баруун өмнөөс, зуны улиралд өмнө, баруун өмнөөс зонхилж байна. Сүүлийн 5 жилийн материалаас үзэхэд салхигүй тогтуун байх нь VII, XII сар бол их салхитай үе нь II-VI, IX, X сар. “Таван толгой” орчинд их хүчтэй салхи 2006 оны 6-р сарын 6,7 өдрүүдэд (21-22,5 м/с-ийн хурдтайгаар) тэмдэглэгдсэн байна. Бид салхины

өөрчлөлтийг агаарын даралтай уялдуулж үзэхэд зун, намар, өвлийн улиралд агаарын даралтын дундаж хэмжээ 840-844 мб, харин хаврын сард 835-838 мб болж буурч байгаа нь салхи үүсэх нөхцөлийг үүсгэх ба тэр орчинд салхины хүчийг багасгаж бууруулах ой мод харьцангуй бага байгаатай бас холбож үздэг юм. Харин астрономийн ажиглалт, хэмжилт хийхэд намар, өвлийн шөнийн цагуудад салхины чиглэл баруун өмнөөс, салхины дундаж хурд 5м/с, агаарын дундаж температур нэмэх 3 хэмээс хасах 12 хэм, чийгшил 64 хувь, агаарын даралт 842 мб -ийн төлөвийг хадгалж байна (Н.Тунгалаг, 2011-2012), (Хүснэгт 1.2.3.4).

Хүснэгт 1. "Таван толгой" хаврын улиралын цаг уурын үзүүлэлт

Цаг Он	Зүг чиг			Хурд			Даралт			Температур			Чийг		
	8	16	24	8	16	24	8	16	24	8	16	24	8	16	24
2011	216	237	230	5	8	6	838	838	839	-2	-2	-0,9	57	39	50
2012	229	263	205	5	7	4	823	823	823	0	4	1	57	42	51
2013	229	266	218	6	8	5	842	841	842	0	4	0	52	43	48
2014	221	263	209	6	7	5	842	841	841	0	4	1	50	35	45
2015	226	263	217	6	8	5	823	840	841	-3	0	-15	65	50	59
2016	248	269	247	15	8	5	843	842	843	-1,7	2	-0,7	59	45	83
Дүн	227	260	221	7	7	5	835	837	838	-1,1	2,6	-2,4	56	42	56

Хүснэгт 2. "Таван толгой" зуны улиралын цаг уурын үзүүлэлт

Цаг Он	Зүг чиг			Хурд			Даралт			Температур			Чийг		
	8	16	24	8	1	24	8	16	24	8	16	24	8	16	24
2011	192	229	176	8	5	4	837	842	840	12	16	13	69	50	62
2012	207	228	180	6	6	5	841	841	841	17	21	16	58	47	60
2013	229	266	218	6	8	5	842	841	842	0	4	0	52	43	48
2014	208	244	177	6	7	5	841	841	837	13	17	12	65	47	62
2015	213	236	174	5	6	6	841	839	834	15	19	15	65	47	61
2016	208	267	185	5	6	4	841	841	837	14	17	14	69	51	63
Дүн	226	245	185	6	6	4	840	840	838	11	15	10	63	47	59

Хүснэгт 3. "Таван толгой" намрын улиралын цаг уурын үзүүлэлт

Цаг Он	Зүг чиг			Хурд			Даралт			Температур			Чийг		
	8	16	24	8	1	24	8	16	24	8	16	24	8	16	24
2012	240	258	227	5	6	5	845	845	845	0,6	8,8	1,2	64	56	58
2013	207	228	180	6	6	5	841	841	841	1,7	2,1	1,6	58	47	60
2014	230	252	234	17	7	5	844	844	844	-0,8	1,1	0,2	66	53	62
2015	229	261	233	4	6	5	845	844	839	-6	-4	-1	74	59	66
2016	240	263	233	4	6	4	845	844	843	-0,2	3,8	0,9	69	59	61
Дүн	229	246	221	7	6	5	844	843	842	-4,7	11,8	2,9	66	54	61

Хүснэгт 4. “Таван толгой” өвлийн улиралын цаг уурын үзүүлэлт

Цаг Он	Зүг чиг			Хурд			Даралт			Температур			Чийг		
	8	16	24	8	1	24	8	16	24	8	16	24	8	16	24
2012	166	268	249	3	9	6	843	842	843	-13	-11	-13	64	63	63
2013	243	245	235	4	5	6	841	844	844	-10	-9	-9	66	64	62
2014	254	268	249	4	5	4	845	836	845	-28	-14	-15	65	66	66
2015	265	261	266	5	5	5	841	839	842	-15	-14	-15	60	62	60
2016	255	254	250	5	5	5	840	837	840	-18	-17	-18	72	74	73
Дүн	236	259	249	4	5	5	842	840	842	-16	-13	-14	65	65	64

Хүрэлтогоотын Одон орон судлах оргил орчимд жилийн 140-158 хоногт өвөл болж хамгийн их хүйтэн нь 1 сард хасах 27,9 хэм хүрч хүйтэрдэг бөгөөд ойд цас нэлээд унаснаас 10-40 см-ийн пасан бүрхүүл 11 сарын хоёр дахь арав хоногоос эхлэн тогтож, 120-125 хоног үргэлжлэх ба хавар III сарын хоёр дахь арав хоногоос арилдаг байна. Жилд унах хур тунадасны хувьд харьцангуй их. Хамгийн их хур тунадас 2004 онд (659 мм) унасан нь бусад цаг уурын станцад бүртгэгдсэнээс хавьгүй их тэмдэглэгдсэн байна. Судлаачид ойн агаарын чийгшлийн горимыг нэлээд өвөрмөц, дулаан хүйтэндээ урвуу хамааралтай гэж үздэг (Ц.Адьяасүрэн, Богдхан уулын экосистем 1997).

Хүрэлтогоот орчмын агаарын чийгийн дундаж хэмжээ 60-65 хувьтай. Уулын хотгор гүдгэрээс шалтгаалж салхины хурд, зүг чиг нэлээд өөрчлөлтэй ч жилийн дундаж хурдны хэмжээгээр авч үзэхэд салхигүй тогтуун (0.9-2.3 м/сек) байх нь их, салхины зонхилох чиглэл нь баруун, баруун хойноос, зуны улиралд өмнө, зүүн өмнөөсөө ажиглагддаг байна (Д.Лхагвасүрэн 1978).

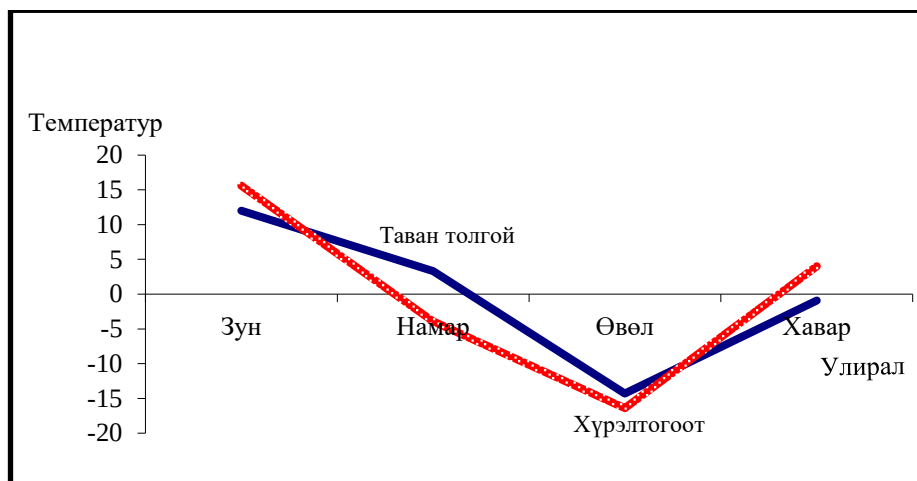
Үүлшилтийн хувьд хаврын улиралд их, зун, намар, өвөлд (2-5 балл буюу) харьцангуй бага, жилийн цэлмэг өдрийн давтагдал буюу астрономийн ажиглалт хийх магадлалт хугацаа (жилд дунджаар 1900 цаг) нэлээд их байгаа нь бусад одон орон судлалын (Маунт Вильсон, Майданак, Санглок зэрэг) төвүүдтэй дүйцэхүйц хагас цэлмэг, цэлмэг байх тохиолдол их юм. Астрономийн ажиглалт явуулах цэлмэг өдрийн тоог сүүлийн 3 жилийн хугацаанд тооцож үзэхэд намар өвлийн саруудад цэлмэг байх магадлал бусад саруудаас их (70%- тай), 270 удаа хагас цэлмэг, цэлмэг шөнө тохиолдож хэмжилт хийх боломжит нөхцөлийг бүрдүүлсэн байна (Н.Түгжсүрэн 2011).

$$N_{ш} = N_{цш} + 0.3N_{хцш}$$

Үүнд: $N_{цш}$ – тухайн сарын цэлмэг шөнийн тоо, $N_{хцш}$ – хагас цэлмэг байх шөнийн тоо

Өвлийн улиралд их даралтын муж тогтвортой байхад дээд, дунд мандлын үүл ажиглагддаг бол хавар, зуны улиралд бага даралтын муж идэвхжиж, үүлших процессыг нэмэгдүүлдэг нь астрономийн ажиглалтад сөрөг нөлөөтэй юм.

Таван толгой, Хүрэлтогоотын орчинд хэмжсэн агаарын температурын сүүлийн 3 жилийн (2013-2016) дундаж утгуудыг харьцуулж үзэхэд зуны улиралд хэт халалтгүй, өвөлд хүйтрэх нь тогтвортой, намар, хавар сэрүүвтэр байх төлөвийг хадгалж байна (Зураг 1).



Зураг 1. Таван толгой, Хүрэлтогоотын агаарын температурын харьцуулалт (2013-2016 он)

Үр дүн

“Таван толгой” орчим салхины хурд “Хүрэлтогоот” орчмынхоос харьцангуй их байгаа нь оптик ажиглалт явуулахад нөлөөллийн хувьд их байна.

Дүгнэлт

1. Одон орон геофизик судалгааны Хүрэлтогоотын орчин нь байгаль экологи, газарзүйн тогтоц болон уур амьсгалын үндсэн үзүүлэлт агаарын температурын (гурван хугацааны) дундаж утгаар авч үзэхэд зунд дулаан, намар, өвөл, хаврын саруудад хүйтэн боловч агаарын даралт, чийгийн үзүүлэлтээр тогтвортой утгыг хадгалж байна. Салхины дундаж хурдны хэмжээгээр авч үзэхэд салхигүй тогтуун (0.9-2.3 м/сек) байх нь их, салхины зонхилох чиглэл нь баруун, баруун хойноос, зуны улиралд өмнө, зүүн өмнөөсөө ажиглагддаг байна.
2. Харин “Таван толгой” орчин нь салхи ихтэй, зонхилох чиглэл нь өвөл, хавар, намрын улиралд баруун, баруун өмнөөс, зуны сард өмнө, баруун өмнөөс, нэлээд (4-7 м/с) салхитай байдаг.

Астрономийн ажиглалт явуулахад үүл багатай улирал нь намар, өвлийн улирал бөгөөд сүүлийн 3 жилийн хугацаанд хагас цэлмэг, цэлмэг шөнө тохиох нь элбэг байлаа.

Ном зүй

- Г.Даваахүү. 1977. “Климатическая характеристика Хурел-Тогота.” Ф М Х-ийн бүтээл 16 15-17.
- Д.Лхагвасурен, Г.Даваахүү. 1978. “О влияние ветра на результаты астрономических наблюдений службы времени.” ФТХ-ийн бүтээл 17 112-114.
- Н.Тунгалаг. 2011-2012. “Орос-Монголын хамтарсан монг_а төслийн тайлан.” УБ.
- Н.Тунгалаг. 2011-2012. “Түргэн шилждэг одон орны үзэгдлүүд дэлхий орчмын хиймэл болон” УБ.
- Н.Тунгалаг.
- Н.Түгжсүрэн. 2011. Монгол улсын шинжлэх ухаан. Боть 69. УБ.
- Ц.Адъяасүрэн. 1997. “Богдхан уулын экосистем” БОЯ.УБ 10-13.
- Ц.Адъяасүрэн. 1997. “Богдхан уулын экосистем.” БОЯ.УБ 10-13.

ДЭЛХИЙН ЭРГЭЛТИЙН ПАРАМЕТРУУДИЙН ӨӨРЧЛӨЛТӨД ВЕЙВЛЕТ ХУВИРГАЛТЫГ АШИГЛАСАН ЗАРИМ ҮР ДҮНГҮҮД

Д.Баатархүү¹, Д.Лхагвасүрэн¹, Ш.Амаржаргал¹

¹ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэн

Хураангуй. Дэлхийн эргэлдэх хөдөлгөөний өнцөг хурд буюу хоногийн үргэлжлэх хугацаа (LOD), Дэлхийн туйлын солбицлуудын (x, y) өөрчлөлтийг 1962-2015 оны хоног тутмын мэдээгээр тодорхойлж, тус бүр дээр нь хугацаа-давтамжийн хамаарлыг вейвлет хувиргалтаар гаргаж, геофизикийн зарим үзэгдэлтэй харьцуулан судалсан үр дүнгийн талаар энэхүү ажилд тусгасан болно.

Түлхүүр үг: Хоногийн үргэлжлэх хугацаа, дэлхийн туйлын шилжилт, вейвлет хувиргалт

Оршил

Дэлхийн хөдөлгөөнд дэлхийн тэнхлэгээрээ эргэлдэх хөдөлгөөн буюу хоногийн үргэлжлэх хугацаа, дэлхийн туйлын шилжилт гэсэн хоёр хөдөлгөөн голлох байрыг эзэлдэг. Хоногийн үргэлжлэх хугацаа, дэлхийн туйлын агшин зуурын байрлалын утгуудыг дэлхийн эргэлтийн параметрууд гэж нэрлэдэг. Энэ хоёр хөдөлгөөн нь үндсэндээ дэлхийн гадаад ба дотоод дахь геофизикийн үзэгдлүүдтэй холбоотой байдаг, өөрөөр хэлбэл, Нар, Сар, гаригуудын нөлөө, дэлхий дээр болж байгаа байгалийн янз бүрийн гэнэтийн үзэгдлүүдтэй (нарны идэвхжилт, хүчтэй газар хөдлөл, цунами, агаар мандлын массын хуваарилалт, цас мөсний хайлалт зэрэг) уялдаа холбоотой байдаг. Дэлхийн эргэлтийн параметр, түүний хувьслыг судлах нь байгаль, цаг уурын өөрчлөлт, дэлхий нийтийн динамик процессууд, тэдгээрийн холбоо, хамаарлыг судлах, дэлхийн тухай шинжлэх ухааны олон салбар дахь мэдлэг, мэдээллийг өргөжүүлэн гүнзгийрүүлэх шинжлэх ухаан, практикийн чухал ач холбогдолтой юм. Энэ судалгаа нь өнөөгийн байгаль, цаг уур, экологийн өөрчлөлт, дэлхийн дулаарал зэрэг тулгамдсан асуудалтай нягт холбоотой учир олон улсын хэмжээнд ихээхэн анхаарч байгаа билээ.

Аргачлал

Онолын тооцоогоор тодорхойлсон тэнгэрийн эрхсийн байрлалын утга ажиглалтын утгаас зөрж байгаа нь дэлхийн эргэлдэх хөдөлгөөний жигд биш эргэлтээс болдог гэдгийг тогтоосон (O.Dickey 1995), (Gross 2007). Дэлхийн эргэлтийн өнцөг хурд буюу хоногийн үргэлжлэх хугацааны өөрчлөлтийг тодорхойлохдоо астрономийн аргаар тодорхойлсон хугацаа, энэ агшинд нарийн тодорхойлсон эталон хугацаа (86400 сек.) хоёрын зөрүүг олох зарчим дээр үндэслэгддэг (Д.Баасанжав 2016).

