

ГЕОФИЗИК БА ОДОН ОРОН СУДЛАЛ

МОНГОЛ УЛСЫН ШИНЖЛЭХ УХААНЫ АКАДЕМИ
ОДОН ОРОН, ГЕОФИЗИКИЙН ХҮРЭЭЛЭН

№ 7. 2020

УЛААНБААТАР ХОТ

2020 он

ISSN 2709-1538 (Print)

ISSN 2709-1546 (Online)

Монгол Улсын Шинжлэх Ухааны Академийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэн “Геофизик ба Одон орон судлал” сэтгүүл, № 7, Улаанбаатар, 2020, 110 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
эшда Э.Номин-Эрдэнэ

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

Ц.Нямбаяр, Maksim BANO, Х.Цээдулам

“БАЯНХОНГОР АЙМГИЙН БАЯНХОНГОР ХАГАРАЛ ДЭЭР ХИЙГДСЭН ГЕОРАДАРЫН СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН”.....5

М.Билгүүн, М.Өлзийбат

“УЛААНБААТАР ХОТ ОРЧМЫН ХАГАРЛУУДЫГ РАДОН ХИЙГЭЭР ИЛРҮҮЛЭХ”.....13

Ankhtsetseg D., Odonbaatar Ch., Bayasgalan A., Demberel S., Baatarsuren G., Battogtokh D., Bayarsaikhan E., Dembereldulam M., Amarmend A., Dorjdavaa M

“THE PRELIMINARY SEISMOTECTONIC MAP OF MONGOLIA”.....25

Э.Батмагнай

“МАГНЕТОТЕЛЛУРИКИЙН ТЕНЗОРУУД БА ТЭДГЭЭРИЙН ФИЗИК ТАЙЛБАР”.....38

Л.Тунгалаг А.Дөлгөөн

“КОРРЕЛЯЦИЙН ШИНЖИЛГЭЭГЭЭР ТЭСЭЛГЭЭНИЙ СИГНАЛЫН ИЖИЛ ТӨСТЭЙ БАЙДЛЫГ ҮНЭЛЭХ НЬ”.....48

Э.Уранболор, А.Мөнхсайхан, Б.Жамъянжав, П.Даваадалай, Д.Нямжаргал, М.Магванжав, Н.Ням-Очир

“БҮСИЙН ГОЛЫН ГАЗАР ХӨДЛӨЛТИЙН ГОРИМЫН СУДАЛГАА”.....54

А.Энхтүвшин, А.Нармандах, Б.Мөнхбаяр, Ж.Баяраа, Г.Төгөлдөр, М. Өлзийжаргал, М.Өлзийбат

“ХЭВИЙН АЖИЛЛАГААНЫ ТӨЛӨВ ШАЛГАХ СИСТЕМИЙГ ЗОХИОН БҮТЭЭЖ UV4M СТАНЦ ДЭЭР ТУРШСАН ДҮНГЭЭС”.....63

Т.Насан-Очир, Ш.Цэрэндүг, Г.Баянжаргал, Э.Батмагнай2, С. Ганцогт

“ЭРИНИЙ ХУВЬСАЛТЫН СОДОН ЦЭГИЙН АЗИМУТЫГ НАРНЫ ХЭМЖИЛТЭЭР ТОДОРХОЙЛОХ”.....69

Б. Амаржаргал, Ү.Сүхбаатар, Xiuhong Nan

“ХҮЧТЭЙ СОРОНЗОН ШУУРГАНЫ СУДАЛГАА”.....75

Д.Баатархүү, Ш.Амаржаргал

“GPS ИОНОСФЕР МЭДЭЭГЭЭР САНСАРЫН ЦАГ АГААРЫГ СУДАЛСАН ЗАРИМ ҮР ДҮНГҮҮД”.....80

Б.Батбаяр, Д.Батмөнх, Д.Мөнхманлай

НАРНЫ ИДЭВХЖИЛИЙН 25 ДУГААР ЦИКЛИЙН ЭХНИЙ ТЭСРЭЛТҮҮД87

Б.Банзрагч, Д.Батмөнх, Б.Энхзул, Д.Ундрах

“НАРНЫ ТИТМИЙН FeXIV ИОНЫ НОГООН ШУГАМЫН АЖИГЛАЛТЫН ЗАРИМ ҮР ДҮН”.....93

Б.Батжаргал, Б.Ирмүүнзаяа

“БАГА ГАРИГИЙН БАЙРЛАЛ БАТАЛГААЖУУЛАХ АЖИГЛАЛТ”101

Б.Энхзул, Б.Түвшинжаргал, Б.Банзрагч, Д.Ундрах

“UV ИНДЕКСИЙГ ТООЦОХ НЬ”66.....106

БАЯНХОНГОР АЙМГИЙН БАЯНХОНГОР ХАГАРАЛ ДЭЭР ХИЙГДСЭН ГЕОРАДАРЫН СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Ц.Нямбаяр^{1,2,3}, Maksim BANO², Х.Цээдулам³

¹ ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэн

² IPGS, UMR-7516, University of Strasbourg/EOST, Strasbourg, France

³ ШУТИС, Геологи, уул уурхайн сургууль

nyambayar@iag.ac.mn

Хураангуй. Газар хөдлөлийн гамшгийн эрсдэлийг бууруулах үндэсний хөтөлбөрийн дагуу Баянхонгор аймгийн газар хөдлөлийн бичил мужлалын зураглал хийх ажлын хүрээнд Баянхонгор хагарал дээр геологийн маршрут ба георадарын судалгааны хэмжилтүүдийг 250МГц, болон RTA 50МГц антенуудаар 2014 онд хийж гүйцэтгэсэн. Тэдгээр хэмжилтүүдийн шинэ үр дүнг урд өмнө Баянхонгор хагарал дээр хийгдсэн судалгааны ажлуудын үр дүнтэй харьцуулан өөрийн тайлал, дүгнэлтийг энэхүү судалгааны ажилд орууллаа.

Түлхүүр үг: георадар, палеосейсмологи, тохрол хагарал, зөрөл хагарал, listric хагарал

Удиртгал

Монгол Улсын Засгийн газар “Газар хөдлөлийн гамшгийн эрсдэлийг бууруулах үндэсний хөтөлбөр”-ийг 2009 онд баталсан бөгөөд энэхүү төлөвлөгөөнд тусгагдсаны дагуу 12 аймгийн төвийн инженер-геологи, гидрогеологи, газар хөдлөлийн бичил мужлалын зураглал, газар хөдлөлтийн мэдээллийн сан бүрдүүлэх ажлыг Барилга, хот байгуулалтын яамны захиалгаар Одон орон геофизикийн хүрээлэнгийн судалгааны баг хийж гүйцэтгэсэн ба түүний нэг нь Баянхонгор аймаг байсан.

Баянхонгор хагарал нь өмнөд хангайн хагарал (ӨХХ) хэмээх 350км орчим үргэлжлэх систем хагарлын нэг хэсэг бөгөөд хангайн нурууны баруун өмнөд талаар Баянбулаг сумын төвийг дайран өргөргийн дагуу суналтай зүүн гарын шилжилттэй ӨХХ зүүн уртрагийн 98°54'E орчмоос БХ-ЗУ суналтай болон мурийж хагарлын чиглэл, төрөл нь өөрчлөгддөг бөгөөд тэрхүү бүтцийг Баянхонгор хагарал гэж судлаачид нэрлэжээ (Одонбаатар, бас бус., 2017). Баянхонгор хагарал нь Бор хайрхан

уулаас эхлэн ойролцоогоор 85км үргэлжлэн Баянхонгор аймгийн төвөөс баруун зүгт 30км орчимд ирж төгсдөг (Одонбаатар, бас бус., 2017).

Энэхүү хагарлыг өмнө нь гадаад дотоодын эрдэмтэн судлаачид сансрын зургийн анализаар болон талбайн маршрутын судалгаагаар судалж Баянхонгор хагарлыг тохрол хагарал (Baljinyam, et al., 1993), зөрөл хагарал (Cunningham, 2001), (Gantulga, 2018) гэх мэтээр өөр өөрсдийн дүгнэлтүүдийг өгсөн байдаг.

Бидний гүйцэтгэсэн георадарын судалгааны ажил нь Баянхонгор аймгийн газар хөдлөлийн бичил мужлалын зураглалын төслийн хүрээнд орчин үеийн дэвшилтэд технологи болох георадарын зураглалын арга зүйг ашиглан, идэвхтэй хагарлын судалгаан дээр өөрсдийн хуримтлуулсан туршлагад тулгуурлан судалгааны ажил хийж гүйцэтгэн, өмнөх судлаачдын үр дүнг баяжуулан нарийвчлах боломжийг эрэлхийлсэн болно.

Судалгааны талбай, геологийн орчин

Бидний судалгааны талбай болох Баянхонгор хагарлын салбар хэсэг нь

Баянхонгор аймгийн Баян-Овоо болон Галуут сумдын нутгийг дамнан Жаргалантын нурууны уулсын бэлийг дагасан суналтай тогтсон байна (Зураг 1а).

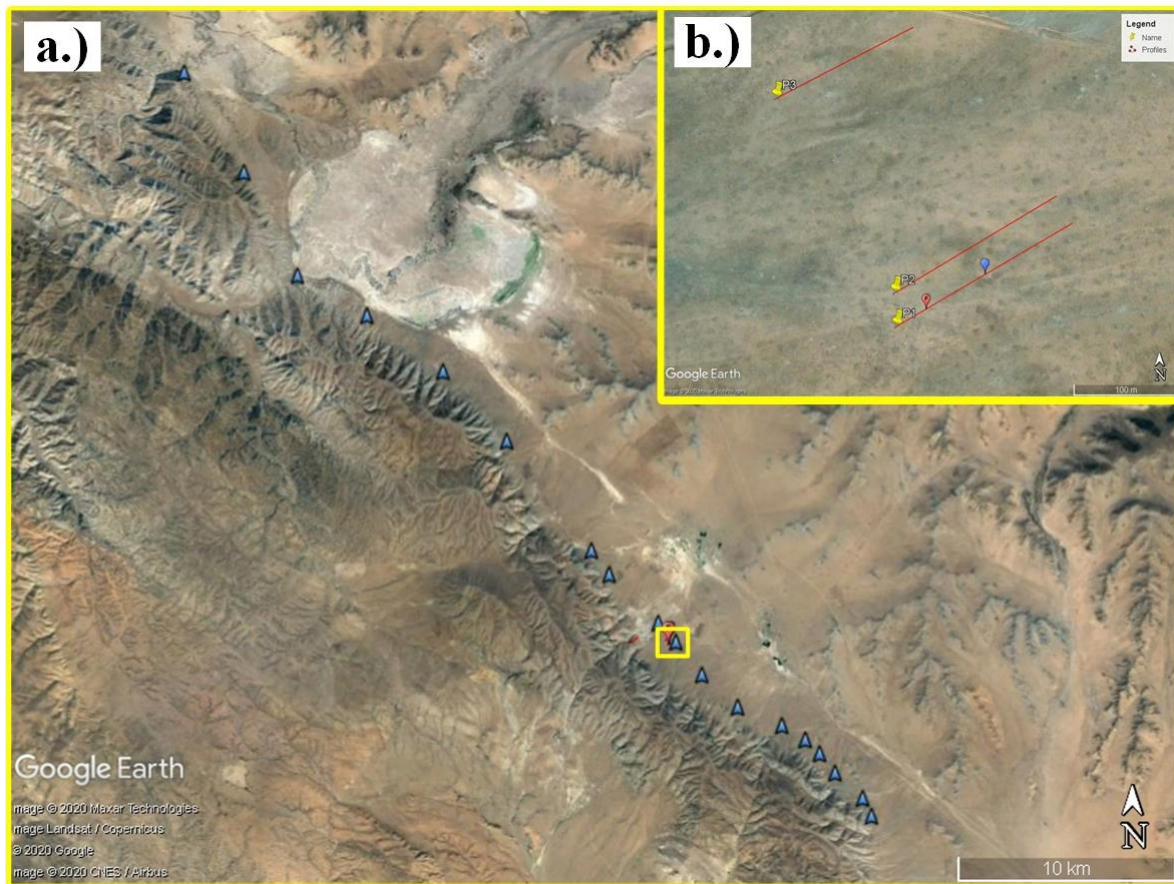
Судалгааны талбай нь Баян-Овоо сумаас баруун хойш 25 км зайд, алтны уурхайн шороон овоолгоос 1 км орчим зайд байрлана (Зураг 1 а).

Геологийн маршрутын судалгаагаар Баянхонгор хагарлын дагууд 3 цэг дээр ойролцоогоор 4-4.5м баруун гарын шилжилт, босоо шилжилтийн ул мөр болох 2-8м өндөртэй мөргөцгүүд үргэлжлэх бөгөөд босоо шилжилт хэмжигдэж байгаа нь уг хагарал шахалтын юм уу эсвэл тэлэлтийн

хүчнээс үйлчлэлтэйг илэрхийлж байгаа боловч огшоос ба зөрөл байгуулагчийн алин болох нь шийдэгдээгүй (Одонбаатар, бас бус., 2017).

Хагарлын дагууд мөргөцгийн өндөр дунджаар 1.5-3м өндөртэй жигд бус тархалттай байгаа ба өндөр мөргөцгүүд нь хагарал дээр явагдсан хэд хэдэн удаагийн хүчтэй газар хөдлөлтүүдээр үүссэн (Одонбаатар, бас бус., 2017).

Палеосейсмологийн нарийвчилсан судалгаа хийх уг талбай нь сансрын зураг дээр арай тод хагарлын ул мөртэй ба хагарлын хурдас хуримтлал зузаан уулын бэлийн нам дор газар нүдээр харагдахуйц мөргөцөг бүхий газар байсан (Зураг 1 б).



Зураг 1. Судалгааны талбайн байрлал зүйн зураг. а.) Судалгааны талбайн ерөнхий байрлалыг GoogleEarth дээр харуулав. Цэнхэр сумаар хагарлын ул мөрийг, шар тэгш өнцөгтөөр судалгааны талбайг заасан. б.) Судалгааны талбайн хэмжилт хийсэн хэсгийг томруулан харуулсан зураг. Улаан шугамаар хэмжилтийн хөндлөн огтлолууд, шар цэгээр хөндлөн огтлолуудын эхлэлийн цэг болон нэрсийг, улаан болон цэнхэр цэгээр хагарлын ул мөрийг тус тус заасан.

Судалгааны арга, аргачлал, хэмжилт

Ground Penetrating Radar (GPR) буюу Георадарын судалгаа нь анх 1930 онд хийгдэж байсан бөгөөд тус багажийг зохион бүтээгчид 1937 онд анхны цахилгаан соронзон долгионоор геофизикийн хайгуул хийх аргыг туршиж тэр цагаас хойш тус багаж нь аажмаар хөгжсөөр, 1992 оноос электроникийн хөгжлийг дагаж өндөр хурдацтай хөгжиж өнөөдрийн байдлаар олон салбарт өргөн хэрэглэгддэг болсон (Jol, 1995).

GPR-ийн зарчим нь тухайн материал дотор цахилгаан соронзон орны туйлшрах чадварт суурилдаг. Энэхүү цахилгаан соронзон (EM) орон нь цахилгаан соронзон долгион хэлбэрээр газарт тархдаг. Энэхүү тархалтыг Максвеллийн тэгшитгэлээс олж авсан цахилгаан соронзон (EM) долгионы тэгшитгэлээр илэрхийлбэл (Cassidy, 2009):

$$\nabla^2 \vec{E} = \mu\sigma \cdot \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \mu\epsilon \cdot \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \quad \text{Томьёо 1}$$

Үнд: - цахилгаан орон, - соронзон нэвтрэлт, - диэлектрик нэвтрүүлэх чадвар, - цахилгаан дамжуулах чадвар

Георадарын хэмжилт хийх аргачлал нь үндсэн 2 төрөл байдаг бөгөөд зураглалыг хурдан гүйцэтгэхэд зориулагдсан Common Offset (CO) буюу дамжуулагч болон хүлээн авагч антен хоорондын зай нь тогтмол байдаг хэмжилтийн аргачлалыг ашигласан болно (Зураг 2). Бидний хэмжилт хийсэн аргачлал нь дотроо дамжуулагч болон хүлээн авагч антенууд хувьд хамгаалагдсан ба хамгаалагдаагүй антентай гэж 2 ангилагддаг бөгөөд бид хамгаалагдсан дунд гүний зураглалын

250МГц, болон хамгаалагдаагүй дунд гүний зураглалын RTA 50МГц антenuудаар тухайн хэмжилтийг гүйцэтгэсэн.



Зураг 2. Георадарын Common Offset (CO) аргачлалын хэмжилт. Хэмжилтийн алхам хэмжигч дугуйгаар замаа хэмжинэ, антенд өгөх импульс болон хэмжилтийн мэдээллийг оптик кабелиар хяналтын төхөөрөмж рүү дамжуулж түүнээс цаашир нь хэмжилтийн компьютерт мэдээллээ дамжуулж хадгалах замаар георадарын хэмжилт хийгдэнэ.

Георадарын хэмжилтийг 2014 оны 8 сард Швед улсын MALA Geoscience брэндийн ProEx – фибер оптик контроль систем болон XV11 – хэрийн хэмжилтийн компьютер ашиглан 3 хөндлөн огтлол тус бүр дээр 250МГц, болон RTA 50МГц антenuудаар уулын бэлээс хөндий тал руу чиглэлтэйгээр хийж гүйцэтгэсэн (Зураг 1б).

Хэмжилтийн үеийн нарийвчилсан параметруудийг Хүснэгт 1. болон Хүснэгт 2. тус тус харууллаа.

Хүснэгт 1. Хөндлөн зүсэлтүүдийн урт

Нэр	250МГц	RTA50МГц
Хөндлөн огтлол-1	200м	200м
Хөндлөн огтлол-2	181.5м	181.5м
Хөндлөн огтлол-3	115м	150м

Хүснэгт 2. Георадарын трейс болон гүний параметр

Нэр	250МГц		RTA50МГц	
	Алхам (м)	Гүний хугацаа (наносек)	Алхам (м)	Гүний хугацаа (наносек)
Хөндлөн огтлол-1	0.04	185	0.2	467.4
Хөндлөн огтлол-2	0.04	185	0.2	372
Хөндлөн огтлол-3	0.04	185	0.2	372

Мэдээлэл боловсруулалт, зураглал

Георадарын хэмжилтийн мэдээллийг MATLAB программ хангамж дээр бичигдсэн өөрсдийн кодыг ашиглан гүйцэтгэдэг (Girard, 2002). Тэр нь Франц улсын Страсбург хотын Их Сургуулийн (EOST) хамт олон боловсруулсан RadLab гэдэг нэртэй MATLAB программын код бөгөөд бид хамтын ажиллагааныхаа хүрээнд уг программ хангамжийг чөлөөтэй ашиглаж байгаа болно.

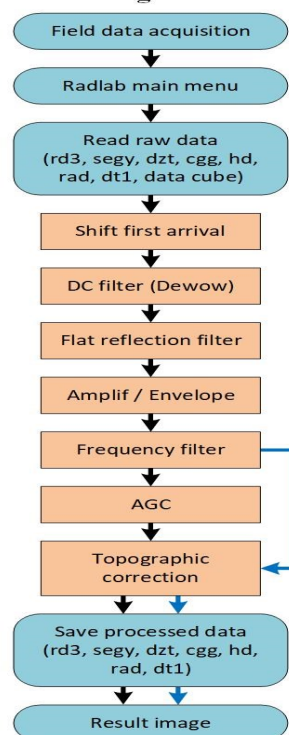
RadLab программ нь Георадарын RD3, CGG, SEGY, DT1, DZT зэрэг бүх төрлийн мэдээлэлтэй ажиллах боломжтой ба олон функцүүдтэй чадварлаг програм юм. Бид Георадарын хэмжилтийн мэдээлэлдээ дараах (Зураг 3) боловсруулалтуудыг хийж үр дүнгийн зураглалаа гаргаж авсан. Топографийн хэмжилтийн мэдээлэл байхгүй учраас Googleearth дээрээс авсан өндөршлийн утгыг оруулж топографийн засварыг хийсэн ба топографийн гажлын шилжилтийн тооцоонд 0.12м/наносек тогтмол хурд хэрэглэсэн.

Үр дүн, тайлал

Георадарын судалгааны арга нь хагарлын хэвтээ болон босоо шилжилт ба бусад параметруудийг тодорхойлох, далдлагдсан хуучин суваг, жалгыг зураглах зэрэгт маш сайн үр дүнтэй арга юм. Георадарын зураглалын үр дүнд тайлал хийхдээ ялгаатай үе давхаргуудын зааг болон долгионы ойлт, хугарал, замхрал, гажилт өгч байгаа хэсгүүдэд анализ хийж түүнийгээ тухайн газрын геологийн бүтэцтэй харьцуулан эцсийн дүгнэлт хийдэг (Davis & Annap, 1989).

Бидний гүйцэтгэсэн георадарын хэмжилтийн үр дүнгийн зураглалаас харахад 1 – дүгээр хөндлөн огтлол дээр хийгдсэн 250МГц, болон RTA 50МГц антenuудын хэмжилтийн зураглал орчны шуугианы түвшин бага, өндөр ялгарал

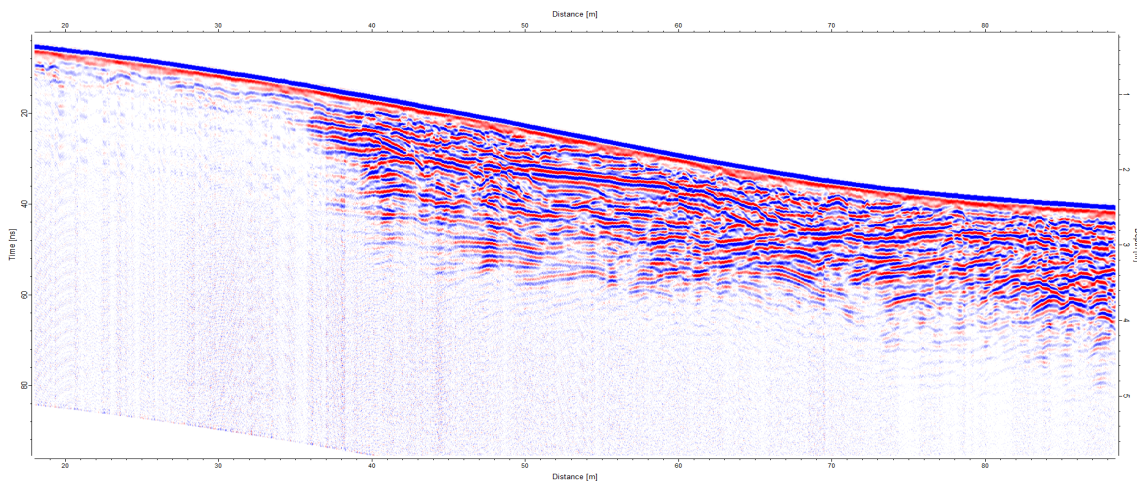
GPR 2D Data processing diagram



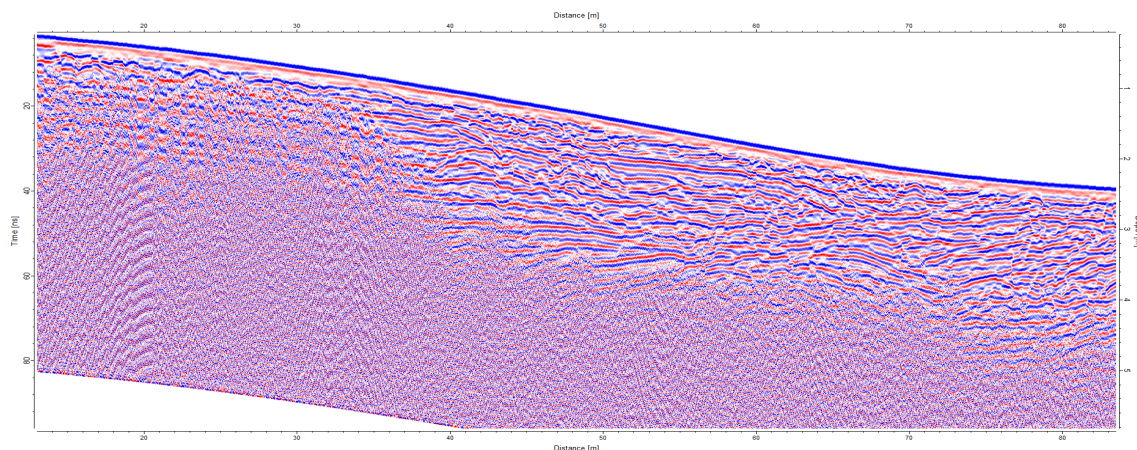
Зураг3. Мэдээлэл боловсруулалтын дараалал

бүхий сайн зураглал болсон нь уг зургууд дээр тайлал хийхэд хялбар, ойлгомжтой болсон.

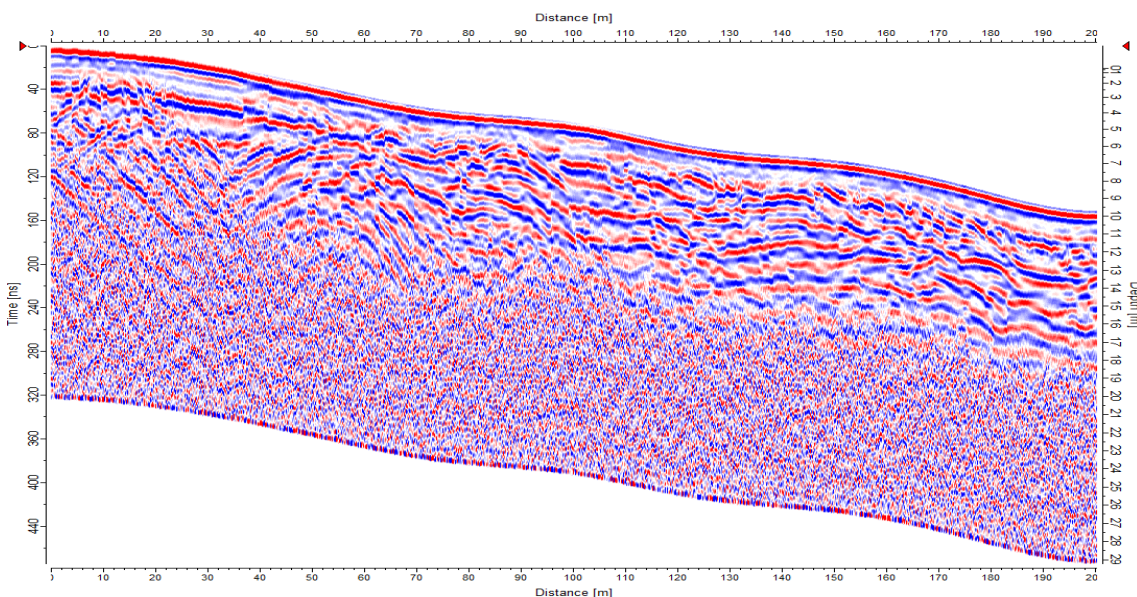
1 дүгээр хөндлөн огтлол дээр гүйцэтгэсэн Георадарын 250МГц антены үр дүнгийн зураглал дээр боловсруулалтын үеийн AGC буюу сигналын автомат өсгөлтийг хийлгүйгээр гаргаж аван (Зураг 3-ийн давтамжийн шүүлтүүрээс цэнхэр сумыг дагасан) харьцуулан харахад эвдрэлд орж хөндөгдөөгүй болон эвдрэлд орж олон үе давхаргаар хучигдсан хурдас хуримтлалын хоёр хэсэг эрс ялгаатай хөрсний бүтэц тод ялгаран харагдаж байна (Зураг 4). Харин AGC буюу сигналын автомат өсгөлтийг хийлгэн гаргаж авсан зураг дээр ялгарал өмнөхөөс бага байгаа боловч хөндөгдсөн болон хөндөгдөөгүй хоёр хөрсний ялгарал илт ялгаран харагдаж байгаа ч хагарлын хавтгайн хил зааг яг нарийн тодорхойлогдох боломжгүй хэвээр байгаа юм (Зураг 5).