Бид судалгааныхаа материалыг Монголын ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэнд байдаг Олон Улсын ULAB GPS (Глобаль Байршлын Систем) байнгын станцын өгөгдөл материалын мэдээ мөн манай хүрээлэнд ирүүлдэг Оросын Цаг Давтамжийн Албаны (ГСБЧ) тогтмол гаргадаг материал, VLBI (Хэт Урт Суурт Интерферометр), SLR (Дагуулын Лазер Зай хэмжигч) болон бусад сансрын сүүлийн үеийн техник хэрэгслийг ашиглан гаргадаг Олон Улсын Дэлхийн Эргэлтийн Албаны (ОУДЭА, IERS), www.iers.org/IERS/EN/Data/Earth Orientation Data/ Вэб сайтны /EOP 08 C04/ серийн мэдээг тус тус ашигласан.

Судалгаандаа бид вейвлет хугацаа-давтамжийн спектрал анализын аргыг хэрэглэсэн. Энэхүү арга нь астрономи болон бусад шинжлэх ухаан, техник, технологи зэрэг бүхий л салбарт тавигдсан туршилтын асар том мэдээллийг боловсруулахад онол, хэрэглээний олон төрлийн загварчлалд хугацаа давтамжийн вейвлет хувиргалыг их хэрэглэж байна. Энэ хувиргалт орчин үеийн шинжлэх ухаанд хамгийн найдвартай өндөр нарийвчлалтай математик аппарат болж байна.

Үүнд $f(t)$ гэсэн хугацааны цувааны Вейвлет хувиргалт нь дараах томъёогоор тодорхойлогдоно.

$$W_{\psi}(f)_{(a,b)} = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad (3)$$

$\psi(t)$ нь үндсэн вейвлет, a – тэлэлт/шахалтын хуваарийн үзүүлэлт, давтамжийн шинж чанарыг илэрхийлдэг, b – хугацааны шилжилтийг төлөөлдөг. Энд дараах схемийг Гроссман болон Морле 1982, Добечи 1992, Чао болон Найто 1995 нар боловсруулж нормчилсон. (Benjamin F. Chao 2014)

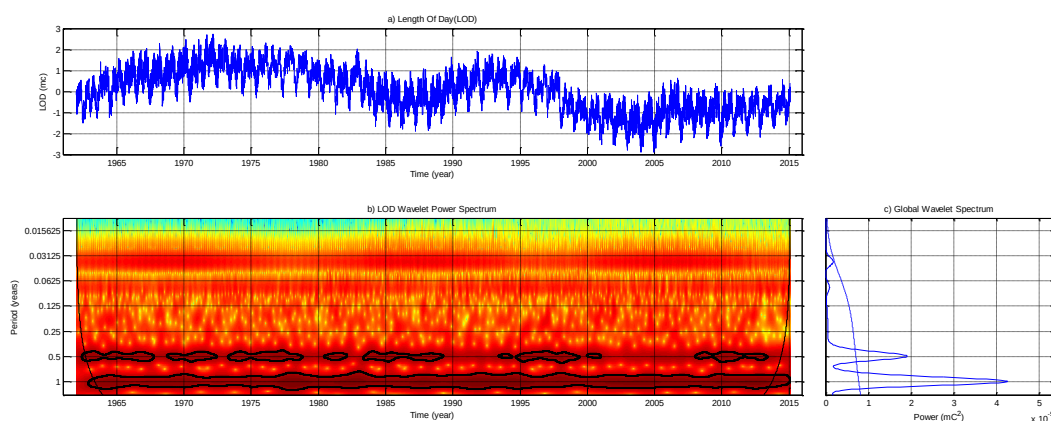
$$\psi\left(\frac{t-b}{a}\right) = \frac{1}{\sqrt{2a\pi}} \exp\left[-\frac{(t-b)^2}{2a^2}\right] \exp\left[\frac{i\omega(t-b)}{a}\right] \quad (4)$$

ω – осциляцийн давтамжийн тоог илэрхийлнэ.

Дээрх аргуудыг бид Дэлхийн эргэлдэлтийн параметруудийн өөрчлөлтийг судлахад хэрэглэсэн. Тооцоо боловсруулалтын ажлыг МатЛаб программын олон гишүүнтээр дундажлах болон Морлет Вейвлет функцийг ашиглан гүйцэтгэсэн. (Christopher Torrence 1998), (Benjamin F. Chao 2014)

1. Хоногийн үргэлжлэх хугацааны өөрчлөлтийн судалгаа

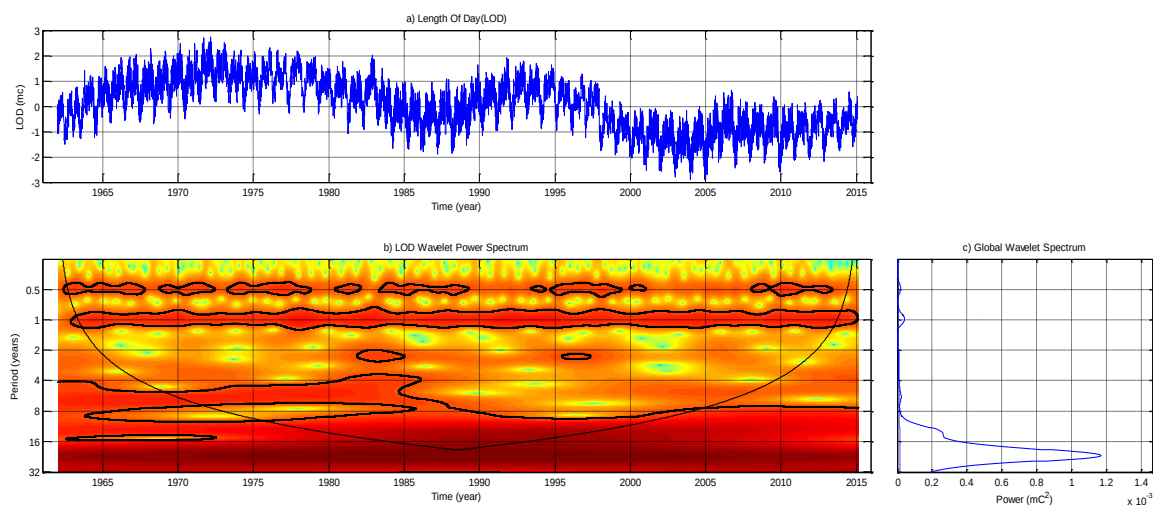
Бид хоногийн үргэлжлэх хугацааны цуваанд вейвлет хувиргалт хийж тодорхой хэлбэлзлийн үеүдийг тодорхойлж, үе тус бүр дээр нь хугацаанаас хамааруулан гаргалаа.



Зураг 1.1. 1962-2015 оны турш хоног тутмын мэдээгээр авсан ХҮХ-ны вейвлет хувиргалт (1 жил доторх үеүдийн хугацааны хамаарлыг харуулав).

1 жил доторх хоногийн үргэлжлэх хугацааны өөрчлөлтийн вейвлет хувиргалт дээр 13.66 хоног; 27.55 хоног болон 0.5, 1 жилийн үетэй хэлбэлзлүүдийг хугацаанаас хамааруулан тодорхойлж гаргалаа. 1 жилийн үе нь бүх хугацааны турш далайц ихтэй хамаарсан бол 0.5 жилийн үе нь тодорхой хугацаанд далайц их, бага байгаа нь харагдаж байна. Тухайлбал, 1990-1995, 2000-2008 оны хооронд далайц бага байгаа бол 1962-1990, 1995-2000, 2008-2013 далайц ихтэй байна. Бага үетэй хэлбэлзэлд анализ хийвэл 13.66 хоногтой үе нь тодорхой ижил хугацааны дараа далайц ихтэй хамаарал байгаа нь график дээрээс харагдаж байна. Энэ нь 1962-2015 оны хооронд 1970, 1988, 2006 онуудад

дунджаар 18 жил тутамд далайц ихтэй байна. Үүнийг бусад үзэгдэлтэй холбон үзвэл Сарны тойрог замын прецессийн-шилжээний 18.6 жилийн үетэй тохирч байна (зураг1.1).



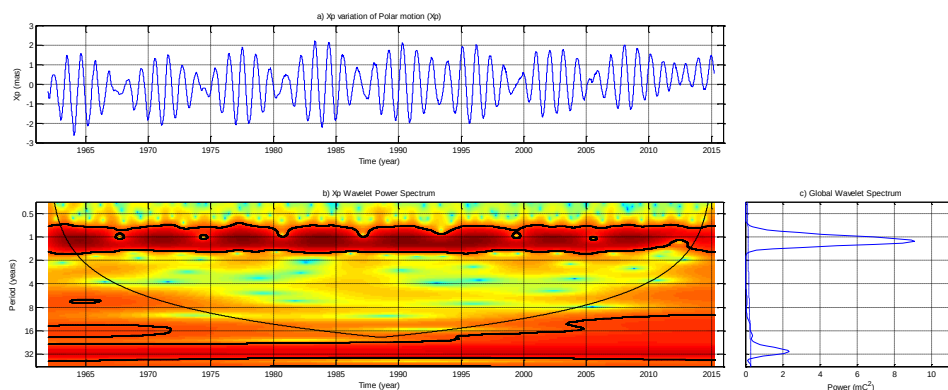
Зураг 1.2. 1962-2015 оны турш хоног тутмын мэдээгээр авсан ХҮХ-ны вейвлет хувиргалт (0.5-32 жил доторх үеүдийг харуулав)

1 жилээс гаднах Хоногийн үргэлжлэх хугацааны өөрчлөлийн вейвлет хувиргалт дээр 3, 6 болон 22 жилийн үетэй хэлбэлзлүүд ажиглагдсан. 3 жилийн үетэй нь 1982-1985, 1995-1998 оны хооронд далайц ихтэй, 6 жилийн үетэй нь 1962-1985, 2000-2010 оны хооронд далайц ихтэй байна. Харин 22 жилийн үе нь бүх хугацааны турш далайц ихтэй байна. Энэ нь Нарны идэвхжилийн 22 жилийн үетэй тохирч байна (Зураг1.2).

2. Дэлхийн туйлын шилжилтийн судалгаа

Дэлхийн эргэлтийн тэнхлэг нь дэлхийн бүх биетэйгээ харьцангуйгаар (бие дотроо) бага зэрэг хэлбэлзэж байдаг. Энэ тэнхлэг дэлхийн гадаргатай огтолцох цэгүүд болох дэлхийн туйлууд (хойт ба өмнөд) дэлхийн гадарга дээгүүр шилжин хөдөлж байдаг.

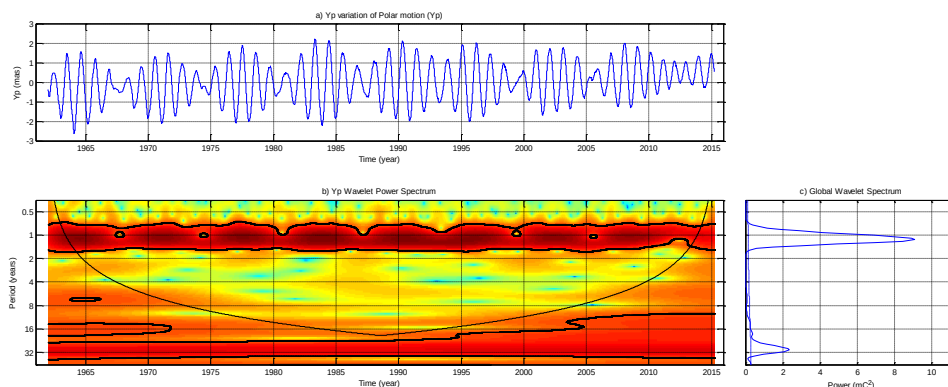
Ажиглалтын тухайн үеийн байрлалд байгаа дэлхийн туйлыг агшин зуурын туйл х,у гэнэ. Бид дээрх ОУДЭА болон ГСВЧ-ийн гаргадаг дэлхийн туйлын байрлалын солбицлын (х,у) утгыг ашиглан 1962-2015 оны дэлхийн туйлын шилжилтийн замыг тодорхойлсон юм. Дэлхийн туйлын Х,У утгуудад хугацаа-давтамжийн вейвлет хувиргалт хийсэн.



Зураг 2.1. 1962-2015 оны турш хоног тутмын мэдээгээр авсан туйлын хөдөлгөөний Х-ийн хувьслын вейвлет хувиргалт (0.5-32 жил доторх үеүдийг харуулав).

Туйлын хөдөлгөөний Х-ийн 1962-2015 оны өөрчлөлтийг хугацаа-давтамжийн вейвлет хувиргалт хийж 14 сар буюу 435 хоногтой Чандлерийн хэлбэлзлийн үеийг хугацаанаас хамааруулан гаргалаа (Зураг 2.1).

Туйлын хөдөлгөөний Y-ийн 1962-2015 оны өөрчлөлтийг хугацаа-давтамжийн вейвлет хувиргалт хийж 14 сар буюу 435 хоногтой Чандлерийн хэлбэлзлийн үеийг хугацаанаас хамааруулан гаргалаа (Зураг 2.2).



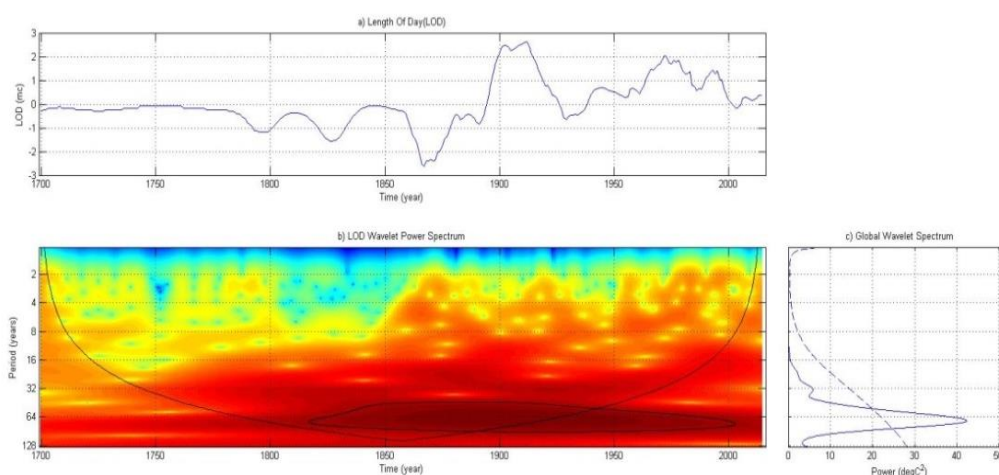
Зураг 2.2. 1962-2015 оны турш хоног тутмын мэдээгээр авсан туйлын хөдөлгөөний Y-ийн хувьслын вейвлет хувиргалт (0.5-32 жил доторх үеүдийг харуулав).

3. Хоногийн үргэлжлэх хугацаа ба нарны идэвхжил

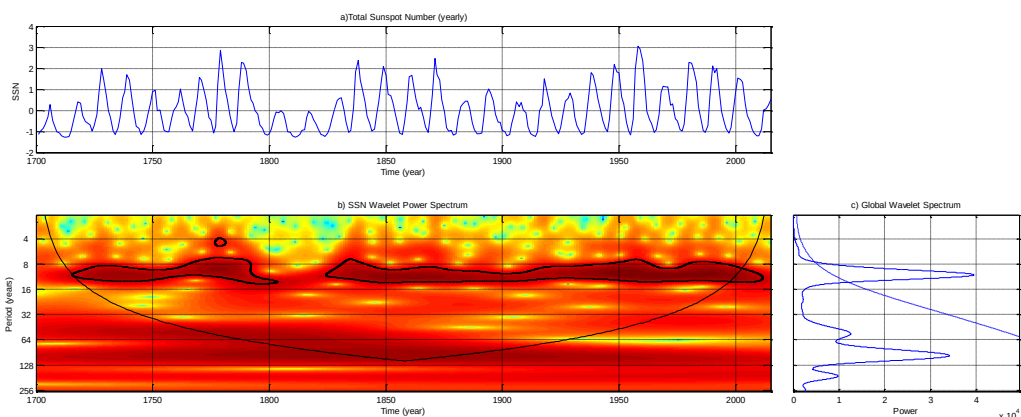
Хоногийн үргэлжлэх хугацааны өөрчлөлтийн вейвлет хувиргалтан дээр 32, 72 жилийн хэлбэлзлийн үеүд ажиглагдаж, 72 жилийн нь 1820-2000 оны хооронд далайц ихтэй байна (Зураг 3.1).