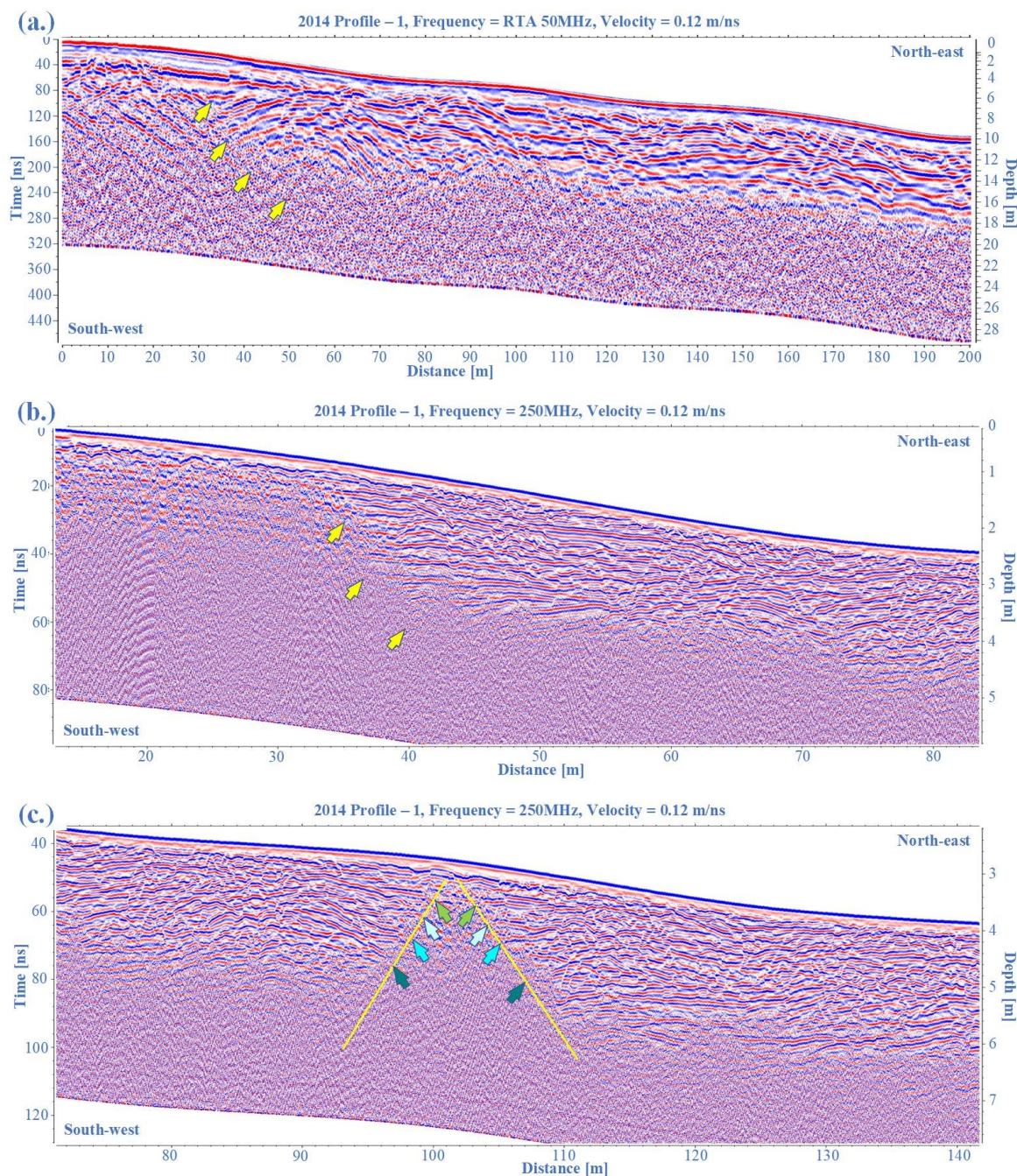
Зураг 4. 1 дүгээр хөндлөн огтлол дээр гүйцэтгэсэн Георадарын 250 МГц антенны үр дүнгийн зураглал. Энэ нь боловсруулалтын үеийн AGC буюу сигналын автомат өсгөлтийн шатыг хийлгүйгээр гаргаж авсан зураг болно.



Зураг 5. 1 дүгээр хөндлөн огтлол дээр гүйцэтгэсэн Георадарын 250 МГц антенны үр дүнгийн зураглал. Энэ нь боловсруулалтын үеийн AGC буюу сигналын автомат өсгөлтийн шатыг хийж гүйцэтгэн гаргаж авсан зураг.



Зураг 6. 1 дүгээр хөндлөн огтлол дээр гүйцэтгэсэн Георадарын RTA 50 МГц антенны үр дүнгийн зураглал. Боловсруулалтын үе шатыг AGC буюу сигналын автомат өсгөлттэйгээр гүйцэтгэж гарган авсан зураг.



Зураг 7. 1 дүгээр хөндлөн огтлол дээр гүйцэтгэсэн Георадарын RTA 50МГц болон 250МГц антены үр дүнгийн зураглалууд дээр тайлал хийсэн зураг. а.) RTA 50МГц антены тайлал хийсэн зураг бөгөөд шар сумаар хагарлын хавтгайн байрлалыг ойролцоогоор тоймлон зааж харуулсан. б.) 250МГц антенаар хийсэн хэмжилтийн эхний 10м-85м хүртэлх зураглал. Шар сумаар хагарлын хавтгайн бүсийг тоймлон харуулсан болно. с.) 250МГц антенаар гүйцэтгэсэн хэмжилтийн 72м-142м хүртэлх зураглал бөгөөд энэ хэсгийн 102м орчимд хурдас хуримтлалын тасралт ажиглагдаж байгаа болно. 2 тал руу шилжин холдсон ижил давхаргуудыг ижил өнгө бүхий сумаар зааж харууллаа. Шар шугам нь тасарч холдсон 2 талын хил заагийг зааж байгаа болно.

Георадарын RTA 50МГц антены үр дүнгийн зураглал дээр сигналын ойлтын идэвхтэй гүн нь 12м орчим, харин 250МГц антены хувьд сигналын ойлтын гүн нь ойролцоогоор 2.5-3м байна. RTA

50МГц антены үр дүнгийн зураглал дээр хагарлаар эвдэгдэж хөндөгдсөн болон хөндөгдөөгүй хоёр хөрсний ялгарал мөн адил зааглагдан харагдаж байгаа ба үелсэн олон давхарга болон хагарлын

хавтгай талын үзүүр хэсэгт нумарсан атираа маягийн хэлбэр ажиглагдаж байна (Зураг 6). 1 дүгээр хөндлөн огтлол дээр давхцуулан гүйцэтгэсэн георадарын 250МГц болон RTA 50МГц антенуудын үр дүнгийн зураглалуудыг давхцуулан харьцуулж үзэхэд хагарлын хавтгайн бүс хоёуланд нь адил ойролцоогоор 33м орчимд байгаа нь харагдаж байна (Зураг 7а), (Зураг 7б). Харин хөндлөн зүсэлтийн дээрээс харсан байрлал зүйн зураг дээр улаан цэгээр зааж харуулсан (Зураг 1б). Мөн 250МГц антены үр дүнгийн зураглалын 72м-142м хүртэлх зураглал дээр хурдас хуримтлалын тасралт ажиглагдсан. Энэхүү тасарсан хэсгийн хоёр тал нь газрын гадаргуугаас гүн рүүгээ хоорондоо холдон өнцөг үүсгэсэн байгаа нь ажиглагдаж байна (Зураг 7с). Мөн холдсон хоёр талд хоорондоо хамааралтай байж болох хэд хэдэн адил давхаргууд харагдаж байгаа болно (Зураг 7с). Тасарсан хэсгийн байрлалыг хөндлөн зүсэлтийн дээрээс харсан байрлал зүйн зураг дээр хөх цэгээр зааж харуулсан (Зураг 1б) ба сансрын зургийн тайлал дээр бидний хагарлын мөргөцөг хэмээн ажиглаж байсан хагарлын ул мөр уг хөх цэгийг дайрч байгаа билээ.

Хэлэлцүүлэг

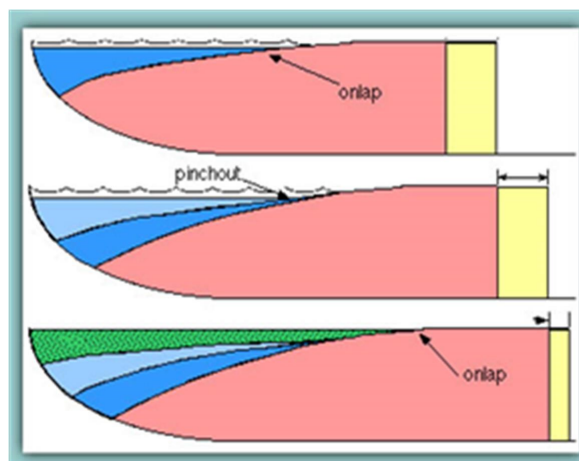
Баянхонгор хагарлыг зөрөл хагарал (Cunningham, 2001) гэж үзсэн байдаг ба уг хагарал дээр гүйцэтгэсэн георадарын судалгааны үр дүнгээс харахад уг хагарлын унал, хурдас хуримтлалын хэлбэр, хөдөлгөөний чиглэл зэрэг нь бага өнцгийн зөрөл хагарал буюу Listric хагарлын шинжүүдийг агуулсан байна (Зураг 8).

Дунджаар 1.5-3м өндөртэй үргэлжлэх мөргөцгүүд нь хагарлын хэсэгчилсэн эвдрэлийг харуулах бус хагарлын бүсийн дагууд өргөн зурвасаар шаталж хагарсан бүсүүд элбэг байдаг (Одонбаатар, бас бус., 2017). Энэ нь зөрөл хагарлын шинж тэмдгийг илэрхийлсэн байдаг ба Жаргалантын

нурууны зүүн бэлээр хагарлын тэлэлтийн хөдөлгөөний дагуу шаталж нурсан хөрсний нуруултууд элбэг байдаг.

Listric хагарлын бас нэгэн гол шинж тэмдэг нь хагарлаар доош суусан хотгорт палео-нуур үүсдэг бөгөөд бидний судалгааны талбайгаас 18км зайд Баянхонгор хагарлын үргэлжлэл дээр Галуут палео-нуурын хотгор байдаг.

Мөн хагарлын хавтгайн байрлал тодорхойгүй байгаа нь Listric хагарлын хавтгайн эхний унал буюу газрын гадаргууд ойр орших хэсгийн өнцөг нь босоо буюу их өнцөгтэй байдаг бөгөөд доош гүн рүүгээ уналын өнцөг нь аажим өөрчлөгдөж бага уналын өнцөгтэй болдог учир бидний судалгааны үр дүнгээс харагдах георадарын сигналын идэвхтэй ойлтын гүнд их өнцөгтэй структур нь байгаа учраас георадарын сигнал нь уг хагарлын хавтгайгаас хажуу тийш сарниж бүртгэгдэхгүй байх магадлалтай юм.



Зураг 8. Бага өнцгийн зөрөл хагарал буюу Listric хагарал (The University of SYDNEY, 2000).

Дүгнэлт

Энэхүү судалгааны ажлаар гүйцэтгэсэн георадарын хэмжилтүүд нь цөөн хөндлөн зүсэлтээр хийгдсэн боловч хагарлын ул мөрийг оновчтой барьж хагарлын бүтэц, хурдас хуримтлалын зураглалыг тодорхой гарган тайлал хийсэн болно.

Георадарын 250МГц болон RTA 50МГц антенуудын үр дүнгийн

зураглалуудад хийсэн тайллаар уг хагарлын хавтгайн байрлал болон хагарлаар хөндөгдсөн болон хөндөгдөөгүй хурдас хуримтлалын давхаргууд нь давхцаж байна.

Баянхонгор хагарлын сунал, шилжилт хөдөлгөөний чиглэл болон хагарлын геометрийн анализ хийхэд бидний судалгааны ажил гүйцэтгэсэн хэсэгт хагарлын сунал дагуу зүүн хойноос баруун урд зүгт хотгор бүтэц ажиглагдаж байгаа бөгөөд энэ нь хагарлын шилжилт хөдөлгөөний чиглэлээс үүдэлтэй тэлэлтийн эффект үзүүлж байгаа тул тухайн хэсэгт зөрөл структур үүсэх бүрэн боломжтой юм.

Талархал

Энэхүү судалгааны ажлыг гүйцэтгэх боломжийг бүрдүүлж өгсөн “Аймаг, сум, суурингуудын нутаг дэвсгэрийн газар хөдлөлийн бичил мужлалын зураглал хийх, газар хөдлөлийн эрсдэлийг тодорхойлоход чиглэсэн инженер-геологи, гидрогеологи, газар хөдлөлт, техникийн судалгаа” сэдэвт судалгааны төслийн удирдагч Ч.Одонбаатар, төслийн баг хамт олон болон ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэнгийн хамт олондоо гүн талархал илэрхийлье.

Ном зүй

Baljinnyam, I., Bayasgalan, A., Borisov, B. A., Cisternas, A., Dem'yanovich, M. G., Ganbaatar, L., . . . Vashchilov, Y. Y. (1993). Ruptures of major Earthquakes and active deformation in Mongolia and its surroundings. *Geological Society of America*, 181.

Cassidy, N. (2009). *Theory and Applications*,

chapter Ground Penetrating Radar data processing, modelling, and analysis. H. Jol-D, *Ground Penetrating Radar Theory and Applications* (хуудсд. 141-176). Amsterdam, Netherland: Elsevier.

Cunningham, W. (2001). Cenozoic normal faulting and regional doming in the southern Hangay region, Central Mongolia: implications for the origin of the Baikal rift province. *Tectonophysics*, 331: 389-411.

Davis, J. L., & Annan, A. P. (1989). Ground penetrating radar for high resolution mapping of soil and rock stratigraphy. *Geophysical Prospecting*, 37: 531-551.

Gantulga, B. (2018). *Late Cenozoic landscape evolution in the Khangay Mountains, Mongolia*. Raleigh, North Carolina: North Carolina State University.

Girard, J. F. (2002). *Imagerie géoradar et modélisation des diffractions multiples*. Strasbourg: Université Louis Pasteur.

Jol, H. M. (1995). Ground-penetrating radar antennae frequencies and transmitter powers compared for penetration depth, resolution and reflection continuity. *Geophysical Prospecting*, 43: 693-709.

The University of SYDNEY. (2000). <http://www.geosci.usyd.edu.au/users/prey/Teaching/Geol-3101/EReport03/GroupB/Report1/structures.html>-ээс Гаргасан

Одонбаатар, Ч., Өлзийбат, М., Баясгалан, А., Баттогтох, Д., Баатарсүрэн, Г., & Нямбаяр, Ц. (2017). *Газар хөдлөлийн аюулын үнэлгээ ба бичил мужлалын судалгаа: Баянхонгор аймгийн төв Баянхонгор сум*. Улаанбаатар хот : ШУА, ООГХ.

Abstract. In accordance with the National Earthquake Disaster Risk Reduction Program, geological route and GPR survey measurements were carried out at the Bayankhongor fault in 250MHz and RTA 50MHz antennas in 2014 as part of the seismic micro-zoning mapping of Bayankhongor province center. The new results of these measurements are compared with the results of previous studies at the Bayankhongor fault, and my own interpretation is included in this study.

Keywords: GPR, paleoseismology, thrust fault, normal fault, listric fault

УЛААНБААТАР ХОТ ОРЧМЫН ХАГАРЛУУДЫГ РАДОН ХИЙГЭЭР ИЛРҮҮЛЭХ

М.Билгүүн, М.Өлзийбат

ШУА-ийн Одон орон, Геофизикийн хүрээлэн

bilguun@iag.ac.mn

Хураангуй. Радон хий нь өвөрмөц шинж чанарыг ашиглан хагарлыг илрүүлэх ажлыг олон судлаачид хөгжүүлсээр байна. Тухайлбал хагарлыг хөндлөн огтолсон олон цэгүүдээс хагарлын дагуу радоны идэвхжил илүү өндөр байдаг харагддаг. Тус хэмжилтэд альфа, бета болон шууд ба шууд бус гэсэн олон аргыг ашигладаг. Бид хамгийн найдвартай шууд альфа бөөмийн цацаргалтыг хэмжих аргыг ашигласан. Улаанбаатар хот орчмын идэвхтэй Авдар, Шархай, Гүнж, Мөнгөнморьт, Хустай болон Эмээлтийн хагарлуудыг хөндлөн огтолсон 3-5н профиль 100-130 цэгт хэмжилт хийж үр дүнг гаргасан. Эмээлтийн хагарлын дагуу радоны идэвхжил өндөр гарсан бөгөөд тус хагарлыг зурагласан.

Түлхүүр үгс: *Радоны хөндлөн огтлол, хөрсний радон, идэвхтэй хагарал*

Оршил

Байгалийн U238 элементээс Ra226 болон Rn222 үүсдэг. U238 нь царцдаст мандалын бүхий чулуулаг, элс, шороо болон гүний усанд их бага хэмжээгээр агуулагдаж байдаг(Cho et al., 2015). Тухайлбал Rn222 альфа задралаар 5.8 MeV энергитэй бөөм гаргах бөгөөд хагас задралын хугацаа нь 3.82 хоног ба үүний дараагаар хүрээлэн буй орчинд тархдаг (Nazaroff, 1992). Ra226, Rn222 -ын альфа задрал газрын гүний ан цав болон усаар зөөгдөж гадаргаруу гардаг(Abdallah, Habib, Nuwayhid, Chatila, & Katul, 2007). Rn222 нь Ra226-ын альфа задралаар үүсэх бөгөөд газрын гүний чөлөөт орон зайгаар нэвчиж гадарга руу гардаг (Catalano et al., 2015). Хөрсний радон ихсэх нь цаг агаарын нөхцөлөөс хамаардаг бөгөөд хөрсний ус шингээх чадвар болон чулуулгын ан цавын эзлэхүүнтэй нягт холбоотой (Mudd, 2008). Радон хий нь химийн болон цацраг идэвхт шинж чанартай учраас олон судлаачид газар хөдлөлттэй холбож судалдаг. Тухайлбал радоны хагас задралын үе нь богино бөгөөд тектоник идэвхжилтийн өмнө өсөж байгаа нь ажиглагддаг. Газар хөдлөлтийн хил зааг

дагуух тэлэлт ба шахалтын хүчдэл хуримтлалтай радоны цацаргалтын хурд нь нягт холбоотой(Kobeissi, Gomez, & Tabet, 2015). Хагарлын дагуух хөрсний цацраг идэвхжил болон газар хөдлөлтийн идэвхжилийг тасралтгүй ажигласнаар газар хөдлөлтийг урьдчилан таамаглах боломжтой. Тухайлбал радоны цацаргалтын хурд огцом ихсэх үед хүчтэй газар хөдлөлт тохиолдсон байдаг. Олон судлаачид радоныг тухайн орчны геологи, хөрсний бүтэц болон хагарлын төрөлтэй холбохоор ажиллаж байна (Przylibski, 2000).

Судалгааны талбай

Улаанбаатар хотоос 140 км-ын радиус дотор байрлах идэвхтэй хагарлууд болох Мөнгөнморьт, Гүнж, Эмээлт, Авдар, Хустай ба Шархайн хагарлуудыг сонгож цацраг идэвхт радоны судалгаа хийсэн (Зураг 1). Тус хагарлуудаас Улаанбаатар хоттой хамгийн ойр нь Гүнжийн хагарал, хамгийн хол нь Мөнгөнморьтын хагарал, хамгийн идэвхтэй Эмээлтийн хагарал. Эмээлтийн хагарал нь 2005 оноос тасралтгүй идэвхжилтэй байгаа бөгөөд одоог хүртэл зогсохгүй байна.

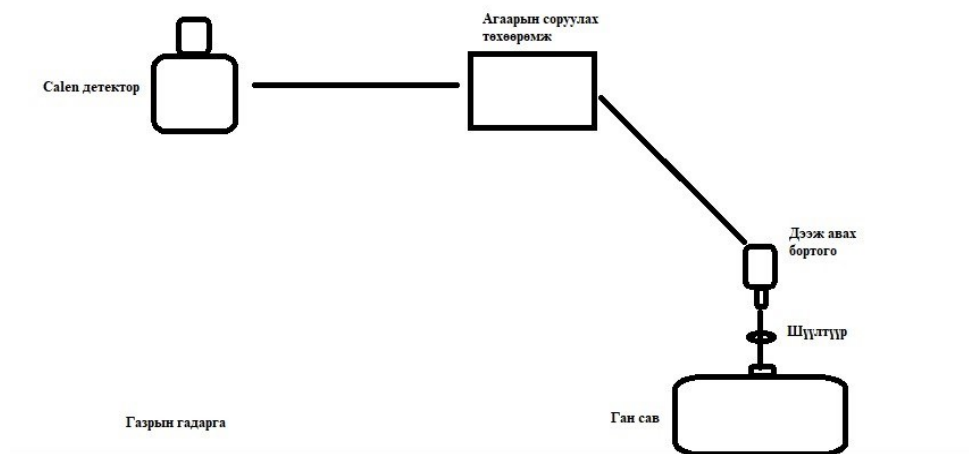


Зураг 1. Улаанбаатар хот орчмын идэвхтэй хагарлууд. Улаан зураасыг хагарлыг үзүүлэв

Судалгааны арга зүй

Rn222-ын идэвхийг бортогонд шингээж авахдаа цахиурыг ашигладаг. Тус бүр нь 125 мл хэмжээтэй бортогонуудын агаарын тусгай төхөөрөмжөөр соруулж 40-90 hPa болгосоны дараа газарт 1 цагийн турш байрлуулсан 18 л – ийн багтаамж бүхий ган савнаас бортогыг агаарын даралттай ижил түвшинд болтол нь соруулна. Үүнээс 3 цагийн дараа бортогыг радоны

цацаргалтыг хэмжих CALENTM photo-multipliers ашиглан тодорхойлно. Тус детекторын бүртгэх чадвар хамгийн багадаа 70 Бк / м-3 бол хэмжилтийн хүрээ нь 0 – 106 Бк / м-3 (Perrier et al., 2009). Хэмжилт хийхдээ цаг агаарын нөхцөлийг сайтар тооцох шаардлагатай. Тухайлбал бороотой болон хөрсний чийг их үед радоны идэвх харьцангуй өсдөг (Зураг 2).



Зураг 2. Судалгаанд ашигласан аргыг харуулав.

Судалгааны үр дүн

Авдар уулын хэмжилт

Авдар уулын хагарал нь Төв аймгийн Сэргэлэн сумын нутагт, Улаанбаатар хотын төвөөс 70 км зайд орших Хөндлөн уулын урд бэлээс эхлэн Эрдэнэ уул хүртэл зүүн хойшоо N400 чиглэлтэйгээр 50 орчим км урт үргэлжилсэн нутаг дэвсгэрийг хамран оршиж байна. Тус хагарлаас Улаанбаатар хот хүртэлх хамгийн ойрхон зай нь 35 км байгаа бол Төв аймгийн Зуунмод хотоос 20 гаруйхан км зайд байрлана. Тус хагарлын бүсэд 2009 оны 03 сарын 22-нд

магнитуд нь 4 хүрсэн хүчтэй газар хөдлөлт болж Төв аймгийн Зуунмод болон Улаанбаатар хотын зарим дүүргийн оршин суугчдад мэдрэгдсэн. Тус газарт 3м зайтай 3-н профиль хэмжилт хийсэн бөгөөд тус профилиудаас хамгийн өндөр идэвхтэй цэгүүдийг хооронд холбож хэмжсэн. Хамгийн ихдээ 2270 Бк/м-3 байсан бол хамгийн багадаа 292 Бк/м-3 бол дунджаар 1400 Бк/м-3 байна. Авдар уулын хагарлын дагуу ухсан трэнчид 110 цэгт 5-н профиль хэмжилт хийгдсэн (Зураг 3).



Зураг 3. Авдар уулын хагарлын дагуу хийсэн хээрийн хэмжилтийн цэгүүд. Цагаан цэгээр хэмжилтийн цэгүүд, улаан зураасаар Авдар уулын хагарлыг харуулав.

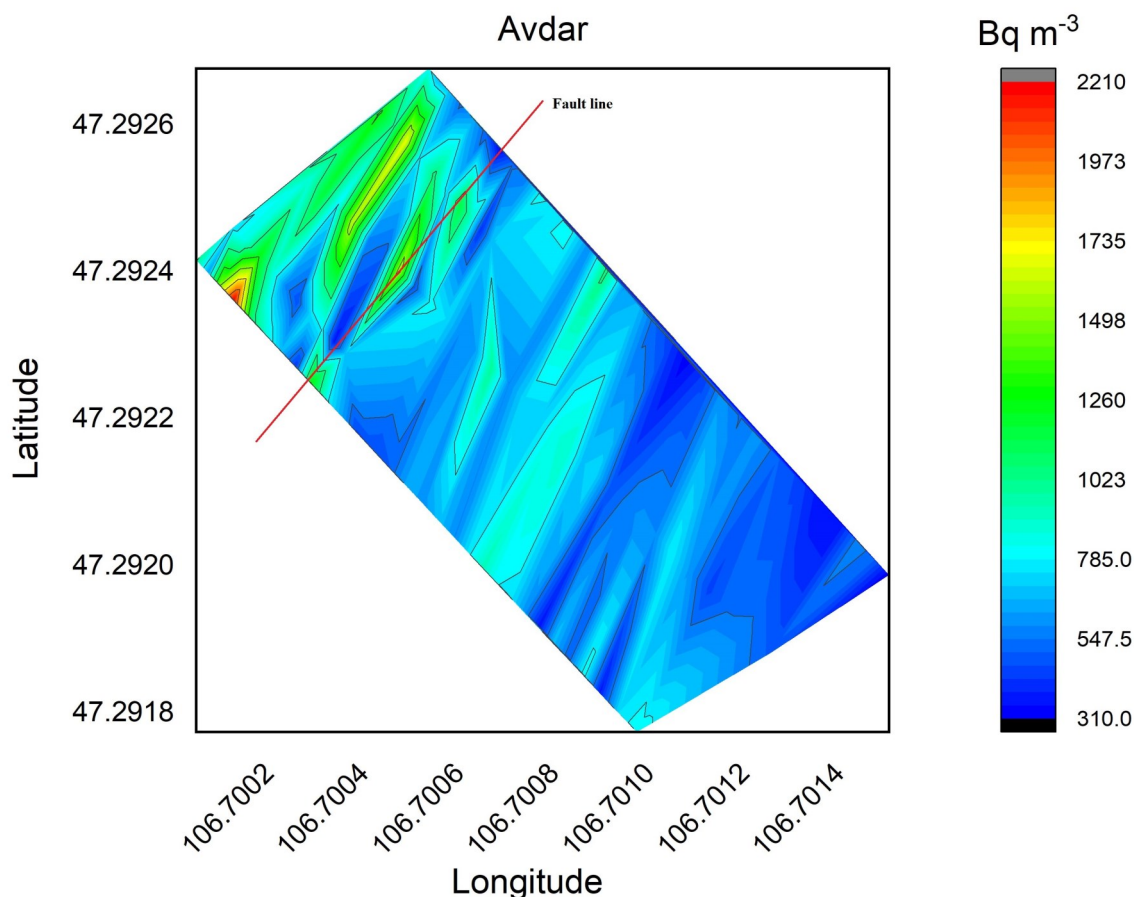
Тус хагарлын дагуу хийсэн хэмжилтийн үр дүнд 3-н профиль хэмжилтэнд радоны аномаль өгсөн ба тэдгээр цэгүүд нь хагарлын шугамтай давхцаж байгаа нь сонирхол татаж байна. Тус цэгүүдийг тодорхой хугацааны давтамжтайгаар дахин хэмжилт хийж илүү нарийвчлан тодорхойлох шаардлагатай (Зураг 4).

Хустайн хэмжилт

Хустайн хагарал нь Улаанбаатар хотоос баруун урагш 40 км зайд Хустайн

нурууны урд бэлийн дагуу 100 орчим км урт сунаж тогтсон байдаг. Агаар, сансрын зураг болон хээрийн маршрутын судалгааны ажлын үр дүнд Хустайн хагарал нь 31–80 км урттай 4 салбар хагарлуудаас бүрдсэн нийлмэл бүтэцтэй систем хагарлын бүс болохыг тогтоосон.

Ерөнхий тектоник, геоморфологийн хэлбэр болон хагарлуудын дагуу явагдсан шилжилтээс нь үзэхэд Плейстоцен ба Голоцений хугацаанд



Зураг 4. Авдар ууланд 2020 онд хийсэн хэмжилтийн үр дүн. Баруун талын баганаар радоны идэвхийг харуулсан

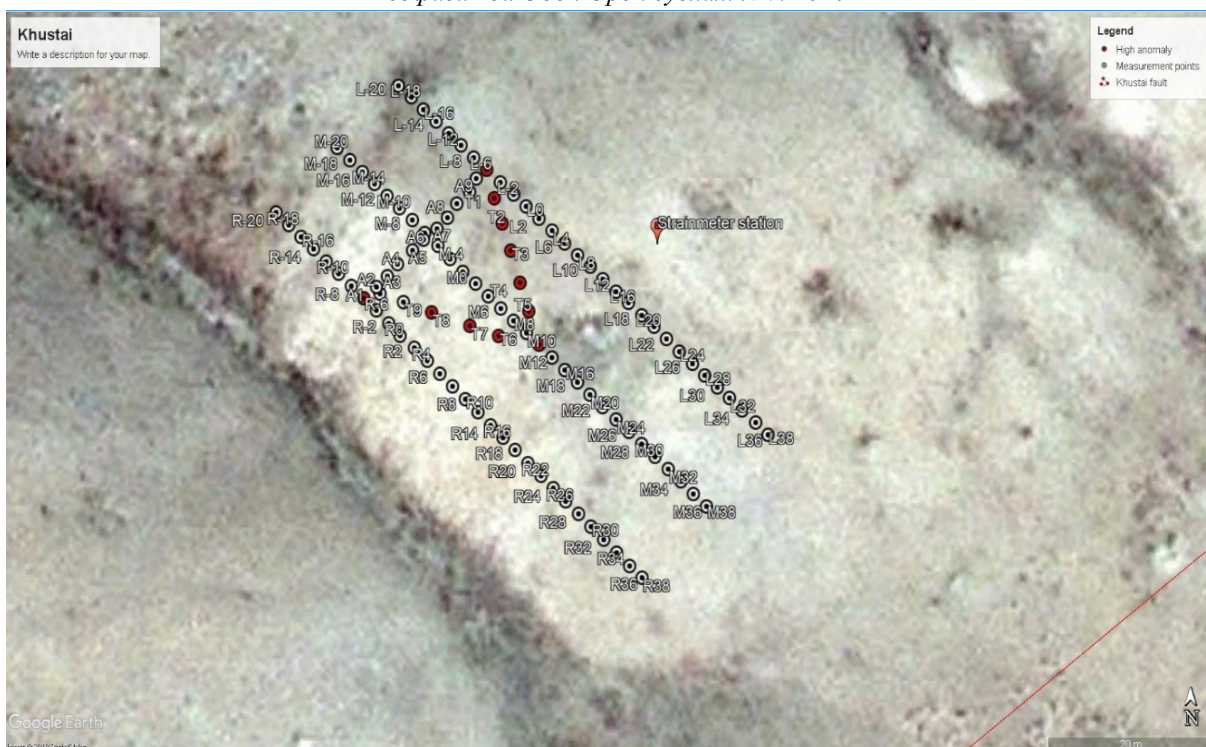
явагдсан хэд хэдэн удаагийн нийлмэл деформацийн шинжийг агуулсан болох нь ажиглагдсан. 2005 оноос Улаанбаатар хот орчмын нутагт ажиглагдаж буй газар хөдлөлийн идэвхжилтийн 3.4 хувь нь Хустайн хагарлын дагуу явагдаж буй бөгөөд магнитуд нь 4 ба түүнээс дээш хүчтэй газар хөдлөлт 4 удаа болсон. Хустайн нурууны орчимд урьд өмнө нь хийгдсэн судалгааны ажлуудаас харахад Хустайн нурууны зүүн урд бэл дагууд хэд хэдэн хагарлын бүсүүдийг ихэвчлэн дөрөвдөгчийн хурдаст нөлөөлөөгүй байдлаар тэмдэглэсэн байдаг (Зураг 5).