Нарны идэвхжилийн вейвлет хувиргалт дээр 11, 57, 96 жилийн хэлбэлзлийн үеүдийг хугацаанаас хамааруулан гаргав. 11 жилийн үе 1720-1800 он, 1830-2010 оны хооронд далайц ихтэй байсан нь графикаас харагдсан (Зураг 3.2).

Дээрх хоёр хувиргалтыг харьцуулан үзэхэд аль алинд нь 1830-2000 оны хооронд далайц ихтэй байгаа нь тодорхой ажиглагдаж байна.



Зураг 3.1. 1700-2015 оны турш жил тутмын мэдээгээр авсан ХҮХ-ны өөрчлөлтийн вейвлет хувиргалт (1-128 жил доторх хэлбэлзлийн үеүдийн хугацааны хамаарлыг харуулав).



Зураг 3.2. 1700-2015 оны турш жил тутмын мэдээгээр авсан Нарны идэвхжлийн Вейвлет хувиргалт (1-256 жил доторх үеүдийг харуулав).

Дүгнэлт

Үечилсэн өөрчлөлтөд жилийн доторх улирлын чанартай өөрчлөлтөөс гадна 6 жилийн үетэй өөрчлөлт байгаа нь илэрч байна.

Сүүлийн 50-иад жилийн хоногийн өөрчлөлтөд вейвлет хувиргалт хийж үзэхэд 1 жилийн дотор 13.66, 27.55 хоног болон 0.5, 1 жилийн үетэй хэлбэлзлүүд, харин 1 жилээс илүү хугацаанд 3, 6, 22 жилийн үетэй хэлбэлзлүүд байгаа нь мэдэгдлээ.

Дэлхийн туйлын байрлалыг сүүлийн 50-иад жилийн байдлаар судлан үзэхэд туйлын шилжилтийн эргүүлэг хэлбэртэй зам 6 жилийн үетэйгээр агшиж сунаж, өөрөөр хэлбэл, дэлхийн туйлын агшин зуурын байрлал дундаж туйлаас ийм үетэйгээр ойртож, холдож байна.

Нарны 11, 22 жилийн давтамжтай үеэс гадна 57.6, 96 жилийн давтамжууд хоногийн үргэлжлэх хугацаа болон нарны идэвхжилийн аль алинд нь тодорхой илэрч байна.

Ном зүй

- Benjamin F. Chao, WeiYung Chung, ZongRong Shih and YiKai Hsieh. Earth's rotation variations: a wavelet analysis. Terra Nova, 26, 260-264, 2014.
- Chapanov, Ya. and Gambis, D. Correlation between the solar activity and the Earth rotation. Paris : Conf. Journees 2007, 2007.
- Christopher Torrence, Gilbert P. Compo. A Practical Guide to Wavelet Analysis. Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 61-79, 1998.
- Gross, R.S. Earth Rotation Variations. Elsevier, Amsterdam: Treatise on Geophysics, Vol.11, 2007.
- http://www.iers.org/nn_10964/sid_1EFEADC9C99A1C5340C8D5E5A2D8A6FA/IERSEN/DataProducts/data.html. n.d.
- O.Dickey, Jean. Earth Rotation: Theory and Observation. American Geophysical Union: Global Earth Physics, 1995.
- [www.iers.org/IERSEN/Data/Earth Orientation Data/EOP 08 C04/](http://www.iers.org/IERSEN/Data/Earth%20Orientation%20Data/EOP%2008%20C04/). n.d.
- Д.Баасанжав, Д.Лхагвасүрэн. Астрономи. УБ, 2016.
- Н.С., Сидоренков. Нестабильности вращения земли. М.,: Наука, 2002.

САНСРЫН ГАММА ГЯЛБААТ ТЭСРЭЛИЙН ОПТИК АЖИГЛАЛТ

Б.Гантуяа¹, Н.Тунгалаг¹

¹ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэн

Хураангуй. Сансрын гамма-гялбаат тэсрэлийг 1973 оноос сансраас судалж эхэлсэн бөгөөд 2004 оноос тэсрэлийн дараах оптик гэрэлтлийг газрын ажиглалтаар ажиглаж эхэлсэн. Монголд 2012 оноос эхлэн “Астрометрийн судалгаа” сэдэвт ажлын хүрээнд 19.2 см-ийн VT-78a, 40 см-ийн ОРИ-40 дурангуудаар Дэлхий орчмын жижиг биетүүдийг ажиглаж эхэлсэн. 2013 оноос ОРИ-40 дурангаар Сансрын Гамма-гялбаат Тэсрэлийн (СГТ) оптик ажиглалт хийгдэж байна. СГТ-ийг судалж буй өндөр түвшний программ хангамж дээр боловсруулалт хийж гамма-гялбаат тэсрэлийн эх үүсвэрийг ялган үр дүнг GCN Circular (The Gamma-ray Coordinates Network Circular)-т хэвлүүлэн GRB (СГТ)-ийн олон улсын судалгаанд мэдээлэл хуримтлуулахад хувь нэмэр оруулж байгаа Одон орон судлалын шинэ чиглэлийн ажил юм.

Түлхүүр үг: The Gamma-ray Coordinates Network Circular, GRB, Сансрын гамма-гялбаат тэсрэл

Оршил

Сансрын гамма-гялбаат тэсрэл бол Орчлон дахь хамгийн хүчтэй тэсрэлүүдийн нэг юм. GRB нь хэдэн арван мянгаас хэдэн зуун мянган электрон-вольт энергитэй сансрын гамма цацраг гаргадаг үүсгүүрүүдийн гэнэтийн богино хугацааны идэвхжил юм. Энэ үзэгдлийг сүүлийн 50 жил идэвхтэй судалж байгаа боловч мөн чанар нь одоо хүртэл тодорхойгүй байгаа юм. Дэлхий дээрээс ажиглах буюу одон орны газрын ажиглалтын эрин үед ийм тэсрэл байдгийг хэн ч таамаглаж байгаагүй, тэгээд ч газрын ажиглалтаар илрүүлэх боломжгүй бөгөөд зөвхөн 1973 онд Америкийн цэргийн хиймэл дагуул Vela тохиолдлоор нээсэн байдаг. Судалж эхэлсэн анхны жилүүдэд GRB жилдээ 5-8 удаа ажиглагдаж байсан учраас ховор үзэгдэл гэж үзэж байв. 1970-аад оны сүүлчээр гамма-гялбаат тэсрэлийг судлах зориулалтын хүлээн авагчийг Зөвлөлт Холбоот Улсын гариг хоорондын Венера-11, 12 автомат станцуудад суурилуулан ажиллуулж эхэлсэн. Энэ станц 1979-1983 онуудад ажиллан нийт 160 гаруй тэсрэлт бүртгэж, GRB-ийн шинж чанарыг тайлбарлах эхний алхмууд хийгдсэн.

Тэсрэлүүд тэнгэрийн мандалд жигд тархсан буюу тэнгэрийн хаана ч үзэгдэж болно, мөн тэсрэл эхэлснээс хойш суларч замхрах хүртэлх энергийн тархалт нь үргэлжлэх хугацаанаас хамааран 1, ихэнх тохиолдолд 2 максимумтай байдгийг тогтоосон. Тэсрэл нь хэдхэн секунд, эсвэл секунд хүрэхгүй хугацаанд явагдах ба замхрал нь хэдэн минут байж болно. 1991 онд Америкийн Комптон Гамма Дуранг (Compton Gamma-Ray Observatory) сансарт хөөргөсөн ба энэ дуран дээр 20-2000 кэВ энергийг мэдрэх чадвартай BATSE (Burst and Transient Search Experiment) төхөөрөмж суулгасан байв. Энэ дуран 2000 он хүртэл 9 жил тасралтгүй ажиллахдаа 2000 гаруй тэсрэлийг бүртгэн GRB-ийн өгөгдлийн санг мэдэгдэхүйц баяжуулж, тэдгээрийн тэнгэрийн мандал дахь тархалт болон энергийн тархалтын тухай таамгуудыг бататгаж өгсөн юм.

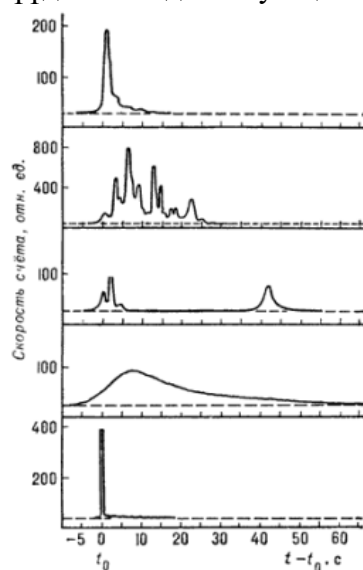
GRB -ийн эх үүсвэрийн тухай 2 үндсэн таамаглал байдаг. Энэ нь нэг бол манай Галактикийн төвд үүсдэг, эсвэл алсын галактикуудад үүсдэг, космологийн шинж чанартай үзэгдэл гэсэн таамаглал юм. 1997 онд ВерроSAX сансрын дуран нэг тэсрэлийг бүртгэн түүний тэнгэрийн мандал дээрх байрлалыг хэдхэн минутын нарийвчлалтай тогтоож чадсан ба ингэснээр байрлалыг нь сайтар мэдэж байгаа үед тэсрэлийн дараах

оптик гэрэлтлийг газрын ажиглалтаар ажиглах боломжтой гэдгийг тогтоосон. Гэрэл замхарснаас хойш 2 долоо хоногийн дараа энэ газарт галактик байгааг нээсэн нь гамма-гялбаат тэсрэлүүд алсын галактикт үүсдэг гэдгийг мөн баталж өгсөн юм.

GRB -ийг үүслийн механизмаар нь 2 ангилдаг (Зураг 1). Үүнд:

Нэгдүгээрт, богино хугацааны тэсрэлүүд – хос одны системийн нягт ихтэй одууд, жишээлбэл, нейтрон од, хар нүх, хоорондоо нийлэх үед үүсдэг. Энэ төрлийн гамма-гялбаат тэсрэлүүд 2 с-ээс бага хугацаатай байна.

Хоёрдугаарт, урт хугацааны тэсрэлүүд – эдгээр нь гол төлөв масс ихтэй оддын цөм эвдэрч задарснаас үүдэлтэй. Мөн зарим тохиолдолд хэт шинэ одны тэсрэлийн үед дагалддаг. Урт хугацааны тэсрэлүүд 2 с-ээс дээш хугацаанд явагдана.



Зураг 1. GRB төрлүүд. Босоо тэнхлэг: Нэгж хугацаан дахь фотонуудын харьцангуй тоо, хэвтээ тэнхлэг: тэсрэл эхэлсэн үеэс тоолсон хугацаа.

Аргачлал

Одон Орон, Геофизикийн Хүрээлэнгийн “Хүрэл тогоот” Одон орны оргилд гамма тэсрэлийн, дараах оптик гэрэлтлийг ажигладаг. Ажиглалтыг Бага гараг, сүүлт од, сансрын хог хаягдлын астрометрийн ба фотометрийн ажиглалт явуулахад зориулагдсан FLI ML09000 CCD камер, GPS-хүлээн авагч, 3 өнгийн фильтр, 3056x3056 px- матрицын, 12 μm - пикселтэй, 2,26°x2,26°-талбаатай, 4,67"/px- масштабтай 40 см-ийн ORI-40 толин ойлтын кассегрен дурангаар явуулдаг (Зураг 2). GRB нь хэзээ ч болж болох тохиолдлын үзэгдэл учраас тэсрэлийн дараах гэрэлтлийн ажиглалтыг урьдаас төлөвлөх боломжгүй байдаг.

Сансрын тойрог замд хөөргөсөн Америкийн BAT/Swift (Burst Alert Telescope on the Swift) дуран INTEGRAL одон орны оргилоос GRB-г бүртгэсэн даруй байрлалыг нь тогтоосон мэдээлэл Дэлхийд өгдөг ба энэ мэдээллийн дагуу аль болох хурдан хугацаанд ажиглалтыг зохион байгуулдаг.

Жишээ: GRB 160223B

GRB_RA: 94.9937d {+06h 19m 58s} (J2000),

GRB_DEC: +33.4074d {+33d 24' 27"} (J2000).



Зураг 2 .ORI-40

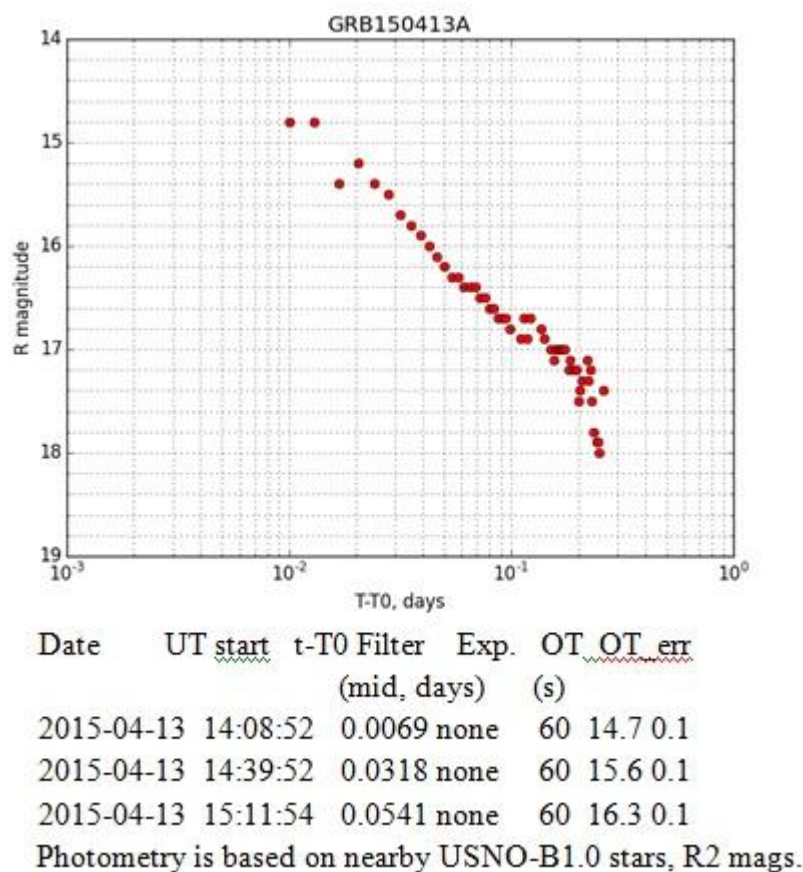
Энэ мэдээллийг авсны дараагаар ажиглалтыг тухайн мэдээллээр ирсэн үзэгдэл болох үед Дуран удирдах CHAOS программ, камер удирдах CamControl программуудыг ашиглан ОРИ-40 дурангаар GRB ажиглалтыг хийж мэдээллийг цуглуулдаг. GRB, бага гариг, бусад объектын астрофизикийн ажиглалт хийхэд фонын зураг, хавтгай талбайн зураг заавал авах шаардлагатай. Тэсрэлийн дараах оптик гэрэлтлийг 10-15 минутын турш 60 секундйн зураг авч GRB ажиглалтаар FITS өргөтгөлтэй ажиглалтын материалуудыг цуглуулдаг. Үүссэн FITS файлуудаа IRAF- зураг боловсруулж дүн шинжилгээ хийх программ хангамжийг ашиглан ажиглалтын материалыг задалж эмхэтгэн чанар сайтай зургуудыг нэгтгэн авч цуглуулсан мэдээллийг боловсруулан хэмжилтийн утгаар GRB гэрлийн муруйг тооцоолон байгуулж үр дүнг гарган авдаг (Минаев П.Ю.).

Үр дүн

Мэдээллийг боловсруулах IRAF программ хангамжийг зүгшрүүлж цуглуулсан мэдээллийг боловсруулж хэмжилтийн утгаар GRB150413A гамма-гялбаат тэсрэлийн гэрлийн муруйг тооцоолон байгуулж үр дүн гарган авсан (Зураг 3).

Дүгнэлт

Ажиглалтын үр дүнд энэхүү объект нь ердийн гамма гялбаат тэсрэлтийн оптик аналог буюу тэсрэлтийн дараах гэрэлтэл мөн гэж дүгнэсэн. Эх үүсвэрийн талаарх дүгнэлт болон анхдагч энергийн тухай дүгнэлт хийгээгүй болно. Ажиглалтын үр дүн GCN циркулярын 17592 дугаарт хэвлэгдсэн (<http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/17692.gcn3>). Энэ GRB150413A тэсрэлийг өөр 30-н одон орны оргилд ажигласан (оптикоос гадна спектр ажиглалт хийгдсэн), үр дүнгүүд нь бүгд дээрх циркулярт хэвлэгдсэн. Олон ажиглалтын мэдээг шинжлэн боловсруулсны дүнд эх үүсвэр ба энергийн талаарх дүгнэлтийг хийдэг. Эхний байдлаар рентген эх үүсвэр ойр хавьд нь байхгүй гэж дүгнэсэн.



Зураг 3. GRB150413A гамма-гялбаат тэсрэлийн гэрлийн муруй

Ном зүй

- Минаев П.Ю. 2014. “Исследование коротких транзиентных событий в гамма-диапазоне по результатам космических лабораторий INTEGRAL, Swift и Fermi.” PhD диссертацийн ажил, 106 хх. Москва, ОХУ-ын ШУА-ийн Сансар судлалын хүрээлэн.
- Вольнова Алина. 2015. “Фотометрийн аргын хэрэгсэлүүд болон онцлогууд.”
- Таруса. 2015. “Фотометр болон астрофизик: онол, практик.” Школа-семина.
- Р.Буянхишиг. 2015. “Апертурная фотометрия.” гарын авлага.

АСТРОНОМИ, АСТРОФИЗИКИЙН ОЛИМПИАДЫН ТЭМЦЭЭНИЙ БЭЛТГЭЛЭЭР ЭЗЭМШИХ УР УХААН, СУДЛАГДАХУУНЫ НЭР ТОМЬЁО ОРЧУУЛГЫН АСУУДАЛД

Ч.Лхагважав¹, Д.Батмөнх¹, Д.Улам-Оргих²

¹Шинжлэх ухааны академийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэн

²Монгол Улсын Их Сургууль

Abstract. Translation is a complex multifaceted phenomenon, some aspects of which can be the subject of research of different sciences. It is clear that a scientific term should provide a clear and precise reference to real objects and phenomena, establish an unambiguous understanding of the information transmitted by the specialists. Therefore special requirements are imposed to this type of words. Therefore, special requirements are imposed on this type of words. First of all, the term should be exact, i.e. it should have a strictly defined meaning, which can be revealed by a logical definition that establishes the place of the concept expressed by the term in the system of concepts of a given field of science or technology, in particular, astronomy and astrophysics. And the term should be unambiguous and independent of the context. In this article some examples of translations of astronomical and astrophysical terms to the Mongolian language are considered, which do not well satisfy these principles. We proposed variants of the formulation of some astronomical and astrophysical terms by the example of the translation of IOAA syllabus.

Key words. Terminology's translation, in basic astronomical and astrophysics concepts in Mongolian language, translations of astronomical and astrophysical terms, syllabus of International Olympiad on Astronomy and Astrophysics

Оршил

Орчин үеийн хэл шинжлэлийн судалгааны сэдвийн хүрээнд тулгамдсан хийгээд онолын шийд хүлээсэн олон нарийн нийлмэл асуудал байгаагийн дотор үндэстэн угсаатнуудын төрөлх хэл хоорондын аман болон бичгийн харилцаа яриа ойлголцлын үндэс – үгсийн утга санаа, өгүүлбэрийн агуулга хөрвүүлэх үйлийн судалгааны чиглэл чухал байр суурьтай бөгөөд энэ нь хэл зүйн шинжлэх ухааны судлагдахууны томьёоллоор бол орчуулга буюу орчуулгын үйл ажиллагаа юм (Паршин А., 2017). Орчуулгын тусгай онолоор үнэлбэл, тодорхой үүрэг зориулалтын хэв маягт хамаарах өгүүлбэр, ухагдахуун, ойлголт, мөн нэр томьёоны болон аливаа төрөл судлагдахууны орчуулгын үед олон утгатай үгийн агуулгын оноолт, найруулгын нийцэмж, ойлгомж оновчтой байснаар тухайн хэрэглэгч уншигч нарт ашигтай, орчуулгын чанар үүгээр хэмжигдэнэ. Энэ бол нэг хэлнээс нөгөө уруу үг бүрийн олон агуулгаас оносныг нь шууд хөрвүүлнэ гэсэн санаа огт биш. Энэ нь аливаа шинжлэх ухааны, тухайлбал, байгаль шинжлэлийн, тэгэх тусмаа, математик, физик, хими, зоологи, анатоми, биологи, анагаах ухаан гэх мэт бүхий л салбар ухааны судлагдахуунд нэн хамааралтай. Ялангуяа, бүх шинжлэх ухааны өвөг – АСТРОНОМИ, орчин цагийн физикийн шинжлэх ухааны тэргүүлэх талбар– АСТРОФИЗИК-д, өнөөгийн манай Монголын бодит байдал дээр авч үзвэл, зайлшгүй хэрэгцээ. Астрономи, астрофизикийн нэр томьёо, өгүүлбэрийг нэг хэлнээс нөгөөд орчуулахад үгчлэн “шууд тохируулах” тохиолдолд өгүүлбэр ойлгомж муутай байвал, нарийвчлан тодруулгатай буюу найруулга зүйн сайжруулалттайгаар орчуулах шаардлагатай. Андрей Паршин “Теория и практика перевода” номондоо жишээ болгосон өгүүлбэрийг сонирхье:

«Однако было обнаружено, что рентгеновское излучение, рассеянное на атомах, содержит не только частоту ν_0 падающего излучения, но также новую частоту ν_i , которой не было в спектре первоначального рентгеновского излучения - It was discovered, however, that X-rays scattered by atoms exhibited not only the frequency ν_0 of the incident X-rays but also a new frequency ν_i not present in the original X-rays» (Паршин А., 2017). {Гэтэл, харин атомаар сарнимал рентген цацаргалт бол тусч буй эх цацаргалтын ν_0 давтамжийг төдийгүй, рентген үүсгүүрийн эх цацаргалтын спектрт нь байдаггүй шинэ ν_i давтамжийг бас агуулдаг гэдгийг илрүүлсэн.}

Энд орос, англи хэл дээрх текст хоёулаа шинжлэх ухааны нэр томьёоны болон агуулгын ямар ч алдаагүй, маш сайн найрууламжтай, өгүүлбэр аль ч хэл дээрээ нэн ойлгомжтой. Харин англи хэлнээс орчуулагч орос хэл дээр хөрвүүлэхдээ нэр томьёоны хувьд илүү нарийн оноосон байхыг чухалчилжээ. Шинэ давтамж зүгээр рентген цацраг туяанд биш, харин долгионы рентген цараа дахь эх цацаргалтын спектрт илэрдэггүй гэж тодотгожээ. Өөрөөр хэлбэл, X-rays – Рентгеновское излучение (Долгионы рентген цараа дахь цацаргалт) гэж нэр томьёог оновчлон хэрэглэсэн байна. Хэрэв тухайн энэ өгүүлбэрт “X-rays – Рентгеновские лучи” (Рентген цацраг туяа) гэвэл квант цацаргалтын механизмын агуулгыг бүрэн тодотгохгүй, илүү ахуйн хэрэглээний утга санааг илтгэх учир “спектр рентгеновского излучения” (“долгионы рентген цараа дахь цацаргалт”) гэснээр рентген квант цацаргалтын механизмын агуулга давхар тодорхой ойлгомжтой болсон төдийгүй, найруулгын ийм зохист засалга хийснээр ямар аргаар илрүүлсэнг бас дам илэрхийлсэн байна.

Орчуулгын тусгай онолоор бол шинжлэх ухааны судлагдахууны, жишээлбэл, астрономи, астрофизик, физикийн нэр томьёог орчуулахдаа түүний агуулгыг бүрэн илэрхийлэхүйц эквивалент чанар (Ванников Ю.В. и др., 1987; Феодоров А.В., 2002) тухайн хөрвүүлж байгаа хэл дээр байхгүй тохиолдолд олон хэл дээр анх үүсэн хэлээр нь хэрэглэж байгаа жишиг баримтлаагүй үед шинжлэх ухааны тухайн судлагдахууны болон ухагдахууны, ялангуяа, нэр томьёоны язгуур хэрэглээт агуулга, нэгэн утгат чанар ойлгомжгүй болж бүдгэрнэ, хоёрдмал, гуравдмал, ерөөс, ойлголтын олон утгатай болсноор анхдагч үүрэг зориулалтаа алдана. Ингэснээр уг орчуулгын нэр томьёоны хэрэглээ боломжгүй. Жишээ авч үзье. “Их Тэсрэлт”-ээс хойш 1 секундиг зуу хуваасны нэгтэй тэнцэх ногдол агшин хугацаа өнгөрсний дараа Орчлон бол электрон, позитрон, нейтрино, фотон, протон, нейтроны хольц байсан бөгөөд эдгээрийн дотор фермион бүлийн, лептон бүлгийн дахин үл хуваагдах тогтворт суурь бөөм – электрон онцгой олон шинж чанартай. Электрон сөрөг цэнэгт эгэл бөөм бөгөөд $\hbar$ гэсэн нэгжээр илэрхийлбэл, лептонтой адил $\frac{1}{2}$ -тэй тэнцүү спинтэй. Электрон аливаа атомын электронон (зөвхөн электронуудаас бүрдэгч) бүрхүүл бүрдүүлнэ. Хэрэв тэрээр орон зайн тархалтаараа үет потенциал дотор хөдөлж байвал түүний хөдөлгөөнийг квази-бөөмийн хөдөлгөөнөөр авч үздэг. Электроны e - цахилгаан цэнэг, $\hbar$ - “ 2π ”-д жигнэмэл Планкийн тогтмол болон c -гэрлийн хурд нь цахилгаан соронзон харилцан үйлчлэлийн (хүч) “эрчим”-ийг тодорхойлогч тогтмол – спектр дэх шугамын “нарийн нийлэнгэ бүтэц” (олон саланга болж задрагч)-ийн α - тогтмолыг тодорхойлдог: $\alpha = \frac{e^2}{\hbar \cdot c} \approx + = \frac{1}{137}$ – “нийлэнгэ бүтэц”-ийн тогтмол.

Мөн m_e - электроны масс, e - электроны цэнэг болон $\hbar = h/2\pi$ - Планкийн жигнэмэл тогтмол нь Борынхоор атомын r_{Bor} - жишүүр радиус (Устөрөгчийн атомын цөмд хамгийн ойруур тойрон эргэхдээ өөрийн тэнхлэгээрээ эргэлдэгч электроны тойрог замын радиус, үүнийг Дани улсын эрдэмтэн Нильс Бор санал болгосон)-ыг илтгэдэг: $r_{\text{Bor}} = \frac{\hbar^2}{m_e \cdot e^2} = 0.5 \cdot 10^{-8}$ см. Гэх мэтчилэн бусад өвөрмөц тусгай онцлог олон шинж чанар бүхий “Электрон – Electron” хэмээх эгэл бөөмийн оноосон нэрийг “Цахим” (хурдан, гялс) гэж орчуулбал түүний мөн чанарыг бүрэн илэрхийлж чадахгүй, уг суурь эгэл бөөмийн шинж чанарыг танихын аргагүй болгоно. “Электрон” бол эгэл бөөмийн оноосон тусгай нэр, судалгааны объект төдийгүй, шинжлэх ухааны судлагдахууны нэр томьёо. Өөрөөр хэлбэл, физик, астрофизикийн нэр томьёоны хувьд түүний утгын харгалзаа буюу тэнцүү утгат (адекват) чанар нь алдагдана. Нэр томьёоны томьёолол орчуулахад “үнэмлэхүй эквивалент чанар” (Бархударов Л.С., 1973) боломжгүй ч, “Электрон” эгэл бөөмийг “Цахим” гэж хөрвүүлэхэд орчуулгын аль ч түвшний эквивалент чанар” (Комиссаров В.Н., 1999) хангагдахгүй учир ийм орчуулгыг “буруу” гэж үнэлдэг (Зангирова В.Ю., 2017). Өөр жишээ: “Полярное сияние- Aurora” гэсэн нэр томьёог “Туйлын туяа” гэж орчуулсан нь элбэг. Ийм орчуулга уг үзэгдлийн мөн чанарыг ерөөсөө илтгэхгүй, тэгээд ч хоёрдмол утга илэрхийлнэ, хоёрдмол утга хоёулаа анхдагч нэр томьёоны агуулгыг илэрхийлж чадахгүй. Учир нь “Туйл” гэсэн үгийн утга: 1) “Үнэмлэхүй [Хамгийн их]; 2) Эхлэл цэг [тухайлбал, туйл эхлэлт солбицол]; 3) Тэнхлэг огтлолын цэг [манай энэ тохиодолд, Дэлхийн соронзон тэнхлэг Дэлхийн бөмбөрцөг гадаргууг огтолсон цэгүүд]. Тэгвэл энд байгаа 3 дахь утга агуулгыг уг үзэгдлийн мөн чанартай нь уялдуулбал, “Туйл орчмоорх туяарал”, эсвэл “Туйлаарх туяарал” гэвэл илүү оновчтой, найрууллагын зохист засалгатай орчуулгын нэр томьёо болно. Түүнээс гадна, нэр томьёонд эх хэлээр хоёр үг хоршихоороо орчуулга үгчилсэн ч эквивалент нь биш бол үзэгдлийн мөн чанарыг илүү олон утгатай болгох учир “Туйлын туяа” гэх нь туйлын олон утгаар ойлгоход хүргэх бөгөөд уг нэр томьёоны анхдагч хэл дээрх “Aurora” үгийн утгаар найруулгын зохист засалга хийж л уг физик үзэгдлийн мөн чанарыг илэрхийлнэ. Өөр жишээ: “Звездная величина – Magnitude” гэх гэрэлтэгч биетээс гаралтай энергийн урсгалын хэмжүүр хэм нэгжийн тухай ойлголтыг монголоор “Од-хэмжигдэхүүн” гэж үгийн язгуураар шинэ нэр томьёо бүтээвэл илүү оновчтой. Тэмдэглэхэд, үүнийг “Одны хэмжигдэхүүн” гэж орчуулсан тохиолдол байдаг. Тэгвэл, “Видимая звездная величина Солнца – Apparent magnitude of the Sun” гэсэн илэрхийллийг орчуулах үед “Нарны үзэгдэц од-хэмжигдэхүүн” гэх нь түүний агуулгыг гүйцэд тодорхойлж байгаа нь ойлгомжтой болно. Өөрөөр хэлбэл, “Од-хэмжигдэхүүн” гэж үгийн язгуур нийлүүлж үг бүтээсэн нь илүү оновчтой.