Хустайн хагарлын дагуу байрлуулсан страйнметрийн станцуудын орчимд 90 цэгт 3-н профиль хэмжилт бөгөөд аномаль өгсөн цэгүүдийг холбож нэмэлтээр 20 цэгт 2 профиль хэмжилтийн ажлыг хийж гүйцэтгэлээ. Тус хэмжилтийн үр дүн дүнд гурвалжин

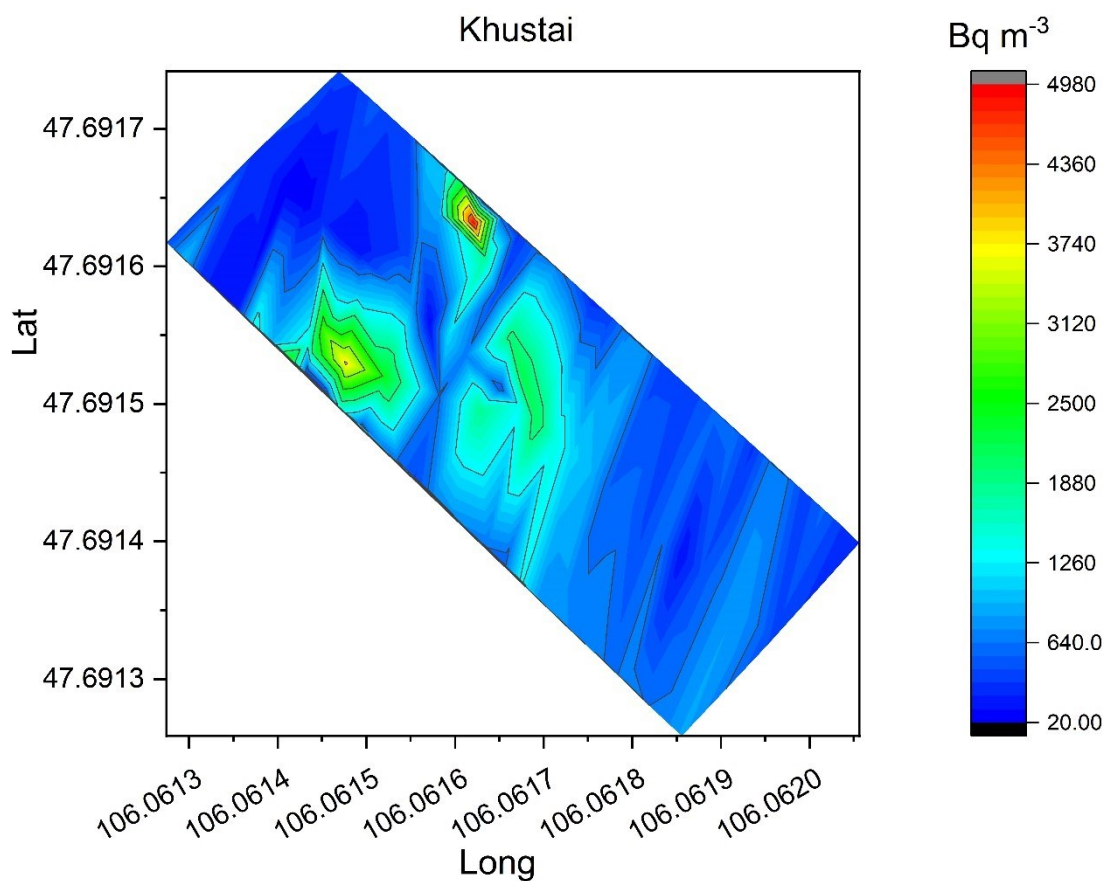
дүрс бүхий аномаль өгсөн бөгөөд тус хэсгийг цаг агаарын ижил нөхцөлд дахин хэмжиж баталгаажуулсан. Тус хэмжилтийн үр дүнг тайлбарлахын тулд хэмжилтийн талбайг өргөтгөх мөн бусад судалгааны аргуудыг цогцоор ашиглах ёстой гэж үзэж байна (Зураг 6). Хэмжилтийн хамгийн өндөр идэвх нь 4980 Бк/м³ байсан бол хамгийн багадаа 500 Бк/м³, дунджаар 2800 Бк/м³ байсан. 4000 Бк/м³ дээш идэвхтэй 10 цэг илэрсэн.

Гүнжийн хагарлын хэмжилт

1980-аад оны дунд үед Улаанбаатар хотын Гачуурт тосгоны орчимд усан далан байгуулах ажлыг төлөвлөн газар сонголтын судалгааны ажлын хүрээнд хотын зүүн хэсэгт геологийн судалгааны ажил хийгдсэн. Тус ажлын хүрээнд ОХУ-ын эрдэмтэд одоогийн “Монгол Шилтгээн” амралтын газраас хойш 8 км



Зураг 5. Хустайн хагарлын дагуу хийсэн радоны хэмжилтийн үр дүн



Зураг 6. Хустайн хагарлын дагуу хийсэн хэмжилтийн үр дүн.

зайд орших Гүнжийн аманд идэвхтэй хагарал байгааг илрүүлсэн боловч нарийвчилсан судалгааны ажил хийгдээгүй байсан. Тус төслийн судалгааны ажлын хүрээнд Улаанбаатар хотын зүүн хойд хэсгийн нутагт хийсэн сейсмоструктур судалгааны үр дүнгээр Гүнжийн идэвхтэй хагарлын системийг нарийвчлан судалсан (Зураг 7).

Гүнжийн хагарлын дагуу ухсан трэнчид хэмжилтийн цэгүүд хоорондын

зай 2м байхаар 90 цэгт 3-н профиль хэмжилт хийсэн. Хэмжилтийн хамгийн их утга 1920 Бк/м³, хамгийн багадаа 150 Бк/м³ байсан бол дунджаар 1020 Бк/м³ гэсэн үр дүн гарсан. Хэмжилтийн үр дүнгээс үзвэл тус хагарал нь Улаанбаатар хот хагарлуудаас радоны идэвх хамгийн бага байгаа нь харагдаж байна. Хэмжилтийн хамгийн өндөр утга нь хагарлын шугамаасаа хол байгаа юм (Зураг 8).

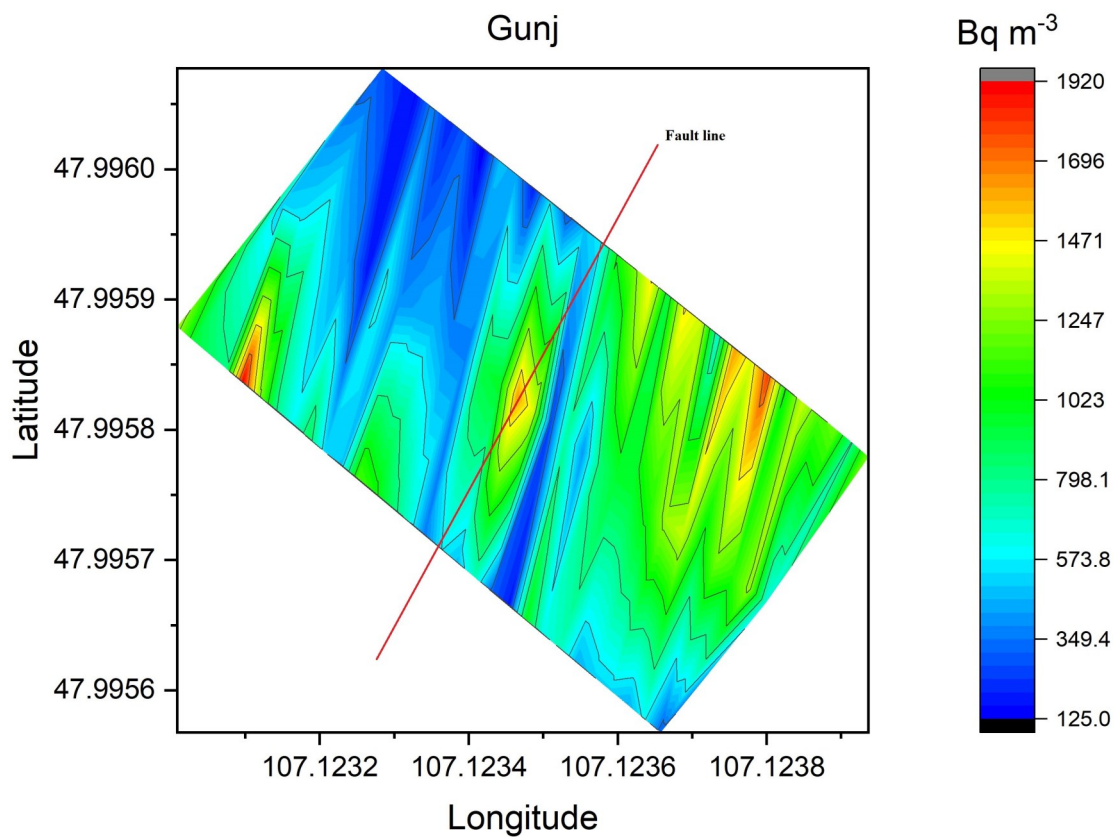


Зураг 7. Гүнжийн хагарлын дагуу хийсэн радоны хэмжилт. Цагаан цэгээр хэмжилтийн цэгүүд, улаан цэгээр өндөр идэвхтэй цэгүүд, Улаан зураасаар Гүнжийн хагарлыг харуулав.

Шархайн хэмжилт

Тус идэвхтэй хагарал нь Төв аймгийн Алтанбулаг сумаас урагшаа 35 км зайд Шархайн хоолойн хойд талаар зүүн хойшоо 450N чиглэлтэйгээр 50 км урт үргэлжилсэн бөгөөд хагарлын төгсгөл нь Хөшигтийн хөндий ба Ногоон довын хоолойн уулзвар хэсэг хүртэл үргэлжлэн тогтсон байна. Хагарлын нэлээдгүй урт хэсэг нь Шархайн хоолойг дагаж үүссэн тул тус хөндийн нэрээр нэрлэсэн. Тус хагарал нь Улаанбаатар хотоос хамгийн холдоо 70 км алслагдсан боловч зүүн төгсгөл хэсгээсээ 40 км зайтай юм. Харин Төв аймгийн Зуун мод хотоос 19

км, Хөшигтийн хөндийд баригдсан олон улсын нисэх онгоцны буудлаас ердөө 7 км зайд оршиж байна. Шархайн хагарал нь урьд өмнө судлагдаагүй бөгөөд тус төслийн хүрээнд анх удаа нарийвчилсан судалгаа хийгдэж буй хагарал юм. 2005 оноос тус хагарлын бүсийн дагуу газар хөдлөлийн идэвхжилт ажиглагдаж байгаа боловч Эмээлтийн хагарал орчимд болж буй газар хөдлөлийн идэвхжилтэй харьцуулахад бага байгаа юм (Зураг 9). Шархайн хагарлын дагуу байрлах трэнчид нийтдээ 110 цэгт 5-н профиль хэмжилт хийсэн. Сансрын зурагтай харьцуулахад Шархайн



Зураг 8. Гүнжийн хагарал дээр хийсэн радоны хэмжилтийн үр дүн.



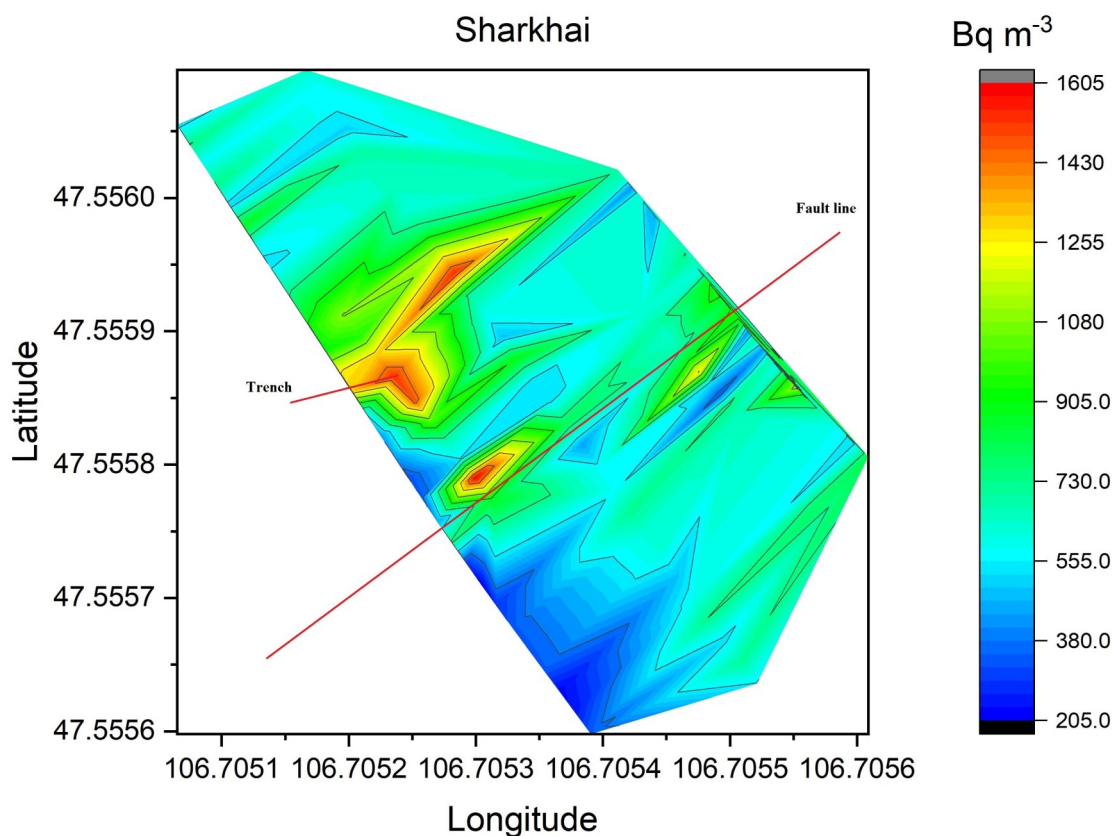
Зураг 9. Шархайн хагарлын дагуу хийсэн радоны хэмжилтийн үр дүн. Хар цэгээр хэмжилтийн цэгүүд, улаан цэгээр өндөр идэвхтэй цэгүүд, улаан зураасаар Шархайн хагарлыг харуулав.