Ер нь шинэ нэр томьёо, эсвэл хоёр, магадгүй гурав түүнээс олон үг (үгийн язгуур) нийлүүлэх аргаар үг бүтээх явдал, ялангуяа, үгсийн язгуур буюу үгийн үндэс бүрийн утга санаа хөрвүүлэгч мэргэжилтэнд мэдэгдэж байгаа нөхцөлд ч орчуулгаар шинэ нэр томьёо бий болгох явдал нь нэр томьёо бүтээх үйлийн хувьд аль ч хэл дээр хамгийн нарийн төвөгтэй “асуудалтай” асуудлын нэг аж (Паршин А., 2017; Ванников Ю.В. и др., 1987). Шинжлэх ухааны судлагдахууны хөрвүүлгээр бүтээсэн нэр томьёо нь агуулга, учир зүй (логик)-н холбоос, бодит чанарын тусгал, утга илэрхийллийн нарийвчлалаараа онцгой шинж чанартай, иймээс эдгээр шаардлагын улмаас томьёолол нь тов тодорхой, нэгэн

утгатай, ойлгомжтой байх шалгууртай. Бас өөр нэг жишээ үзье. Хэрэв нэр томьёоны томьёолол дотор “a liquid rocket” гэж тааралдвал, түүнийг үгчлэн орчуулбал “инээдтэй” алдаа бөгөөд хоёр үгийн хоршлын бүрэн утгыг дэлгэвэл “a liquid-fuelled rocket” (“шингэн шатахуунт пуужин”) гэдгийг ойлгож хөрвүүлэх хэрэгтэй. Астрономи, Астрофизикийн Олимпиадын тэмцээний бэлтгэлээр эзэмших ур ухаан, судлагдахууны нэр томьёог орчуулахдаа “Орчуулгын тусгай онол”-ын дээр жишээлсэн энэ мэт болон бусад зарчмыг баримтлахыг хичээсэн болно.

Астрономи, Астрофизикийн Олимпиадын тэмцээнд бэлтгэх силлэбэс. Астрономи, Астрофизикийн Ази-Номхон далайн бүсийн Олимпиадын тэмцээнд сурагчид бэлтгэсэн сургалтын агуулга-зорилтын буюу сургалтын зорилтот хөтөлбөр (syllabus – эзэмших агуулгын сэдэв)-өөр жишээ болгож тэдний эзэмшвэл зохих ур чадвар, судлагдахууны нэр томьёоны орчуулгыг дор үзүүлээ. Тэмдэглэхэд, “Syllabus” – Силлэбэс, энэ нь **“Сургалтын зорилтот хөтөлбөр”** буюу эзэмших ур ухаан, судлагдахуун, өөрөөр хэлбэл, сургалтаар ямар мэдлэг, ур чадвар, төлөвшил-хандлага эзэмших товломол зорилт, харин “Curriculum” – Киррикулим, энэ нь **“Сургалтын цогц хөтөлбөр”** (Багшлахуй-Суралцахуйн хөтөлбөр) буюу товлосон зорилт болон түүндээ хэрхэн хүрэх арга замыг хамт заасан хөтөлбөр болно. Товчоор, Силлэбэс бол товлосон зорилт, киррикулим нь түүнд хүрэх арга зам юм. Сургалтын эдгээр төрөл хөтөлбөр хоорондоо нэн ялгаатай, бас сургалтын хоорондоо уялдаатай төлөвлөгөө бөгөөд энд зөвхөн Астрономи, Астрофизикийн Олон улсын Олимпиадын тэмцээнд бэлтгэх “Сургалтын зорилтот хөтөлбөр” – “Syllabus” – “Учебная программа” буюу “Силлэбэс”-ийн орчуулгаар жишээ болгов. Англи хэлнээс хөрвүүлсэн орчуулгыг дугуй хаалтанд, өөрөөр хэлбэл, монголоор хөрвүүлсэнг, харин дөрвөлжин хаалтад үгсийн хоршил тооцсон буюу найруулгын засалгат нэмэлттэй хувилбарыг, мөн хүснэгтийн толгой багануудад дөрвөлжин хаалтад утгачилсан (үгчилсэн биш) орчуулгаар тодотгов. Гэхдээ олон давхар хаалт хэрэглэх тохиолдолд хамгийн гаднах хаалт дотор орчуулга, доторх хаалтууд дотор тодотгол тайлбар, эсвэл утгачилсан буюу найрууламжийн засалгат орчуулгыг өгөв. Энэ нь нэр томьёоны агуулгыг илүү бүрэн гүйцэд ойлгож хэрэглэхэд дөхөмтэй.

Астрономи, Астрофизикийн Олон улсын Олимпиадын тэмцээнд бэлтгэх силлэбэс [IOAA Syllabus – <http://www.ioaa2016.in/ioaa-syllabus/>]

General Notes (Ерөнхий санамж тайлбар):

1. Extensive contents in basic astronomical concepts are required in theoretical and practical problems (Астрономийн суурь ухагдахуун дахь өргөтгөмөл агуулга нь онолын болон практик-дадлагын асуудал шийдвэрлэхэд шаардлагатай болно).
2. Basic concepts in physics and mathematics at high school level are required in solving the problems. Standard solutions should not involve use of calculus and/or the use of complex numbers and/or solving differential equations (Дунд сургуулийн ахлах түвшин дэх физик, математикийн суурь ухагдахуунууд нь тодорхой асуудал шийдэхэд л шаардагдана. Стандарт шийдэл нь комплекс – хуурмаг тоо хэрэглэх буюу түүний тооцооллыг ашиглахаар байх ёсгүй, мөн эсвэл дифференциал тэгшитгэлүүдийн шийдэлт агуулах ёсгүй).
3. Astronomical software packages may be used in practical and observational problems. The contestants will be informed the list of software packages to be used at least 3 months in advance. The chosen software packages should be preferably free wares or

low-cost ones enabling all countries to obtain them easily for practice purpose. The chosen softwares should preferably be available on multiple Oss (Windows / Unix / GNU-Linux / Mac) [Астрономийн программ хангамжийн багц нь практикийн болон ажиглалтын бодлогын асуудал шийдэхэд ашиглахаар байж болно. Тэмцээнд оролцогчдод дор хаяад 3 сарын өмнөөс ашиглах SOFTWARE – программ хангамжийн жагсаалтыг мэдээлнэ. Сонгосон ийм багц бүх улс орон хялбар олж аваад практик “үндсэн” зорилтод ашиглахуйц хямд үнэтэй, эсвэл чөлөөтэй авч хэрэглэхээр байхыг урьдал болгох ёстой. Сонгосон программ хангамжууд нь “OSS¹” багц (Windows / Unix / GNU-Linux / Mac) дээр тохироц бүхий байхыг урьдал болгох ёстой.

4. Concepts and phenomena not included in the Syllabus may be used in questions but sufficient information must be given in the questions so that contestants without previous knowledge of these topics would not be at a disadvantage [Сургалтын зорилтот хөтөлбөрийн агуулгад байхгүй ухагдахуун болон гоцлог физик үзэгдэл (гоцлом ажиглалт мэдрэмжийн баримт)-ийг асуултууддаа (асуудал шийдүүлэхээр) ашиглаж болох хэдий ч тийм сэдвийг урьд өмнө нь огт мэдэхгүйн улмаас тэмцээнд оролцогчид таагүй байдалд орохгүй байхаар хангалттай мэдээлэл нь тэдгээр асуултад өгөгдсөн байх ёстой].
5. Sophisticated practical equipment likely to be unfamiliar to the candidates should not dominate a problem. If such devices are used in the questions, sufficient information must be provided. In such case, students should be given opportunity to familiarise themselves with such equipment [Практикийн нарийн нийлмэл (мэргэшлийн зориулалттай) багаж төхөөрөмж нь тэмцээнд өрсөлдөгч нарт, магадгүй, танил бус байж мэдэх ч, асуудал шийдлээс давсан зориулалттай байх ёсгүй. Хэрэв тийм багаж төхөөрөмжийг бодлого шийдэлд ашиглавал хангалттай мэдээлэл өгсөн байх ёстой. Тийм тохиолдолд тэр багаж төхөөрөмжтэй танилцах боломж сурагчдад бас олгох хэрэгтэй].
6. The original texts of the problems have to be set in the SI units, wherever applicable. Participants will be expected to mention appropriate units in their answers and should be familiar with the idea of correct rounding off and expressing the final result(s) and error(s) with correct number of significant digits (Бодлогын эх текст, хаана л хэрэглэсэн байна тэр бүрд, СИ нэгжтэй байх ёстой. Бодлогын шийдэл-асуултын хариундаа ямар тохирох нэгж хэрэгтэй гэдэг санамжийг оролцогчид авсан байх, мөн эцсийн үр дүнгийн илэрхийлэл болон хазайлт-алдаа хэдэн оронгоор нарийвчлагдах үзэл санаатай танил мэдсэн байх ёстой.

Theoretical Part – Онолын [тэмцээнд мэдвэл зохих агуулга] багц

Symbol (Q) is attached to some topics in the list. It means “qualitative understanding only”. Quantitative reasoning / proficiency in these topics is not mandatory. The following theoretical

¹ [An operational support system (OSS) is a set of programs that help a communications service provider monitor, control, analyze and manage a telephone or computer network. As the traditional voice telephone systems converges with [packet-oriented](#) Internet traffic including [VoIP](#), [broadband](#) applications such as teleconferencing and [DSL](#), more sophisticated systems like OSS are needed activities like ordering and tracking network components (including [IP addresses](#)), usage and traffic patterns, billing and reporting.]

contents are proposed for the contestants. [Тэмдэг (Q)-ийг жагсаалт доторх зарим сэдэвт хамаатган тэмдэглэсэн. Энэ нь “зөвхөн тодорхойлуур шинж чанарын талаарх ойлголт” гэдгийг зааж байгаа хэрэг. Ийм сэдвүүдэд тоон үнэлэлт хэлэлцүүлэмж заавал биш. Оролцогч нарт онолын бодлогод хэрэглэх дараах агуулга шаардлагатай (судлагдахуун, сэдвүүдийг хүснэгт 1-т жагсаав).]

Хүснэгт 1. Basic Astrophysics – Астрофизикийн суурь [хэрэглээт] судлагдахуун

Contents (Агуулга) [Судлагдахуун]	Remarks (Тайлбарлагаа) [Судлагдахууны сэдэв]
Celestial Mechanics (Тэнгэрийн эрхсийн механик)	Newton’s Laws of Gravitation, Kepler’s Laws for circular and non-circular orbits, Roche limit, barycenter, 2-body problem, Lagrange points (Таталцлын хувьд Ньютоны хуулиуд, Дугуй болон дугуй бус тойрог замын хувьд Кеплерийн хуулиуд, Рош хязгаар, барицентр, Хоёр биеийн бодлого, Лагранжийн цэгүүд)
Electromagnetic Theory & Quantum Physics [Цахилгаан соронзон цацаргалтын онол, Квант физик]	Electromagnetic spectrum, Radiation Laws, Blackbody radiation (Цахилгаан соронзон цацаргалтын спектр, Цацаргалтын хуулиуд, Хар биеийн цацаргалт)
Thermodynamics (Термодинамик)	Thermodynamic equilibrium, Ideal gas, Energy transfer (Термодинамик тэнцвэршил, Төгс хий, Энерги зөөлт)
Spectroscopy and Atomic Physics [Спектроскопи, Атом (шинж чанарын) физик]	Absorption, Emission, Scattering, Spectra of Celestial objects, Doppler effect, Line formations, Continuum spectra, Splitting and Broadening of spectral lines, polarization (Шингээлт, Цацаргал, Саринал, Тэнгэрийн эрхсийн үүсвэрт спектрүүд, Доплер эффект, Шугам бүрэлдэл, Үргэлжмэл спектрүүд, Спектрийн шугам хуваагдалт болон өргөсөлт, Туйлшрал)
Nuclear Physics [Цөмийн (шинж чанарын) физик]	Basic concepts including structure of atom, Mass defect and binding energy Radioactivity, Neutrinos (Q) [Атомын бүтэц, бусад суурь ухагдахуун, Масс илүүдэл болон холбоос энерги, Цацраг идэвхжилт, Нейтрино (Q)]

Coordinates and Times – Солбицол болон Цаг хугацаа

Contents (Агуулга) [Судлагдахуун]	Remarks (Тайлбарлагаа) [Судлагдахууны сэдэв]
Celestial Sphere (Тэнгэр мандал)	Spherical trigonometry, Celestial coordinates and their applications, Equinox and Solstice, Circumpolar stars, Constellations and Zodiac [“Бөмбөрцөг мандал”-ын тригонометри (Бөмбөрцөг дээрх гурвалжингийн хэмжил зүй), Тэнгэр мандлын солбицлууд, тэдгээрийн хэрэглээ, (Өдөр-шөнө) тэнцлийн агшин болон Нар буцалт (агшин),

	Туйл тойрон орчмын одод, Оддын орд болон Шар замын бүс]
Concept of Time (Цаг хугацаа хэмээх ухагдахуун)	Solar time, Sidereal time, Julian date, Heliocentric Julian date, Time zone, Universal Time, Local Mean Time, Different definitions of “year”, Equation of time [Нар-цаг хугацаа (Нараар тодорхойлмол цаг хугацаа), Од-цаг хугацаа (Одоор тодорхойлмол цаг хугацаа), Юлий огноо, Нар төвт Юлий огноо, Цагийн бүс, Дэлхий нийтийн цаг хугацаа, Орон нутгийн дундаж цаг хугацаа, “Жил” хугацааны янз бүрийн тодорхойлолт, Цаг хугацааны тэгшитгэл]

Solar System – Нарны аймаг

Contents (Агуулга) [Судлагдахуун]	Remarks (Тайлбарлагаа) [Судлагдахууны сэдэв]
The Sun (Нар)	Solar structure, Solar surface activities, Solar rotation, Solar radiation and Solar constant, Solar neutrinos (Q), Sun-Earth relations, Role of magnetic fields (Q), Solar wind and radiation pressure, Heliosphere (Q), Magnetosphere (Q) [Нарны бүтэц, Нарны гадаргуун идэвхжил, Нарны эргэлдэл, Нарны цацаргал, Нарны (гэрэлтүүлэг) тогтмол, Нарнаас гарвалт нейтрино (Q), Нар-Дэлхийн нөлөөлөлт холбоо (Нарнаас Дэлхийд нөлөөлөгч үйлчлэл), Соронзон оронгийн үүрэг (Q), Нарны салхи болон цацрагийн даралт, Наран мандал (Q), Соронзон мандал (Q)]
The Solar System (Нарны аймаг)	Earth-Moon System, precession, nutation, libration, Formation and evolution of the Solar System (Q), Structure and components of the Solar System (Q), Structure and orbits of the Solar System objects, Sidereal and Synodic periods, Retrograde motion, Outer reaches of the solar system (Q) [Дэлхий-Сар тогтолцоо, Прецесс (Импульсын моменты буюу хөдөлгөөний тоо хэмжээний чиглэл өөрчлөгдөл), Нутац (Дохилзоо), Либрац (Савлагаат хэлбэлзээ), Нарны аймгийн бүрэлдэлт болон хувьсал (Q), Нарны аймгийн бүтэц болон бүрдэл байгуулагч (Q), Нарны аймаг дахь биет-объектын бүтэц болон тойрог зам, Одтой харьцангуй үе, Билгийн үе (Дараалсан хоёр тохиолго хоорондын хугацаа), Буцалтат (сөргүү) хөдөлгөөн, Нарны аймгийн гадаад хязгаар (Q)]
Space Exploration [Сансрын (хайгуул) судалгаа]	Satellite trajectories and transfers, Human exploration of the Solar System (Q), planetary missions (Q), Sling-shot effect of gravity, Space-based instruments (Q) [Дагуулын даялал зам, шилжээ хөдөлгөөн, Нарны аймгийг хүн илгээн гүйцэтгэх хайгуул судалгаа (Q), гариг судлах эрхэм

	зорилго (Q), Гравитац чавхдалтат эффект, Сансарт суурилуулсан багаж төхөөрөмж (Q)]
Phenomena (Гоцлог үзэгдэл)	Tides, Seasons, Eclipses, Aurorae (Q), Meteor Showers {Түрлэг [бас татрал], Хиртэл, Туйл орчмоорх туяарал (Q), Солирын бороо}

Stars – Одод

Contents (Агуулга) [Судлагдахуун]	Remarks (Тайлбарлагаа) [Судлагдахууны сэдэв]
Stellar Properties (Одны тодорхойлуур шинж чанар)	Methods of Distance determination, Radiation, Luminosity and magnitude, Color indices and temperature, Determination of radii and masses, Stellar motion, Irregular and regular stellar variabilities – broad classification & properties, Cepheids & period-luminosity relation, Physics of pulsation (Q) [Зай тодорхойлох аргууд, Цацаргалт, Гэрэлтэц болон од-хэмжигдэхүүн, Өнгө заалтуур им болон температур, Радиус болон масс тодорхойлолт, Одны хөдөлгөөн, Одны ердийн болон зүй тогтолгүй хувьсанга чанар, Цефеид (лугшин хувьсагч бадмаараг од) болон “Үе-Гэрэлтэц” –ийн шүтэлцээт харьцаа, Лугшаа хэлбэлзлийн физик (Q)]
Stellar Interior and Atmospheres (Одны дотоод байгууламж болон агаар мандал)	Stellar equilibrium, Stellar nucleosynthesis, Energy transportation (Q), Boundary conditions, Stellar atmospheres and atmospheric spectra [Одны тэнвэршил, Од доторх урвалын цөмийн нийлэгшил, Энерги зөөгдөл (Q), Захын нөхцөл, Одны агаар мандал болон агаар мандлаас гарвалт спектрүүд]
Stellar Evolution (Одны хувьсал)	Stellar formation, Hertzsprung-Russell diagram, Pre-Main Sequence, Main Sequence, Post-Main Sequence stars, supernovae, planetary nebulae, End states of stars [Одны бүрэлдэл, “Герцшпрунг-Рессел” диаграмм, Үндсэн (голлогч) дараалал үеэс өмнөх хувьсал, Үндсэн (голлогч) дараалал, Үндсэн (голлогч) дараалал дахь хувьсал үеэс хойших одод, хэт шинэ од, гариг (од) тойрмол мананцарууд, Оддын төгсгөл төлөвүүд]

Stellar Systems –Оддын [тогтолцоо] аймаг

Contents (Агуулга) [Судлагдахуун]	Remarks (Тайлбарлагаа) [Судлагдахууны сэдэв]
Binary Star Systems [Хосмог одны (хоёр одноос бүрдэгч) тогтолцоонууд]	Different types of binary stars, Mass determination in binary star systems, Light and radial velocity curves of eclipsing binary systems, Doppler shifts in binary systems, interacting binaries, peculiar binary systems [Хосмог оддын янз бүрийн төрөл, Хосмог одны тогтолцоо дахь масс тодорхойлолт,

	Хиртлийн хосмог тогтолцооны тодроц (гялалзал)-ын муруй болон хараан чиг дагуух хурдын муруй, Хосмог тогтолцоо дахь Доплер шилжээ, харилцан үйлчлэлцэж буй хосмог одод, гоцлог өвөрмөц хосмог тогтолцоонууд]
Exoplanets (Харь гариг)	Techniques used to detect exoplanets (Харь гаригууд илрүүлэхэд ашигласан арга техник)
Star Clusters (Одны бөөгнөрөл)	Classification and Structure, Mass, age, luminosity and distance determination (Ангилал болон бүтэц, Масс, насжилт, гэрэлтэц болон зай тодорхойлолт)
Milky Way Galaxy (Сүүн зам буюу Манай Оддын ай)	Structure and composition, Rotation, Satellites of Milky Way (Q) [“Сүүн зам”-ын дагуул айнууд (Q), Бүтэц болон бүрэлдэхүүн хэсгүүд, Эргэлдэл]
Interstellar Medium (Од хоорондын орчин)	Gas (Q), dust (Q), HII regions, 21cm radiation, nebulae (Q), interstellar absorption, dispersion measure, Faraday rotation {Хий (Q), Тоос (Q), HII [иончлогдсон устөрөгчит] мужууд, 21 см-ийн цацаргалт, мананцарууд (Q), од хоорондох шингээлт, дисперсийн хэмжүүр хэм, Фарадей эргэлдэл}
Galaxies (Оддын айнууд)	Classifications based on structure, composition and activity, Mass, luminosity and distance determination, Rotation curves (Бүтэцэд суурилсан ангилал, бүрэлдэц болон идэвхжил, Масс, гэрэлтэц болон зай тодорхойлолт, Эргэлдлийн муруйнууд)
Accretion Processes (Гравитац хүчний нөлөөгөөр масс өсөн нэмэгдэх үйл явц)	Basic concepts (spherical and disc accretion) (Q), Eddington luminosity [Суурь ухагдахуунууд (бөмбөрцөг болон зээрэнцэг хэлбэрт урсцаар масс өсөн нэмэгдэх үйл явц) (Q), Эддингтон гэрэлтэц]
Cosmology – Орчлон судлал	
Contents (Агуулга) [Судлагдахуун]	Remarks (Тайлбарлагаа) [Судлагдахууны сэдэв]
Elementary Cosmology (Орчлон судлалын үндэс)	Expanding Universe and Hubble’s Law, Cluster of galaxies, Dark matter, Dark energy (Q), Gravitational lensing, Cosmic Microwave Background Radiation, Big Bang (Q), Alternative models of the Universe (Q), Large scale structure (Q), Distance measurement at cosmological scale, cosmological redshift [Тэлж буй Орчлон болон Хабблын хууль, Оддын айнуудын бөөгнөрөл, Харанхуй матери, Харанхуй энерги (Q), Гравитац мэшил үзэгдэл, Сансрын Дэвсгэр Бичил долгион Цацаргалт, Их Тэсрэлт (Q), Орчлонгийн хувилбарт загварууд (Q), Том хэмжээслэг бүтэц (Q), Орчлон судлал

	дахь хэмжээсээрх зай хэмжилт, Орчлон судлалын хувьд улаан шилжээ]
--	---

Instrumentation and Space Technologies – Хэмжүүр-бүртгүүр багаж хэрэгсэл болон Сансрын технологи

Contents (Агуулга) [Судлагдахуун]	Remarks (Тайлбарлагаа) [Судлагдахууны сэдэв]
Multi-wavelength Astronomy [Долгионы уртын олон цараат Астрономи (Одон орон судлал)]	Observations in radio, microwave, infrared, visible, ultraviolet, X-ray, and gamma-ray wavelength bands, Earth's atmospheric effects (Радио-, бичил-долгион, хэт улаан, үзэгдэх гэрлийн, нил ягаан, X- буюу рентген цацраг долгионы мужууд, Дэлхийн агаар мандлын нөлөөллийн эффектүүд)
Instrumentation (Хэмжүүр- бүртгүүр багаж хэрэгсэл)	Telescopes and detectors (e.g. charge-coupled devices, photometers, spectrographs), Magnification, Focal length, Focal ratio, resolving and light-gathering powers of telescopes, Geometric model of two element interferometer, Aperture synthesis, Adaptive optics, photometry, astrometry [Холч дурангууд болон илрүүлэгч багажууд (жишээлбэл, CCD буюу цэнэгэн холбоост төхөөрөг, төрөл бүрийн фотометр, олон янз спектрограф), Фокусын зай, Холч дурангуудын гэрэл цуглуулах бүрэн чадлыг шийдэхүйц объективын харьцангуй оролт нүх буюу f-тоо, Хоёр элементт интерферометрийн геометр загвар, Апертур синтез (долгион өнгөрөөх нүх нийлэгжүүлэлт) арга (радио долгион дээрх ажиглалтын үед интерференцлэл ашигладаг арга), Адаптив оптик (агаар мандлын нөлөөний улмаас холч дурангаар гажилттай гарган авсан дүрсийг бодит хугацаанд засах зориулалт бүхий автомат оптик-механик тогтолцоо), фотометри, астрометри]

Practical Part – Практикийн [тэмцээнд мэдвэл зохих агуулга] багц

This part consists of 2 sections: observations and data analysis sections. The theoretical part of the Syllabus provides the basis for all problems in the practical part. [Энэ багц бол ажиглалт болон өгөгдлийн задлан шинжилгээ гэсэн хоёр хэсгээс бүрдэнэ. (Тухайн судлагдахуунд хамаарах) Силлэбэс (Сургалтын зорилтот хөтөлбөр) дэх онолын тэмцээнд хэрэглэх агуулга – багц нь практикийн тэмцээнд хэрэгтэй агуулга – багцын бүх асуудлыг шийдэхэд хангалттай].

The observations section focuses on contestant's experience in

1. naked-eye observations,
2. usage of sky maps and catalogues,
3. application of coordinate systems in the sky, magnitude estimation, estimation of angular separation
4. usage of basic astronomical instruments-telescopes and various detectors for observations but enough instructions must be provided to the contestants. Observational

objects may be from real sources in the sky or imitated sources in the laboratory. Computer simulations may be used in the problems but sufficient instructions must be provided to the contestants.

[Ажиглалт хэсэг нь тэмцээнд оролцогч нарын дараах дадлага туршлагад төвлөнө:

1. Багаж хэрэгсэлгүйгээр нүдээр шууд хийх ажиглалт;
2. Хавтгай дээр буулгасан Тэнгэрийн зураг (картууд) болон каталогууд (од эрхсийн бүртгэл цэс) ашиглалт;
3. Тэнгэрийн бөмбөрцөг дээрх солбицлын тогтолцоонуудын хэрэглэлт, од-хэмжигдэхүүний үнэлгээ, од хоорондын өнцгөн зай хэмжилт (өнцгөн зай хэмжилтээр хоёр биет салгалтын)-ийн үнэлгээ;
4. Астрономийн үндсэн багаж хэрэгсэл – холч дурангууд болон ажиглалтын зориулалт бүхий төрөл бүрийн хэмжүүр багаж ашиглалт, гэхдээ тэмцээнд оролцогч нарт хангалттай заавар өгсөн байх ёстой. Ажиглалтын объектууд нь тэнгэр дэх бодит эх үүсгүүр, эсвэл лаборатори дахь дуураймал үүсгүүр байж болно. Практикийн бодлогын шийдэлд компьютер симуляц (компьютерээр хийх амьт-загварчлал) ашиглаж болно, гэхдээ тэмцээнд оролцогч нарт хангалттай заавар өгөх ёстой)].

The data analysis section focuses on the calculation and analysis of the astronomical data provided in the problems. Additional requirements are as follows:

1. Proper identification of error sources, calculation of errors, and estimation of their influence on the final results.
2. Proper use of graph papers with different scales, e.g., polar and logarithmic papers. Transformation of the data to get a linear plot and finding “Best Fit” line approximately.
3. Basic statistical analysis of the observational data.
4. Knowledge of the most common experimental techniques for measuring physical quantities mentioned in Part A.

[Өгөгдлийн анализ (задлан шинжилгээ) хэсэг нь асуудал шийдэлд хангалттай байхаар астрономийн өгөгдлийн анализад болон тооцоололд төвлөнө. Дараах нэмэлт шаардлагууд бий:

1. [Андуурсан (алдаатай нэрлэсэн) үүсгүүрийг таниад жинхэнээр нь болгож засах ажиллагаа, алдаа тооцоолол, мөн ийм хазайлт алдаанууд эцсийн үр дүнд үзүүлэх нөлөөллийн үнэлгээ;
2. Янз бүрийн масштаб – хуваарь хэмжээслэлтэй графикийн цаасыг ёсоор нь хэрэглэх ашиглалт, жишээлбэл, логарифм хуваарьт болон туйл эхлэлийн хуваарьт цаас. Өгөгдлийг шугаман хамааралд шилжүүлэх хувиргалт болон “Хамгийн нийцтэй” шулууныг ойролцоолон олох ажил;
3. Ажиглалтын өгөгдлийн үндсэн статистик анализ (задлан шинжилгээ).
4. А хэсэгт сануулсан физик хэмжигдэхүүний тоон утгыг хэмжих зориулалтын туршлагын ихээхэн түгээмэл арга техникийн мэдлэг].

Энэ дээр жишээлсэн ийм харьцуулмал орчуулгатайгаар астрономийн олон улсын олимпиадын тэмцээнд бэлтгэж байгаа сурагчдад сургалтын зорилтот хөтөлбөрийг хэвлэж өгөөд, тэдэнд нэр томьёо, астрономийн үндсэн томьёо бүхий лавламжийг монгол-англи-орос хэл дээр хэрэглүүлсэн болно. Туршлагаас үзэхэд, астрономи, астрофизикийн нэр томьёоны орчуулга хийхдээ уг нэр томьёо үүссэн эх хэл– англи, дараа нь жишээлбэл,

өөр нэг өөрийн мэдэх – орос зэрэг хэл дээр харьцуулан байж хөрвүүлбэл сая агуулгын аль ч түвшний эквивалент чанар илүү сайн болох бөгөөд эхлэн суралцагч нарт “Монгол-Англи-Орос” хэл дээр өгвөл тэд интернет орчноос өөрсдөө цааш бие даан суралцах боломж олгодог давуу талтай байв. Тэгээд одоо бидэнд энэхүү “Нэр томьёоны толь – лавламж”-аа мэргэжлийн бусад судлаач, багш нартайгаа санал зөвлөгөө хуваалцах замаар сайжруулах хэрэгтэй байгаа юм.

Астрономийн Ази-Номхон далайн бүсийн Олимпиадад оролцсон дүн мэдээ. 2016 оны 11 дүгээр сарын 17-25-нд Бүгд Найрамдах Солонгос Улсын Гохун (Кохын) хотод зохион байгуулсан Астрономийн Ази-Номхон Далайн бүсийн XII Олимпиадад Монгол улсаас бага насны бүлэгт 4 сурагч, ахлах насны бүлэгт 4 сурагч нийт 8 хүүхэд анх удаа оролцлоо. Энэ удаа 5 сурагч хүрэл медаль, 2 сурагч тусгай шагнал авч сайхан амжилт үзүүллээ. Сурагчдын амжилтын үзүүлэлтийг зураг 1.-т харуулав. ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэнгээс Д.Батмөнх, Ч.Лхагважав, Ч.Мөнхжаргал, МУИС-иас Д.Улам-Оргих, Р.Цолмон багш нар энэхүү астрономийн олимпиадын тэмцээнд сурагчдаа дээрх “Силлэбэс” (Сургалтын зорилтот хөтөлбөр)-ээр бэлтгэсэн.

Сургалтаар физикийн хичээлээр үзээгүй астрономийн нэр томьёо, ухагдахуун, үндсэн ойлголтын орчуулгыг монгол, англи, орос хэл дээр хэвлэн өгөөд хичээл дээр лекц мэдээлэл, бодлогын үед нэр томьёоны орчуулгад сурагчдын анхаарлыг тусгайлан хандуулж, яагаад чухам ингэж хөрвүүлж байгааг, мөн тухайн нэр томьёоны физик утга санааг тайлбарлаж, зарим томьёоны гаргалгааг хийж байв. Ингэснээр бодлогын өгүүлбэр нэгэн утгаар ойлгомжтой, бодлого шийдэх арга төвөггүй сонголттой болно. Учир нь багш бүр өөр өөрөөр орчуулан нэр томьёог хэрэглэх тохиолдол байдаг.

Дүгнэлт.