тренчийн хойд хэсгээр зүүнээсээ баруун чиглэлтэй харагдсан. Хэмжилт хийхдээ нүдэнд харагдаж буй хагарал байж болохоор хэсгийг хөндлөн огтолж хэмжилт хийсэн. Хамгийн их утга 1605 Бк/м³, хамгийн багадаа 200 Бк/м³ байсан бол дунджаар 1190 Бк/м³ идэвхтэй байсан. 1 болон 5-р профиль хэмжилтэнд илэрсэн аномалиуд нь нүдэнд ил харагдах хагарал байж болохуйц шулуунтай давхцаж байсан. Тус бүс нутгийн цацраг идэвхт радоны ерөнхий фон утга бага байна (Зураг 10).

Мөнгөнморьтын хэмжилт

Улаанбаатар хотоос зүүн хойш 140 км –ын зайд Төв аймгийн Мөнгөнморьт сумын нутагт хойноос урагшаа чиглэлтэй идэвхтэй хагарал оршиж буйг ОХУ-ын эрдэмтэд илрүүлсэн байдаг. Түүнчлэн АНУ ба Монголын эрдэмтэд богино хугацааны маршрутын судалгаа хийж уг хагарлыг идэвхтэй болохыг нотолсон. 2013 онд дээрх мэдээллүүдэд

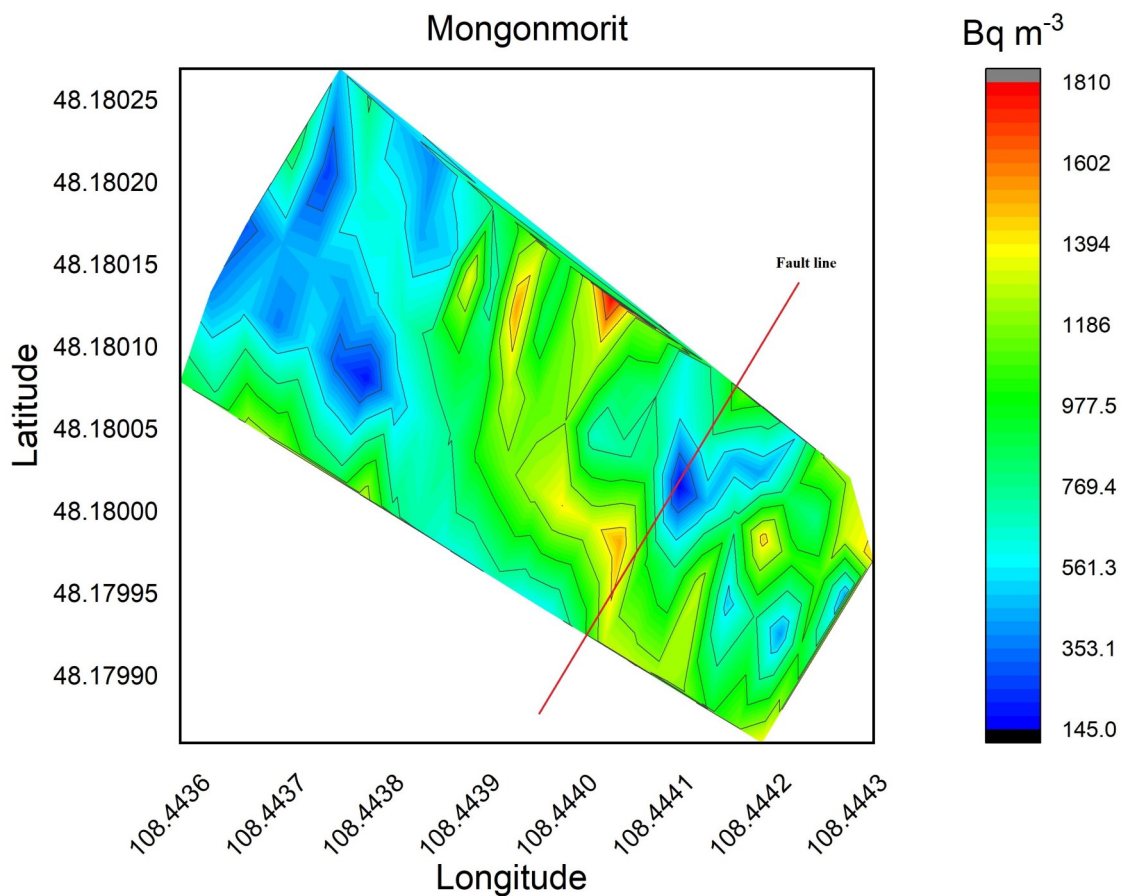
үндэслэн Мөнгөнморьтын хагарлын дагуу нарийвчилсан судалгааны ажлыг ОХУ-ын Дэлхийн Царцдастын Хүрээлэнгийн эрдэмтэдтэй хамтран хийж гүйцэтгэсэн. 2013 оны намар хагарлын ерөнхий байршил, шилжилт хөдөлгөөнийг тогтоох зорилгоор сансрын нарийвчилсан зургийг шинээр захиалан бүрдүүлсэн. Тус судалгааны ажлаар Мөнгөнморьт сумын нутгаас эхлэн урагшаа Багануурын нутаг дэвсгэрийг хамарсан нийт 100 км орчим үргэлжилсэн идэвхтэй хагарал оршиж буйг тогтоосон. 2010 оноос хойш тус хагарлын дагуу дунд болон хүчтэй газар хөдлөлийн идэвхжилт ажиглагдах болсон (Зураг 11). Тус хагарлын дагуу нийтдээ 110-н цэгт радоны хэмжилт хийсэн бөгөөд ямар нэгэн аномаль ажиглагдаагүй. Радоны идэвх хамгийн ихдээ 1810 Бк/м³ байсан бол багадаа 145 Бк/м³ байсан. Хөрсний бүтэц чулуулаг багатай хар хөрстэй байсан (Зураг 12).



Зураг 10. Шархайн хагарлын дагуу хийсэн хэмжилтийн үр дүн.



Зураг 11. Мөнгөнморьтын хагарлын дагуу хийсэн хэмжилтийн цэгүүдийн харуулав.



Зураг 12. Мөнгөнморьтын хагарлын дагуу хийгдсэн радоны хэмжилтийн үр дүн.

Эмээлтийн хэмжилт

Улаанбаатар хотын баруун хэсэгт хил залган Эмээлт өртөөнөөс баруун хойш 13 км орчим зайнаас зүүн урагшаа 1500N азимутын чиглэлд Өлзийт хорооллыг дайран 35 км урт үргэлжилсэн хагарал болохыг тогтоосон. Хагарлын газрын гадаргууд болон сансрын зурагт илэрсэн хэсэг нь 15 км орчим боловч 2005 оноос эхлэн тухайн хагарлын дагуу ажиглагдсан газар хөдлөлийн идэвхжилт болон геофизикийн хээрийн судалгааны үр дүнд үндэслэн хагарлын уртыг тогтоов.

Эдгээр үр дүнгүүдээс үндэслэн Эмээлтийн хагарал дээр 7.0 магнитудтай хүчтэй газар хөдлөлт тохиолдох боломжтой гэж тодорхойлсон. Хагарлын дагуу илэрсэн шилжилт хөдөлгөөнөөр баруун гарын шилжилтийг агуулсан огшилтын төрлийн хагарал гэж үзсэн байдаг. Тренчийн судалгаагаар сүүлийн хүчтэй газар хөдлөлтийн насыг 10000 жилийн өмнө болсон гэж үзжээ.

Хөрсний бүтэц нь уулын өвөр хэсгээр чулуулаг ихтэй Профиль 1.1 – 1.15 цэг хүртэл, 1.16 – 1.57 цэг хүртэл нийтдээ 80 орчим метр газар хатуу хар хөрстэй. Газрын өндөршилтийн хувьд профиль 1.57 нь ДТД 1410 метр харин 1.1 цэг 1421 метр байсан. Хэмжилт хийж байх хугацаанд агаарын хэм 12—250° С хооронд агаарын даралт 844–855 кПа, салхины хурд тогтвортой байсан. Профиль 1 нийтдээ 57 цэгт хэмжилт хийсэн ба эхний 20 цэгийг 1м зайтай сүүлийн 37 цэгийг 2м зайтай хэмжсэн.

Профиль 1 – ийн цацраг идэвхт радоны дундаж утга 870 Бк/м3 бол 11 дэх цэгийн утга 4044 Бк/м3 байсан нь дунджаас 4 дахин их байна. Профиль 2 нийт 40 цэгт хэмжилт хийсэн ба цэг хоорондын зай 2м, дундаж утга нь 1100 Бк/м3 бол 8 дахь цэгт 4151 Бк/м3 байгаа нь дунджаас 4 дахин их. Профиль 3 нийт 20 цэгт хэмжилт хийсэн бөгөөд цэг хоорондын зай 1м, дундаж утга 1500 Бк/

м3 бол 10 дахь цэг дээр 2 дахин их буюу 3035 Бк/м3 байсан. Профиль 4 нийт 10 цэгт хэмжсэн ба цэг хоорондын зай 1м, дунджаар 600 Бк/м3 бол 9 дэх цэг 6 дахин их буюу 3600 Бк/м3 байсан. Профиль 5 нийт 20 цэгт хэмжсэн бөгөөд хуучин тренчийн зүүн байрлалтай тус профилоор ямар нэгэн өндөр идэвх ажиглагдаагүй (Зураг 13).

Тус графикаас үзвэл Эмээлтийн хагарлыг хөндлөн огтолж хийсэн хэмжилтийн үр хагарлын шугамтай давхцаж байгаа нь ажиглагдаж байна.

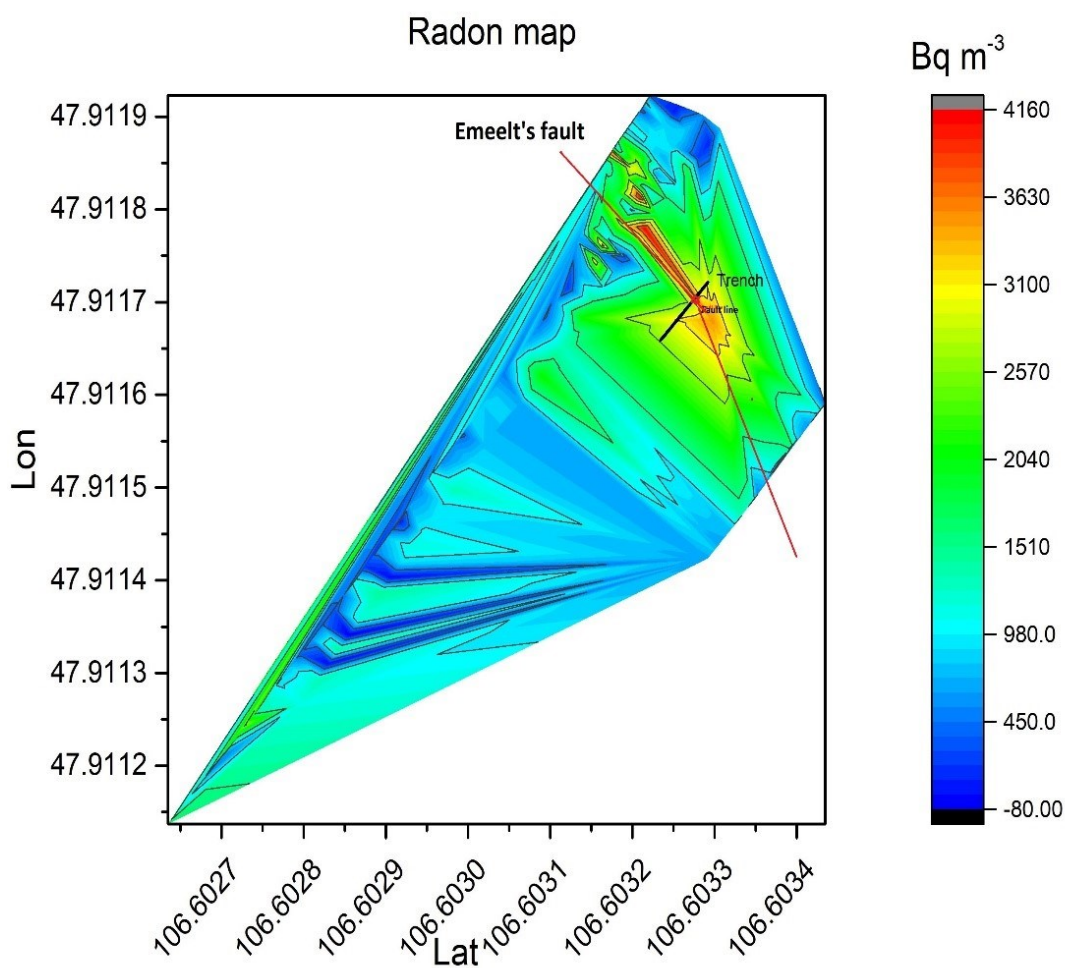
Эмээлтийн хагарлын дагуу хөдөлгөөн явагдаж үүний улмаас радон хий хагарлын ан цаваар дээш гарж байгаа гэсэн дүгнэлтэд хүрч байна (Зураг 14).

Дүгнэлт

1. Идэвхтэй хагарлууд дээр хэмжилтийн үр дүнд тухайн орчны хөрс чулуулгаас хамаарч радоны ерөнхий идэвх харилцан адилгүй байгаа нь харагдаж байна.
2. Эмээлтийн хагарлын дагуу газар хөдлөлтийн идэвхжил их байгаа бөгөөд 2018 болон 2020 онд хийсэн хэмжилтээр радоны идэвхжил бусад хагаралтай харьцуулахад харьцангуй өндөр байгаа нь ажиглагдсан. Тус хагарал дээр нийтдээ 5-н профиль хэмжилт хийсэн ба хамгийн өндөр утгууд нь хагарлын шугамтай давхацсан. Энэ үзэгдэл нь хагарлын ан цаваар радон хий илүү бүртгэгдэж байгаа харуулж байна.
3. Хустайн хагарлын дагуу хийсэн хэмжилтийг том талбайгаар хийсний дараа тайлбарлах боломжтой гэж үзэж байна.
4. Гүнжийн хагарлын дагуу хийсэн хэмжилтээр ямар нэгэн идэвхжил ажиглагдаагүй.
5. Авдар уулын хагарлын дагуу хийсэн хэмжилтийн үр дүнд 3-н профиль хэмжилтэд радоны аномаль өгсөн ба тэдгээр цэгүүд нь хагарлын шугамтай давхцаж байгаа нь сонирхол татаж



Зураг 13. Эмээлтийн хагарлын дагуу хийсэн хэмжилтийн цэгүүд. Хөх цэгээр хэмжилтийн цэгүүдийг, улаан зурагсаар Эмээлтийн хагарлыг харуулав.