Астрономи, астрофизикийн нэр томьёо монгол дээр нэг мөр болоогүй, агуулгын оносон илэрхийллийн шалгуурт нийцэхгүй орчуулга их элбэг хэрэглээтэй, бас монгол хэл дээрх ном хэвлэлд өөр өөр хөрвүүлэгтэй байгааг харгалзан “Астрономи, астрофизикийн нэр томьёоны монгол-англи-орос толь бичиг” олон багш, мэргэжилтэн нарын оролцоотой хийж хэвлүүлэх, Астрономи, Астрофизик бол орчин үеийн шинжлэх ухааны нэгэн чухал практик хэрэглээт судлагдахуун учир, мөн олон улс орон “Астрономийн хичээл”-ийг ерөнхий боловсролын сургуулийн ахлах ангид физикийн хичээлээс тусдаа бие даасан хичээл болгон заах болж байгаа учраас дэлхийн олон улсын жишгээр “Астрономийн Улсын Олимпиадыг бие даасан төрөл хэлбэрээр хийж хэвшил болгох шаардлага өнөө цагт боловсролын хөгжлийн захиалга болж байна.



Зураг 1. Сурагчдын амжилтын үзүүлэлт

Ном зүй

Бархударов Л. С. 1973. Язык и перевод / Л. С. Бархударов. - М., , 239с.

Ванников Ю.В. и др. 1987. "Научно-технический перевод". Москва, "Наука",

Комиссаров В. Н. 1999. Современное переводоведение / В. Н. Комиссаров. - М.,

Зангирова В.Ю., 2017. (Материал подготовленный ей в <http://study-english.info/equivalence.php>),

Федоров А. В. 2002. Основы общей теории перевода (лингвистические проблемы): учеб. пособие для ин-тов и факультетов иностр. языков / А. В. Федоров. - 5-е изд. – СПб.: Филологический факультет СПбГУ; М.: ООО «Издательский Дом «ФИЛОЛОГИЯ ТРИ»,

Паршин А., 16/05/2017 “Теория и практика перевода”,; http://teneta.rinet.ru/rus/pe/parshin-and_teoria-i-praktika-perevoda.htm;

ХҮН АМЫН АЮУЛГҮЙ БАЙДЛЫГ ХАНГАХАД БАРИЛГА БАЙГУУЛАМЖИЙН НӨЛӨӨЛЛИЙН ЧИГЛЭЛЭЭР МОНГОЛ УЛСАД ХЭРЭГЖҮҮЛЖ БУЙ БОДЛОГО, ПРАКТИК ҮЙЛ АЖИЛЛАГААНД ХИЙСЭН СУДАЛГАА

Д.Дэлгэрэх¹

¹УБХИС-ийн докторант

Хураангуй. Энэхүү судалгааны ажлаар Монгол Улсад барилгын шинжлэх ухаан хөгжссөн түүх, мөрдөж буй норм ба дүрэм, стандартууд тэдгээрийн шинжлэх ухааны үндэслэл, барилга байгууламжид нөлөөлж буй газар хөдлөлийн аюулыг тодорхойлов.

Түлхүүр үг: Барилгын шинжлэх ухаан, барилгын норм, дүрэм, стандарт, газар хөдлөл

Оршил

Өнгөрсөн хугацаанд барилгын хамт олны нөр их хүч, хөдөлмөрийн үр шимээр олон хот суурингууд сүндэрлэн боссон. Барилгын шинжлэх ухааны хөгжлийн түүх нь барилгын норм ба дүрэм, стандарт түүний дагуу хийсэн хот байгуулалтын ажилтай салшгүй холбоотой билээ. Тиймээс барилгын суурь судалгааг улам боловсронгуй болгох нь хүн амын аюулгүй байдлыг хангах үндэс болох учраас энэ чиглэлээр Монгол Улсад хэрэгжүүлж буй бодлого, практик үйл ажиллагаанд шинжилгээ хийв.

Монгол Улсад барилгын шинжлэх ухаан хөгжссөн түүх

Дэлхийн улс орнуудад барилгын шинжлэх ухааны үүсэл хөгжил янз бүрийн зам туулж өнөө цагт ирсэн түүхтэй билээ. Тухайлбал, Английн геофизикч Милне 1875 онд Европ, Сибирийн уужим газар нутгийг жилийн турш туулан Японд очиж улмаар тус улсын газар хөдлөлийн нийгэмлэгийг байгуулсан нь дэлхийд энэ чиглэлийн анхны байгууллага болсон байна. Үүнээс 30 жилийн дараа яг ийм нийгэмлэг АНУ-д үүссэн Мөн энд анхны газар хөдлөлийг хэмжигч багаж сейсмометрийг зохиож, түүний Япон шавь нь дэлхийд анхны “Газар хөдлөлийн профессор” гэсэн нэрээр дуудуулсан байна. Эдгээр үйл явдлын үр дүнд 1923 онд Япон Улс нь газар хөдлөлийн барилгын анхны кодтой улсаар дэлхийд тэмдэглэгдэн үлдсэн байдаг. Үүний адил Монгол Улсад барилгын салбар үүсэн хөгжихөд ЗХУ-ын техник туслалцааны шууд дэмжлэг их байсан.

1926 оны 10 дугаар сард хуралдсан Ардын засгийн газрын 40 дүгээр тогтоолоор Аж ахуйн явдлын яамны дэргэд “Барилгын хэлтэс”-ийг байгуулж барилга барих, барилгын материал үйлдвэрлэх, барилгын зураг төсөл зохиох ажлыг эхлүүлсэн байна (Д.Хайсанбуу 2015).

1927 онд аж ахуйн тооцооны үндсэн дээр ажиллах зураг төслийн контор үүсэж, Зөвлөлтийн мэргэжилтэн нарыг ажиллуулсан байна. Тухайн үед орон сууцны барилгыг нийгмийн барилга байгууламжийн хамт нэгэн орон зайд төлөвлөх зарчмыг хатуу зааж өгдөг байв. Бодлогоор нэвтэрсэн барилгын норм ба дүрэм нь нэгдүгээрт Монгол Улсын социалист системийн орчин үеийн барилга, архитектурын нүүр царайг тодорхойлсон түүхэн баримт бичиг, хоёрдугаарт, зураг төслөөр дамжин хэрэгжсэн, барилгын шинжлэх ухаан манай оронд хөгжих эхлэл болсон юм (Барилгын түүхэн хөгжил. 2010).

АНУ нь 1950-1960 оны хооронд дэлхийн технологийн хөгжлийн төв болж, төрөл бүрийн судалгааны ажлууд гүйцэтгэсний нэг нь “Тазар хөдлөл ба салхины хөндлөнгийн хүч” нэртэй бүтээл 1952 онд гарч, АНУ-ын нэгдсэн барилгын кодоод 40 гаруй жил ашигласан байна. Зөвлөлт Холбоот Улс болон түүний холбоотон орнууд, тэрчлэн Япон Улсаас бусад дэлхийн улсууд энэ аргыг барилгын зураг төсөлдөө авч хэрэглэсэн байдаг (C.Scawthorn 2008) Эдгээр он жилүүдэд Монгол нь Улс социалист системийн орнуудын нэг байлаа.

1963 онд хуралдсан МАХН-ын Төв Хорооны 5 дугаар хурлаар барилгын үйлдвэрлэлийг шинжлэх ухааны үндэслэлтэй зохион байгуулах асуудлыг шийдвэрлэж, 1965 онд Барилгын эрдэм шинжилгээний институтыг байгуулсан байна.

Өнөөгийн мөрдөж буй норм, дүрэм, стандартууд

Барилгын үйлдвэрлэлийн цогц үйл ажиллагаа нь барилгын бат, бэх чанарыг удаан хугацаанд найдвартай хадгалан үлдэх, улмаар иргэдийн тав тухтай ажиллаж амьдрах нөхцөлийг бүрдүүлэх, аюулгүй байдлыг хангахад бүрэн чиглэнэ. Үүний тулд онол, арга зүй болон туршилт, судалгааны ажлууд барилга байгууламжийн эмзэг ба хэврэг байдлыг бууруулах, найдвартай байдлыг сайжруулахаар хийгддэг. Цаг хугацаа, нөр их хөдөлмөр шаардсан эрэл хайгуулын үр дүнд шинээр барилгын стандартууд зохиогдоно. Энэ нь барилгын бүтээцийн ба буурь хөрсний найдваршил, инженер геологи, геодези, газар хөдлөлийн бүс нутагт барилга төлөвлөх, барилгад хэрэглэх уур амьсгал ба геофизикийн үзүүлэлт зэрэг олон норм ба дүрмийн суурь болно. Эдгээр баримт бичгийн дагуу хийсэн зураг төсөл нь барилгын шинжлэх ухаан ба барилгын үйлдвэрлэлийг хооронд холбогч гүүр юм.

Тиймээс дээр дурдсан нормативууд нь ЗХУ-ын эрдэм шинжилгээний арга барилд тулгуурлаж, зураг төслөөр дамжин Монгол Улсын барилгын салбарт хэрэгжиж байсан барилгын материал, хийц, байгаль цаг уурын нөхцөл, технологийн шинжлэх ухаан болон үндэсний эрдэм судлалын бүтцэд шилжсэн байна.

Монгол Улсын барилгын норм ба дүрэм, стандарт нь 1960-1991 он хүртэл ЗХУ-ын СНИП бөгөөд, 1992 оноос хойш манай улс өөрийн барилгын норм ба дүрмийг боловсруулсан боловч үндсэн агуулга хэсэг нь өмнө хэрэглэж байсан СНИП-ээс өөрчлөгдөөгүй байна.

Норм дүрэм зохиох ажил нь ЗХУ-ын норм ба дүрмийг шууд авч хэрэглэх, орчуулах хэлбэрээр нэмэлт өөрчлөлт оруулах, үндэсний норм ба дүрэм боловсруулах гэсэн гурван чиглэлээр хөгжсөн. Улс орон барилгын баримт бичгийн өөрийн баазтай болоход эрдэм шинжилгээний байгууллагын үүрэг, манлайлал их байсан. Үндэсний мэргэжилтнүүдийн бүтээсэн норм ба дүрэмд суурь судалгаа, орчуулга, мэдлэг, боловсруулалтын чанарын дутагдалтай асуудлууд байгааг үгүйсгэхгүй. Манай улсын барилгын салбарт өнөөдөр 997 норматив мөрдөгдөж байна. Үүний 400-н барилгын норм ба дүрэм, 600-н улсын стандартууд юм (Б.Баярсайхан 2015).

Монгол Улсад мөрдөж буй барилгын норм ба дүрэм, стандартын шинжлэх ухааны үндэслэл

Одоо Монгол Улсад мөрдөж буй “Барилгын бүтээц ба буурь хөрсний найдваршил, ерөнхий шаардлага” БНБД 20-01-11-д: “Барилгын объектын найдваршил нь ашиглалтын

тооцоот хугацааны туршид шаардагдах зориулалтын үйл ажиллагааг хангах чадвар юм. Барилгын бүтээц нь барилга байгууламжийн даацат ба тусгаарлах хашлага болон гоо зүйн үүрэг гүйцэтгэх зориулалт бүхий эд анги болдог. Буурь нь барилгын ачааллыг сууриар дамжуулан хүлээн авах ул хөрсний цуллагийн хэсэг” гэж тодорхойлсон байдаг.

Энэхүү барилгын норм ба дүрэм нь Евро стандарт EN1990 (Еврокод 0)-ын “Барилгын зураг төслийн үндсэн зарчим”, Олон улсын стандарт ISO2394-ийн “Бат бэх найдварыг хангах үндсэн зарчим” болон ОХУ-ын “Барилгын бүтээц, буурь хөрсний найдвартай ажиллагаа, үндсэн дүрэм” /СТО36554501-014-2008/ гэсэн стандартыг шинжлэх ухааны эш үндэс болгосон байдаг. Иймд манай улсад мөрдөж буй БНБД 20-01-11-ийн эх сурвалж болсон ОХУ-ын үндсэн дүрэмд барилгын бат бэх чанарыг дээшлүүлэх талаар хийсэн дараах судалгааны ажлыг танилцуулж байна.

Зураг төслийн төсөллөх үед байгууламжийн бат бэх, аюулгүй байдлыг хангах арга оролдлогууд эрт дээр үеэс хийгдэж ирсэн байна. Галилей ба Бернуллийн амьдарч байх зуунд барилга ба бүтээцийн эсэргүүцлийг тодорхойлсноор гадна талаас үзүүлэх нөлөөлөл болон дотоод хүчнүүдийн хооронд ямар нэг холбоо байгааг анх удаа мэдэж, олон туршилтын үр дүнд 1930 онд барилгын аюулгүй байдлын нэр томьёонд тэмдэглэгдэх болсон “хүлцэх хүчдэлийн шалгуур”-ыг олсон байна (В.А.Харитонов 2012). Энэ шалгуурыг зөвшөөрснөөр илүү хүчит гэсэн гадаргууд байгаа бүтээцийн аюултай огтлолын хүчдэл $\theta_{кр}$ нь хязгаарын хүлцэх хүчдэл $\theta_{доп}$ -г давах ёсгүйг тогтоов. $\theta_{доп}$ -г дараах томьёогоор илэрхийлнэ.

$$\theta_{доп} = \frac{R}{y}, (1)$$

Энд: $\theta_{доп}$ -хязгаарын хүлцэх хүчдэл, R -дундаж бат бэх; y -нөөцийн коэффициент.

Практикт тохиолдох бүтээцийн геометр хэмжээс, материалын бат, бэх чанар, ачааны параметрийн өөрчлөлт зэрэг таатай бус хүчин зүйлсийн нөлөөллийг зайтай тооцох ба ихэнх тохиолдолд таамгаар (голдуу=1.5-2.0) туршсаны үндсэн дээр нөөцийн коэффициентийг олдог. Тухайн үед барилгад уян хатан байдлын хил хязгаарыг давж ажиллах, зохиомжийн материалын илэрхийлэл болох төмөр бетон бүтээгдэхүүн нэвтэрсэн нь өөр арга барилыг шаардсан байна. Иймд шинээр “эвдэгч ачааны шалгуур”-ыг практикт Москва хотын Барилгын инженерийн дээд сургуулийн эрдэмтэн А.Ф.Лолейт (МИСИ) оруулж ирэн, үргэлжлүүлэн эрдэмтэн А.А.Гвоздеев (ЦНИИСКЕ) хөгжүүлэв.

1930 оны сүүлээр эрдэмтэн Н.С.Стрелецкий (МИСИ) “Тухайн орчны эвдрэл эсвэл шилжилтийг үл хүлцэх эсвэл гаднаас ирэх ачааг эсэргүүцэх чадвартай цаашдын ашиглалтын явцад хүлээж боломгүй алдагдалд үл хүрэх хязгаарын төлөв” гэх шалгуурыг нээсэн нь хоёр бүлгээс бүрдэнэ. Нэгдүгээрт, даацын чадвараар ;хоёрдугаарт, ердийн ашиглалтын явцад тохирох эсэхийг тооцсон. Аюулгүй байдлын шалгуур нь дараах томьёогоор илэрхийлэгдэнэ.

$$F(q, y_f, y_n, n) < F_u(R, y_b, y_s), (2)$$

Энд: F –тооцооны хүч нь тооцооны ачаа эсвэл үйлчлэлийн үр, ашиггүй зохицлын үеийн элементийн огтлолд байж болох дээд хүчтэй бодит байдалд тэнцдэг; F_u –тооцооны даацын чадвар нь бүтээцийн эсэргүүцлийн байж болох доод хэмжээ юм.