Зураг 14. Эмээлтийн хагарлын дагуу 2020 онд хийсэн хээрийн хэмжилтийн үр дүн.

байна. Тус цэгүүдийг тодорхой хугацааны давтамжтайгаар дахин хэмжилт хийж илүү нарийвчлан тодорхойлох шаардлагатай.

6. Шархайн хагарал дээр хийсэн хэмжилтээр 1 болон 5-р профильд илэрсэн аномалиуд нь нүдэнд ил харагдах хагарал байж болохуйц шулуунтай давхцаж байсан. Цаашид дахин судалгаа хийснээр үр дүнг баталгаажуулах боломжтой. Тус бүс нутгийн цацраг идэвхт радоны ерөнхий фон утга бага байна.

Ном зүй

- Abdallah, S. M., Habib, R. R., Nuwayhid, R. Y., Chatila, M., & Katul, G. (2007). Radon measurements in well and spring water in Lebanon. *Radiation Measurements*, 42. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2006.11.004>
- Catalano, R., Immè, G., Mangano, G., Morelli, D., Aranzulla, M., Giammanco, S., & Thirnova, L. (2015). In situ and laboratory measurements for radon transport process study. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 306. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s10967-015-4336-6>
- Cho, B.-W., Choo, C. O., Kim, M. S., Hwang, J., Yun, U., & Lee, S. (2015). Spatial relationships between radon and topographical, geological, and geochemical factors and their relevance in all of South Korea. *Environmental Earth Sciences*, 74. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s12665-015-4526-0>
- Kobeissi, M. A., Gomez, F., & Tabet, C. (2015). Measurement of anomalous radon gas emanation across the Yammouneh Fault in southern Lebanon: a possible approach to earthquake prediction. *International Journal of Disaster Risk Science*, 6. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s13753-015-0058-1>
- Mudd, G. M. (2008). Radon releases from Australian uranium mining and milling projects: assessing the UNSCEAR approach. *Journal of Environmental Radioactivity*, 99. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2007.08.001>
- Nazaroff, W. W. (1992). Radon transport from soil to air. *Reviews of Geophysics*, 30. Retrieved from <https://doi.org/10.1029/92RG00055>
- Perrier, F., Richon, P., Byrdina, S., France-Lanord, C., Rajaure, S., Koirala, B. P., ... Sapkota, S. N. (2009). A direct evidence for high carbon dioxide and radon-222 discharge in Central Nepal. *Earth and Planetary Science Letters*, 278. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2008.12.008>
- Przylibski, T. A. (2000). Estimating the radon emanation coefficient from crystalline rocks into groundwater. *Applied Radiation and Isotopes*, 53. Retrieved from [https://doi.org/10.1016/S0969-8043\(99\)00145-1](https://doi.org/10.1016/S0969-8043(99)00145-1)

Abstract. The radon concentration in soil gas at the crustal surface is closely related to the development of local fractures. Therefore, the spatial variation in soil-gas radon concentrations across faults differs between fault zones located in different tectonic environments. Radon concentrations in soil gas were measured at various locations around these faults, and the spatial variation in these concentrations was characterized along fault-perpendicular profiles. Our study area is Ulaanbaatar active faults those are Gunj, Sharkhai, Mungunmorit, Avdar, Khustai and Emeelt faults. The Emeelt fault had given high radon anomaly in the fault line. The other fault hadn't given anomaly like the Emeelt.

Keywords: Radon cross-fault, soil radon, active faults

THE PRELIMINARY SEISMOTECTONIC MAP OF MONGOLIA

Ankhtsetseg D., Odonbaatar Ch., Bayasgalan A., Demberel S., Baatarsuren G., Battogtokh D., Bayarsaikhan E., Dembereldulam M., Amarmend A., Dorjdavaa M

Institute of Astronomy & Geophysics of MAS
ankhaa@iag.ac.mn

Abstract. Institute of Astronomy & Geophysics of Mongolian Academy Sciences (IAG, MAS) compiled “The preliminary seismotectonic map of Mongolia” based on complex study on geodynamic, geomorphology, active fault, and seismicity background. This map is made only in purpose of the study of seismic hazard analysis and seismic zoning map of Mongolia (M1:1000000), which is executed under the scientific project with number of SHUTT_009/2016 of Mongolian Foundation for Science and Technology. We prepared all input data as GIS interface ease to build mapping. Geological database is a complex study included satellite image processing, field survey along the faults, sample lab analysis, clarification of fault parameters. In this study, we created attribute database of 79 known active faults included fault name, location, type, recurrence time (where possible), related references and of over 2000 suspected active faults with locations. The base map was prepared from geological map as overlapped the boundary of Mesozoic, Cenozoic basin structure and converted to GIS database. We distinguished 14 seismotectonic zones related to classification of general boundary of tectonic map, neotectonic structures with Quaternary faulting, potential source zone, active fault force direction, focal mechanism, fault density, and its regional seismic activity. In classification analysis to separate zones, we attempted to group potential seismic zones with related active faults of similar type of rupture zone. In this paper, we present briefly about produced the preliminary seismotectonic map of Mongolia as base map of seismic hazard analysis. The project was commissioned by Ministry of Construction and Urban Development of Mongolia and funded by Mongolian Foundation for Science and Technology.

Keywords: *seismic hazard analysis, seismotectonic map, GIS database, fault, seismicity, zoning*

Introduction

The seismotectonic map, including geological setting, tectonic characteristics, and seismic activity of the region, serves as a background for the seismic hazard assessment with scenarios and models. The deterministic and probabilistic approaches for seismic hazard analysis require defining seismotectonic model of the potential sources. In both approaches seismicity analysis can be presented from a seismotectonic model that consists of polygonal zones and faults, with appropriate characteristics.

Based on the local and regional studies,

the seismotectonic map is constructed addressing the following issues: (1) Building a homogeneous database of seismic parameters; (2) prepare a database of neotectonic structures with Quaternary faulting (we emphasized in this map only active faults which are the source of significant seismicity) (Byamba J., 2012, Geology and Mineral Resources of Mongolia, Vol IV, Annex VII, Bayasgalan A, The map of active faults of Mongolia (M1:2500000)); (3) Building a GIS interface for the geologic and geophysical database. This map synthesized the main geological background extracted from

the Geological Map of Mongolia (M1:1000000, 1998).

Previous study

Since the establishment of seismological study of Mongolia, we have been upgrading seismotectonic zones for seismic zoning map and hazard analysis. All zones are divided along the boundary of seismogenic model on the basis of tectonic regime, seismicity background and geomorphological features. In Mongolia we have used 4 updated versions of the seismotectonic zone for making microzoning map and seismic hazard assessment. As called the first version consisted of 6 neotectonic zones: (1)

Altay-Tianshan, (2) Khangai, (3) Khuvsgul, (4) Khentii, (5) Orkhon Selenge, (6) Dornod Mongolia [Baljinnyam I., 1975]. After completion of several seismological and paleoseismological investigations in Mongolia with scientific cooperation with Russia, we made “seismic zoning maps in the Mongolian People’s Republic” by deterministic seismic hazard method using seismotectonic zones model [Khilko et al., 1985]. The seismotectonic model of Mongolia used in the probabilistic seismic hazard analysis processing for capital Ulaanbaatar is the third version (2007) with seismotectonic zones (Figure 1).

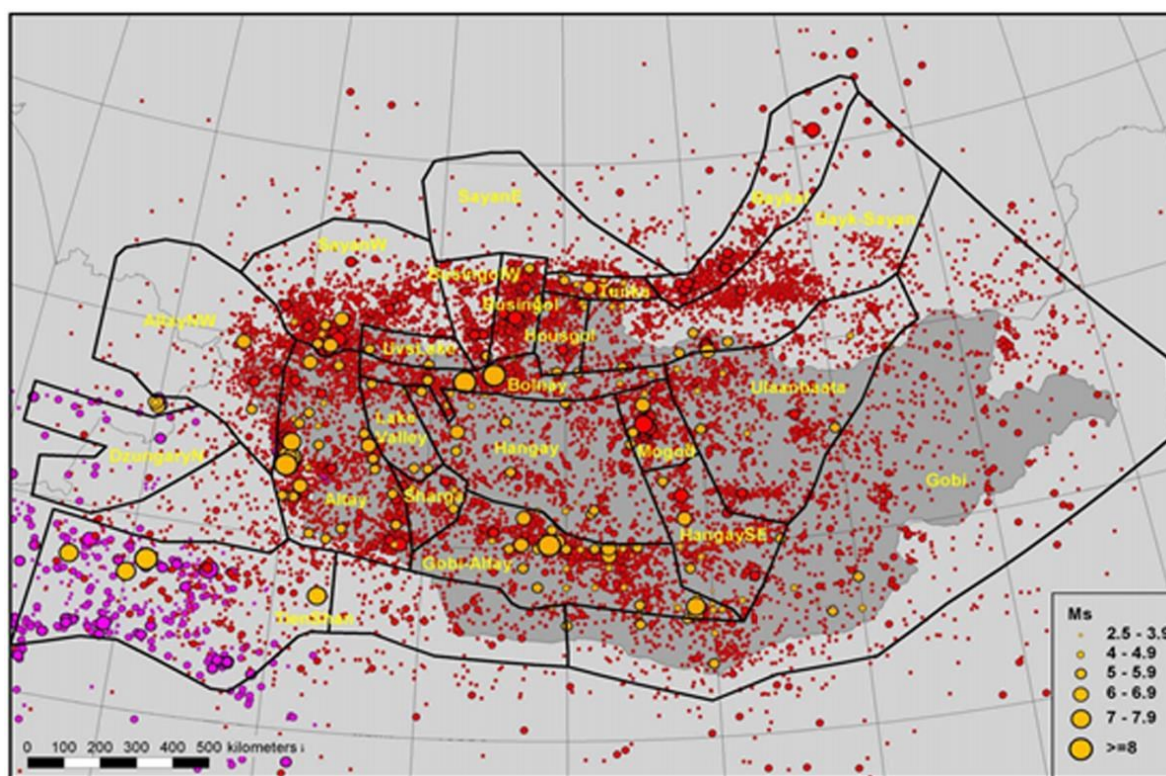


Figure 1. Seismotectonic model of Mongolia used in the PSHA processing for Seismic hazard assessment of capital Ulaanbaatar. (Report., 2006, Seismic Hazard Assessment of capital Ulaanbaatar)

The database of seismotectonic map

The database of regional seismotectonic map is composed of multiple layers, basic types and related tables. The database of Mongolia’s seismotectonic map on GIS platform is built by using separate design of spatial database and attributed database with the structure of multiple layers with

types & tables, basic function of the database and output method of regional seismotectonic zoning map is shown in (Figure 3). The initial step for the preparation of the database started with a compilation of historical and instrumental seismicity, focal mechanisms, active tectonics, earthquake geology, paleoseismology, structural seg-

mentation [Baljinnyam et al., 1993, Bayasgalan 1999, Radziminovich N.A et al., 2016]. The homogeneity of the seismic data-base, in term of magnitude scale, is of first importance for seismic hazard assessment. Polygonal zones are characterized by a frequency-magnitude distribution, generally assumed to fit the observed power-law distribution (Gutenberg and Richter, 1956). Faults are assumed to obey the characteristic fault model, which, although debated, is a reasonable assumption for seismic hazard

assessment (Schwartz and Coppersmith, 1984). We do use earthquake catalog in the archive file from Mongolian NDC. The catalog is divided into period of historical (1900-1963) and instrumental (1964-2018) in Mongolia (Figure 2) (Khilko et al., 1985). Magnitude classification is conversion of moment magnitude Mw (Yeats et al., 1997). Therefore, we converted magnitude type Ml and Ms to Mw for calculation with residual range was +/-0.34 [Yenier E., 2008].

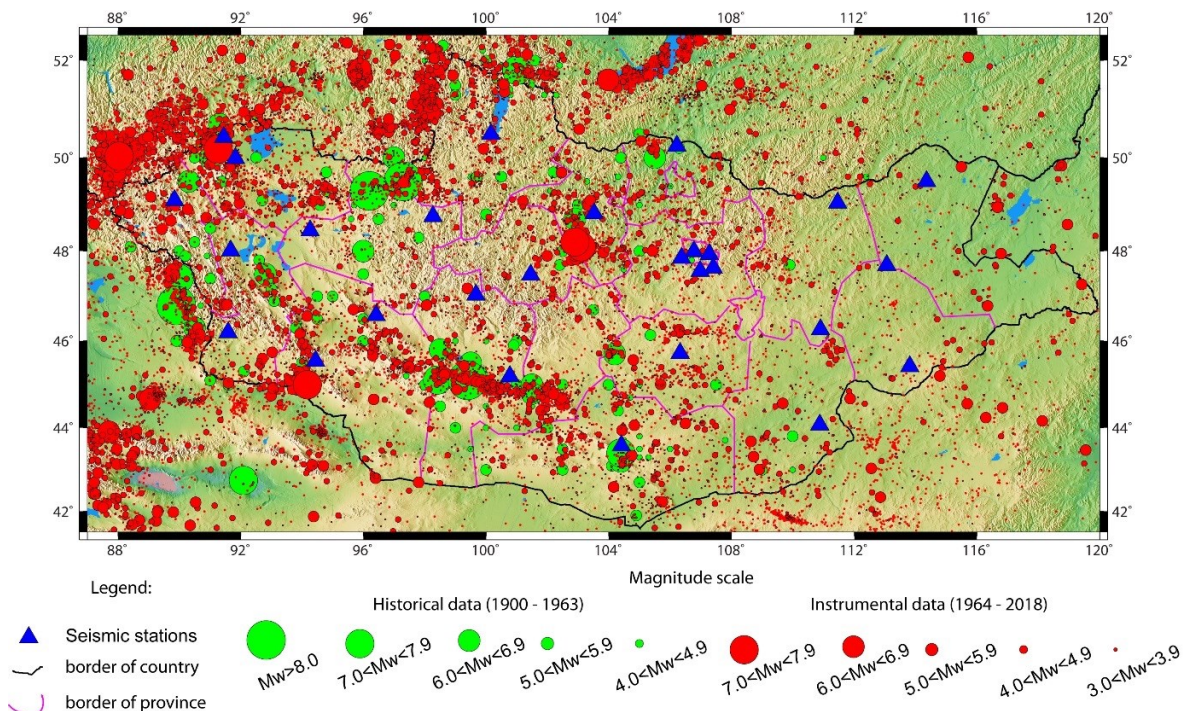


Figure 2. Epicentral map of events with magnitude more than 3.5 (2000-2018)

Seismotectonic zoning for seismic hazard analysis:

The source zones are delineating by defining the potential seismic source zones, which describe the potential locations of strong earthquakes [Bayasgalan A, 1999, Bayasgalan et al., 2000]. Here, we describe shortly about seismotectonic zones associated with active geological or tectonic features (e.g. fault) and seismicity:

The “Gobi-Altay” zone included large EW active faults connected or parallel to the Valley of Lakes fault (~600 km), the eastern segment was ruptured during the

1957, Mw=8.1, Gobi-Altai earthquake for ~260 km, associated to left lateral strike slip with a small reverse component (Kurushin et al, 1998; Kurtz R et al, 2018). The geodynamic behavior of all this area is considered homogeneous. The eastern end has been defining where there is no any large known structure (more than 100 km long) and where the EW morphology of the Gobi-Altay range disappears.