Ихэнх ачаа тохиолдлын хэмжээстэй байдаг ба Гауссын “Туршилтын хууль”-ийн хуваарилалтад захирагддаг байна. Туршилтаар бүтээцийн материалын бат, бэх голдуу уг

хуваарьт захирагдана. Математик статистик тооцооноос үзэхэд, хэрэв үйл явц (тухайн тохиолдолд бат, бэх-ийн үзүүлэлт эсвэл ачааны хүчдэл) 1000-аас нэг тохиолдолд илүүгүй байрыг эзэлж байвал, тэр нь туйлын байж боломгүй (лавтай биш байх) нь ойлгомжтой. Эсрэг тохиолдолд, хэрэв мянгаас 999 тохиолдолд байнга илэрч, тодорч байвал, тэр үйл явц нь туйлын бодитой байж болно гэж үзнэ. “Гурван сигма” дүрмийг туйлын байж боломгүй ба бодитой байж болох тоон шалгуурыг тодорхойлохын тулд ашиглана. Тухайлбал, энэ дүрмээр материалын бат, бэх-ийг тооцож болно.

$$R = R_{cp} - 3\sigma, (3)$$

Энд: R_{cp} -бат, бэх-ийн дундаж утга (математик хүлээлт); σ -дундаж квадрат хэлбийлт; R -тохиолдлын хэмжигдэхүүн хувирамтгайг тодорхойлно. R_{cp} -баг харилцан хамааралтай:

$$R_{cp} = (R_1n_1 + R_2n_2 + \dots + R_in_i)/n, (4)$$

Бодит байдалд даацын чадварын тодорхойлолт өөр байна. Материалын хэм, хэмжээний утга нэртэйгээр хүлээж авдаг.

$$R = R_{cp} - 1,64\sigma, (5)$$

100-аас 95 тохиолдолд материалын бат, бэх R_n -ээс дээш байна. R_n хэмжигдэхүүнийг туйлын байдлын хоёрдугаар бүлгийн тооцоонд ашигладаг ба энэ үед бат, бэхийн тооцоонд ийм өндөр аюулгүй байдал шаардлагагүй байна. Тооцооны эсэргүүцэл R -г нэгдүгээр бүлгийн тооцоонд ашиглана. R_n -г R утгыг $R - 3\sigma$ хэмжигдэхүүн хүртэл багасган 1.3-1.5 тэнцүү γ_b , γ_s материалын найдвартай байдлын (аюулгүй байдлын) коэффициентэд хувааж гаргаж авна.

Хэмжигдэхүүн σ нь ашиглаж буй бетон, ган төмрийн сонгож авсан загвараас гарч ирнэ. Тэрээр хэрэгжүүлж байгаа технологи, чанар, үйлдвэрлэл ба бусад хүчин зүйлсээс хамаарна. γ_b , γ_s -ээс гадна, бүтээцийн болон бэлдцийн ажлуудад орох бусад коэффициентыг даацын чадварыг тодорхойлох үед оруулна. Тооцооны ачааг ижил жишгээр тооцно; тэдгээрийн хэвийн утгыг ачааллын $uf(0,9-1,6)$ найдвартай байдлын(аюулгүйн) коэффициент, түүнчлэн хариуцлагын болон барилга, байгууламжийн үндсэн (1,0-1 дүгээр зэргийн үндсэн байгууламж, 0,8-таван жил ашиглах хугацаатай түр зуурын байгууламж) төвшнийг оролцуулсан ун утгыг авсан найдвартай байдлын коэффициентээр үржүүлнэ.

Системийн чанар эсвэл түүнд тавих хяналтыг эрчимжүүлэх, барилга-угсралт болон хайгуул-шинжилгээний ажлын чадавхыг дээшлүүлэхэд л аюулгүй байдлын үндсэн орчин сайжирдаг болох нь статистик мэдээнээс харагддаг. Онцгой байдал, түүнчлэн байж болох үр, дагавар үүсэх үед орон зай ба цаг хугацаанд объектын гэмтэх магадлалыг оролцуулсан барилгын системийн аюулгүй байдлын цомхотгох (интеграл) үнэлгээг хангахыг эрсдэлийн судалгаа зөвшөөрдөг. Тухайлбал, байгалийн гамшиг ба сүйрлийн үед эрсдэлийн алдагдлыг үнэлэхийн тулд байж болох дурын хүрээнд R_Σ цомхотголын эрсдэлийг үнэлэх томъёог санал болгодог.

$$R_\Sigma = P_h P_{sh} P_{th} P_{oh} P_{Fh} D (6)$$

Энд: тодорхой хүчдэлийн h аюулын давталт P_h түүний статик магадлалын тоотой тэнцүү; P_{sh} ; P_{th} -орон зайн S болон цаг хугацааны t -д байгаа h аюулаар гэмтэж буй объектын магадлал; P_{oh} -нь h -аюулын үед эх объектын эмзэг байдлын (гэмтэх магадлал, нурах, хүн амь үрэгдэх г.м) түвшин; P_{Fh} -судалгааны (хэврэг байдлын магадлал) объектын функциональ параметрийн зөрчигдөх магадлал; D -эрсдэлийг үнэлэх үзүүлэлт (жишээлбэл, объектын үнэ, талбай, хүн амын тоог г.м). Бодит байдалд эрсдэлийн шинжилгээний нэр томъёонд аюулгүй байдлын хил хязгаар нь дараах илэрхийллээр үнэлэгдэнэ.

$$P(f) < P_{\text{доп}}, (7)$$

Энд: $P_{\text{доп}}$ -объектын төрөл түүний байрлал, эдийн засаг, үндэстний сэтгэл зүй болон бусад хүчин зүйлс болох түүний үндсэн параметр, шинж төлөвөөс хамаарах хүлцэх эрсдэл юм. Эрсдэлийг үнэлэхийн тулд хэд хэдэн арга байдаг. Тухайлбал, иргэний ба үйлдвэрийн барилга байгууламжид доорх томъёог тогтмол хэрэглэнэ:

$$P_{\text{нзс}} = 10^{-5} \xi t / N, (8)$$

Энд: ξ - объектын нийгмийн утгатай коэффициент, хүмүүс цугларсан болон нягт, шигүү суурьшсан байрлалд 0,005; иргэний ба үйлдвэрийн барилгын объектуудад 0,05; гүүр 0,5; цамхагт 5; t -бүтээц эсвэл байгууламжийн эдэлгээний хугацаа (жилээр); N -эрсдэлтэй гэж үнэлгээ хийсэн үед эх барилгын дотор талд эсвэл ойр байх хүмүүсийн дундаж тоо.

Энэхүү 6 дугаар илэрхийллийг НҮБ-ын Гамшигт туслах албан газраас зохион байгуулсан 1979 оны “Байгалийн гамшгууд ба эмзэг байдлын шинжилгээ” хэлэлцүүлгийн үеэр эрдэмтэд тохирч чадсан эрсдэл нь аюул ба эмзэг байдлын элементээс бүрдсэн (National Disasters and Vulnerability Analysis 1979), мөн өнөө үед ашиглагдаж буй барилгын эрсдэлийн үнэлгээний функц болох дараах томъёотой харьцуулж үзэхэд их ялгаа харагдахгүй байна.

$$\text{Эрсдэл} = f(H, V, A, C), (9)$$

Энд: H -аюул (тодорхой цаг хугацааны дотор тохиох магадлалаар илэрхийлэгддэг, жилээр); V -эрсдэлд байгаа элементийн ганцаарчилсан төрлийн физик эмзэг байдал (0-1); A -эрсдэлд байгаа ганцаарчилсан элементийн үнэ өртөг эсвэл нийт дүн (барилгын болон хүний тоо); C -барилгын эрсдэлийг бууруулах чадавх (зөв удирдлага, нөөцийн үйл ажиллагаа ба эрсдэлийн хүчийг багасгах ажилбараас хамаарна).

Иймд манай улсад мөрдөж буй БНБД 20-01-11-ийн эх сурвалж болсон ОХУ-ын үндсэн дүрэмд барилгын бат бэх чанарыг дээшлүүлэх талаар хийсэн судалгаанаас үзэхэд “туйлын найдвартай байдал”-ын үзэл баримтлалд дурдсан зарим нэг сул тал байгаа боловч НҮБ-аас гамшгийн эрсдэлийг бууруулах чиглэлд хэрэгжүүлж буй онол, арга зүйгээс зөрсөн зүйл байхгүй гэж дүгнэж байна. ОХУ ба Монгол Улсын газар зүйн байрлал ялгаатай учраас манай оронд газар хөдлөлийн эрсдэл илүү өндөр бол харин ОХУ-ын 1092 хотоос 960-н буюу нийт хотын 88 хувь нь үерийн усанд байнга автагдан, жил бүр тоо нь нэмэгдэх ой хээрийн түймэр болон нийт хүн амын 55 хувь нь техногений аюултай хотуудад амьдарч байгааг барилгын норм ба дүрэмд харгалзах нь зүйтэй юм. ОХУ ба Монгол Улсын хувьд зураг төсөл нь “уян харимхайн” тооцоололд тулгуурладаг бол газар хөдлөлийн судлалд хамгийн сүүлийн үеийн тэргүүний технологитой Япон Улс нь энэ байдлыг өөрчилж “хэв гажилт”-ыг ашигладаг болохыг судлах, тэрчлэн “хязгаарын төлөвийн найдвартай” үзэл баримтлалын биелэгдэхгүй байх гол шалтгаан болох хүчин зүйлсэд анхаарал хандуулах нь чухал гэж үзэж байна.

Газар хөдлөлийн аюул

1957 оны 7 дугаар сард Монгол Улсад газар хөдлөл судлалын байгууллагын суурь тавигдсан байна. 1959 онд ЗХУ ба Монгол Улсын ШУА-ийн хамтарсан экспедиц Монгол Улсын газар хөдлөлийн мужлалын зураглалыг анх удаа хийсэн байна. Төр засгаас гамшгийн эрсдэлээс нийслэлд амьдарч буй иргэдийн аюулгүй байдлыг хангах чиглэлд олон арга хэмжээг сүүлийн үед авч хэрэгжүүлж байна. Үүнээс заримыг нь дурдахад:

- 2013-2015 онд “Улаанбаатар хот болон Налайх, Багануур, Багахангай дүүргийн газар хөдлөлийн бичил мужлалын зураг хийх” төслийн судалгааны ажлыг гүйцэтгэн, экспертийн үнэлгээ хийгдээд барилгын норм ба дүрэмд оруулахаар ажиллаж байна. (С.Дэмбэрэл 2015)

- Мэргэжлийн хяналтын газраас нийслэлийн хэмжээнд 566 барилгад газар хөдлөлийн үнэлгээ хийхэд газар хөдлөлийг тэсвэрлэх нь 172, хүчитгэж сайжруулах 75, газар хөдлөлд тэсвэргүй 319 үүнээс 172-ыг цаашид ашиглах боломжгүй тул 98 барилгыг нурааж дахин төлөвлөн шинээр орон сууц барих Нийслэлийн засаг даргын захирамж хамгийн сүүлд гарсан байна. Түүнчлэн түр цуглах талбайг тодотгож 47 байсныг нэмэгдүүлэн 111 болгож эдгээр талбай дээр ямар нэг барилга орон сууц барихгүй бөгөөд газар хөдлөл болсон тохиолдолд иргэд цуглардаг байх юм. “Аюулгүй сургууль ба аюулгүй цэцэрлэг” санаачилгыг хэрэгжүүлж эхэлсэн байна. (У.Хүрэлсүх 2017)
- 2017 оныг газар хөдлөлд тэсвэртэй, аюулгүй орчин болгох үндэсний хөдөлгөөнийг эхлүүлээд байна. Засгийн газрын 2017 оны 67 дугаар тогтоолоор газар хөдлөлийн аюулаас урьдчилан сэргийлэх, таниулах өдөртэй болов.
- Улаанбаатар хотод болсон гамшгийн эрсдэлийг бууруулах олон улсын стратегийн Азийн түншлэлийн хуралд НҮБ-ын Ерөнхий нарийн бичгийн даргын гамшгийн эрсдэлийг бууруулах тусгай төлөөлөгч Р.Глассер оролцов.
- 2018 онд Монгол Улсад болох гамшгийн эрсдэлийг бууруулах Азийн сайд нарын II бага хурлын бэлтгэл ажлыг хангаж байна.

Барилга байгууламжийн болзошгүй хохирлыг урьдчилан тогтоосон байдал

Олон улсын практикт их хэрэглэгдэж буй барилгын эмзэг байдлыг тогтоох хэмжигдэхүүн нь газар хөдлөлийн идэвхтэй бүсэд барьсан барилга байгууламжийн бат бэх байдал, аюулыг эсэргүүцэх, даван туулах чадавхаар тодорхойлогдоно. Канад Улсын Ванкувэр хотод 2004 оны 8 дугаар сарын 1-6-ны хооронд болсон Дэлхийн 13 дахь удаагийн газар хөдлөлийн инженерүүдийн бага хуралд хэлэлцүүлсэн “Улаанбаатар хотод буй тоосгон барилгын тоон загвар ба талбай дахь судалгаанд суурилсан газар хөдлөлийн гамшгийн загварчилгаа ” (Монгол улсын Улаанбаатар хотын газар хөдлөлтийн гамшгийг эрсдэлээс хамгаалах чадавхыг бэхжүүлэх төсөл 2013) болон НЗДТГ, НОБГ, Олон улсын хамтын ажиллагааны байгууллага (JICA) хамтран 2013 оны 10 дугаар сард хийж дуусгасан. “Монгол Улсын Улаанбаатар хотын газар хөдлөлийн гамшгийн эрсдэлээс хамгаалах чадавхыг бэхжүүлэх төсөл” хоёр хувилбараар газар хөдлөлийн аюулыг үнэлж Улаанбаатар хотын барилга байгууламжид учирч болзошгүй хохирлыг тогтоосон байна (Dorjpalam S 2004).

Дүгнэлт

Барилга байгууламжийн нөлөөллийн чиглэлээр Монгол Улсад хэрэгжүүлж буй бодлого, практик үйл ажиллагааны үндэс суурь нь ЗХУ-ын норм ба дүрэм, стандартад тулгуурлаж ирсэн нь тодорхой билээ. Иймд сүүлийн үеийн байгалийн болон техногений аюулын нөхцөл байдалтай уялдуулан дэлхийн түвшинд үнэлэх шинэ онол, арга зүй, техник технологийн дэвшилтэд арга барилаас суралцан өөрийн орны онцлогт тохируулан барилгын норм ба дүрэм, стандартад нэвтрүүлэх нь хүн амын аюулгүй байдлыг хангахад чухал ач холбогдолтой гэж дүгнэж байна.

Номзүй

- C.Scawthorn. 2008. A Brief History of Seismic Risk Assessment.
- Dorjpalam S, Hiroshi Sawase, Narenmandula HO. 2004. Earthquake disaster simulation for Ulaanbaatar, Mongolia based on the field survey and numerical modelling of masonry buildings. 13 WCEE Canada, 1-15.
1979. National Disasters and Vulnerability Analysis. Office of the United Nations Disaster Relief Co-coordinator, 6-53.
- Б.Баярсайхан. 2015. Барилгын салбарын хөгжлийг бүтээгч . 2 13. <https://dnn.mn>.
- Барилгын түүхэн хөгжил. 2010. 7 27. news.barilga.mn/r/3329.
- В.А.Харитонов. 2012. “Надежность строительных объектов и безопасность жизнедеятельности человека.” стр 366.
- Д.Хайсанбуу. 2015. Бидний бахархан хайрлах олон зүйлийн салшгүй эд эс нь барилга. vip76.mn/content/34664.
2013. Монгол улсын Улаанбаатар хотын газар хөдлөлтийн гамшгийг эрсдэлээс хамгаалах чадавхыг бэхжүүлэх төсөл. боть 43, Төгсгөлийн тайлан.
- С.Дэмбэрэл. 2015. Газар хөдлөлийн гамшигаас урьдчилан сэргийлэх тухай мэдээлэл. www.news.mn/r/224339.
- У.Хүрэлсүх. 2017. Газар хөдлөлийн аюулаас урьдчилан сэргийлэх, таниулах . www.mminfo.mn/politics/news/9673.