This zone included faults: Ikh Bogd (left strike-slip, 270km, Mw=8.1) (M. Rizza et al, 2011); West Bogd (100km, Mw=7.4); Tsagaan gol+Sharga (right strike-slip,

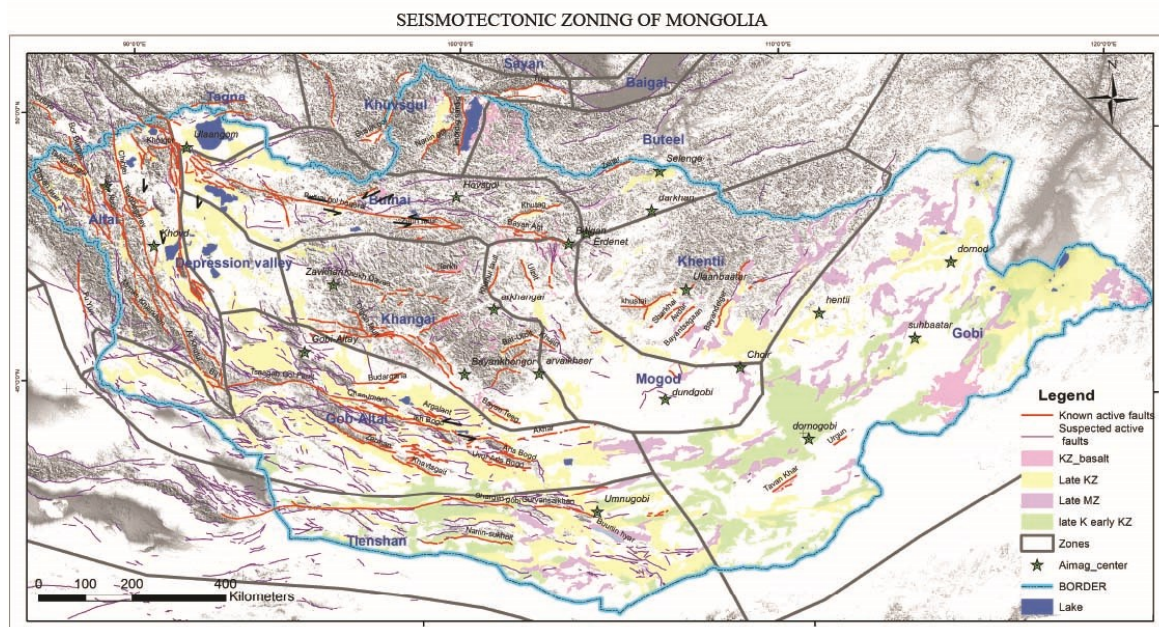


Figure 3. Seismotectonic zoning of Mongolia (grey lines). (1) For active fault: red line - known faults; pink line – suspected faults (2) Seismic 14 zones: Gobi-Altai, Altai, Bulnai, Mogod, Khentii, Khangai, Depression valley, Khuvsgul, Baikal, Buteel, Gobi, Tagna, Sayan, Tianshan.

147km, $M_w=7.8$); Zarman (left strike-slip, 160km, $M_w=7.6$); Budargana (left strike-slip, 110km, $M_w=7.4$); Chandman (right strike-slip, 230km, $M_w=7.8$); Argalant (left strike-slip, 60km, $M_w=7.0$); Khavtsgait (left strike-slip, 120km, $M_w=7.4$); Arts Bogd (left strike-slip, 80km, $M_w=7.2$); Akhar (left strike-slip, 140km, $M_w=7.5$) & Tsetsii (no type, no length, $M_w=6.9$) (Khilko et al, 1985; Baljinnyam et al, 1993; Ulziibat M, 2006). The orientation of Gobi-Altay zone fault lines azimuth is $75-120^\circ$ (Figure 4).

The “Altay” zone covers Altay Mountains in western Mongolia, which are a transpressional mountain range, with sinuous and anastomosing NNW-SEE oriented right-lateral strike-slip faults that likely accommodate NE-SW directed shortening from the India-Eurasia continental collision by anticlockwise rotation about a vertical axis (Baljinnyam et al., 1993; Cunningham, 2005; Bayasgalan et al., 2005). This zone is included all active faults along the Mongolian Altay range until the south end of Bidj fault. The few existing slip-rate estimates for individual faults in the Altay

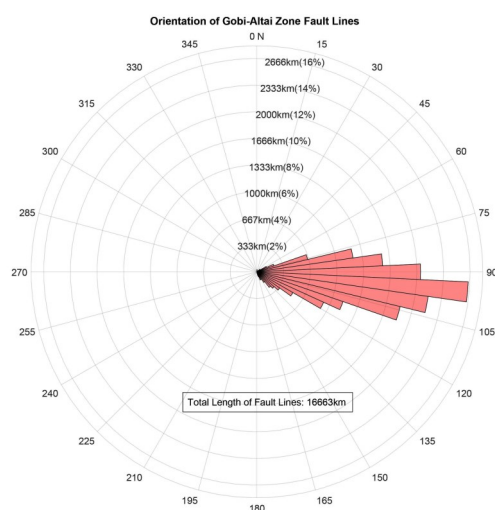


Figure 4. Orientation of Gobi-Altai Zone Fault Lines

range between 0.5 and 2.5mm yr⁻¹ (Vassallo, 2006; Nissen et al., 2009a,b; Frankel et al., 2010). Evidence for recent tectonic activity in the Altay is provided by sparse historical records of seismicity, surface expression of ground-rupturing earthquakes and other geologic and geomorphic indications (Baljinnyam et al., 1993; Kurushin et al., 1998; Bayasgalan et al., 2005; Cunningham, 2005; Walker et al., 2006;

Vassallo et al., 2007; Nissen et al., 2009; Frankel & Wegmann, 2010). The strongest event occurred within this zone is the Fu-Yun earthquake with magnitude $M_w=8$ along with 180 km of fault ruptures in the western side of Altay mountains. The average right-lateral displacement associated with this earthquake is $\sim 8\text{m}$ along a $\sim 180\text{km}$ rupture length (Baljinnyam et al. 1993). At north end of Mongol Altay range, near the border between Mongolia and Russia, the Chui earthquake is occurred with magnitude $M_w=7.3$ on September 27, 2003. This event is the most recent strong earthquake in the area (Ulziibat D. 2006).

This zone included faults: Sagsai-Buyant fault system (right strike-slip+thrust, 100km, $M_w=7.4$); Tsengel Khairkhan (thrust, 60km, $M_w=7.0$); Tolbo nuur fault system with three segments: Khukh serkh-Tsagaan salaa (right strike-slip+thrust, 180km, $M_w=7.3$) (Kurt L. Frankel et al., 2010), Tolbo nuur (right strike-slip, 90km, $M_w=7.3$) and Munkh khairkhan (right strike-slip+thrust, 170km, $M_w=7.7$); Hovd fault system with four segments: Chikhtei (right strike-slip, 130km, $M_w=7.5$), Tsambagarav (thrust, 60km, $M_w=7.1$); Ar hutul (right strike-slip+thrust, 215km, $M_w=7.8$), and Bidj (right strike-slip, 100km, $M_w=7.4$);

Tsagaan shuvuut fault system with three segments: Tsagaan shuvuut (right strike-slip+thrust, 160km, $M_w=7.6$); Khar Us nuur (right strike-slip+thrust, 180km, $M_w=7.7$); Uureg nuur-Jid (right strike-slip+thrust, 180km, $M_w=7.7$); Fu-Yun (right strike-slip+thrust, 160km, $M_w=7.9$); Tsagaan gol (thrust, 80km, $M_w=7.3$); Bor burgas (right strike-slip, 80km, $M_w=7.3$); Chui (right strike-slip, 70km, $M_w=7.2$); Dayan nuur (no type, 100km, $M_w=7.4$) & Khotgor (no type, 80km, $M_w=7.3$); [Khilko et al., 1985, Baljinnyam et al, 1993, Walker R.T et al., 2006, Ulziibat D. 2006]. The orientation of Altay zone fault lines azimuth is $80\text{-}150^\circ$ (Figure 5).

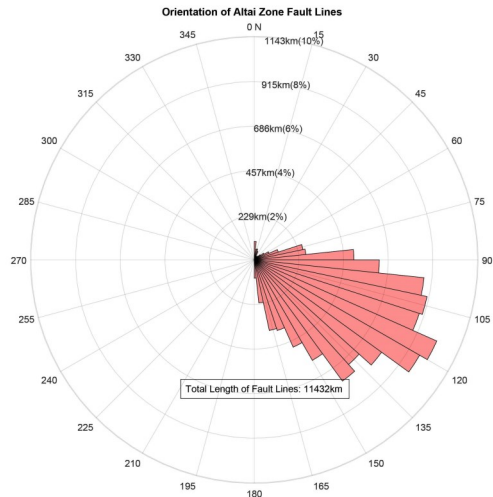


Figure 5. Orientation of Altai Zone Fault Lines

The “Bulnai” zone is a narrow longitudinal zone along the large North Hangay geological fault. This zone contain 370 km long fault ruptures which were generated during the Tsetserleg ($M_w=7.9$) and Bulnai ($M_w=8.3$) earthquakes (9 and 23 July 1905) (Schlupp 1996, M. Rizza et al., 2015). This zone covers the surrounded above Bulnai active fault zone, from west Khan-Khuhii mountain to the southern edge of Sangiin Dalai Lake in the east. Surface ruptures of these earthquakes have included two branch fault systems of Teregtey and Dungen with a length of 60 and 30km respectively (Khilko et al., 1985).

This zone included faults: Khan khuhii (left strike-slip+thrust, 100km, $M_w=7.4$); Bulnai (left strike-slip, 370km, $M_w=8.3$); Zuun nuur (left strike-slip, 130km, $M_w=7.5$); Bayan-Agt (left strike-slip, 140km, $M_w=7.5$) & Khutag (left strike-slip+normal, 110km, $M_w=7.4$). The orientation of Bulnai zone fault lines azimuth is $75\text{-}105^\circ$ (Figure 6).

The “Mogod” zone has been differentiated due to the particular seismic activity associated to the event of 1967 ($M_w=7.1$). It includes the active faults that are parallel to the Mogod structure. It is probably an oversimplification to reduce a zone to such a small area but the deformation of Mogod

area is, up to now, not correlated to a large deformation zone. Some models propose to extend this area to the south, combining our Mogod zone and south east of Hangay dome (Bayasgalan A et al., 1999).

We include into this zone the seismic active area of Deren where took place a recent event felt at Ulaanbaatar (Mw=5.3, 1998/09/24).

This zone included faults: Mogod (right strike-slip+normal, 45km, Mw=7.1); Ulziit (left strike-slip, 70km, Mw=7.5); Khanui (no type, 60km, Mw=7.1); Hujirt (left strike-slip, 270km, Mw=8.1); Mustiin tsagaan (no type, 25km, Mw=6.6); Batkhaan (left strike-slip+normal, 23km, Mw=6.7) & Deren (thrust, 35km, Mw=6.8). The orientation of Mogod zone fault lines azimuth are in variety of range 0-30° & 150-180° associated with Mogod fault zone and 90-130° related Deren fault zone (Figure 7).

The “**Khentii**” zone contains a large and wide topography, clearly different from adjacent zone. The main orientation of this smoothed relief is N30. The geodynamic behavior seems to be related with some recent general uplift as indicated by several rivers incising the relief. The several lineaments have been recognised by high-resolution satellite images within 200 km from Ulaanbaatar.

This zone includes faults: Khustai (left strike-slip+normal, 100km, Mw=7.8); Emeelt (right strike-slip, 35km, Mw=7.0) (Munkhsaikhan A., 2016); Gunj (right strike-slip, 20km, Mw=6.7); Mungun-Morit (normal, 90km, Mw=7.0); Avdar (left strike-slip, 50km, Mw=7.0); Sharkhai (left strike-slip, 50km, Mw=7.2); Bayandelger (no type, 70km, Mw=7.1); Bayantsagaan (normal, 40km, Mw=6.9); Asralt-Khairkhan (normal, 10km, Mw=6.2); Sogoot (no type, 10km, Mw=6.2) & Dayant (no type, 20km, Mw=6.6). The orientation of Khentii zone fault lines azimuth is 40-90° (Figure 8).

The “**Khangai**” zone covers the dome

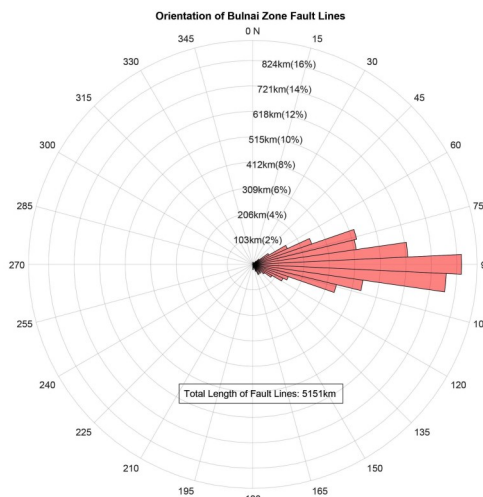


Figure 6. Orientation of Bulnai Zone Fault Lines

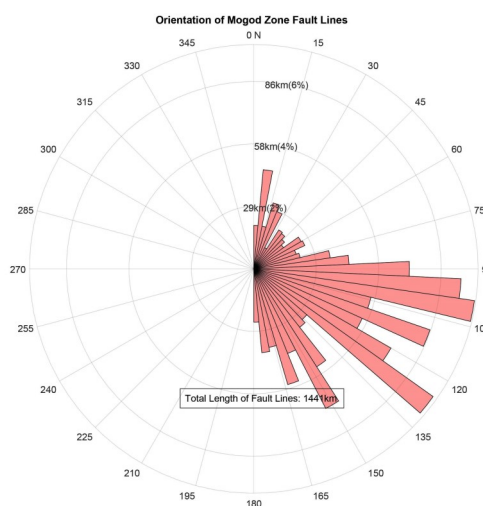


Figure 7. Orientation of Mogod Zone Fault Lines

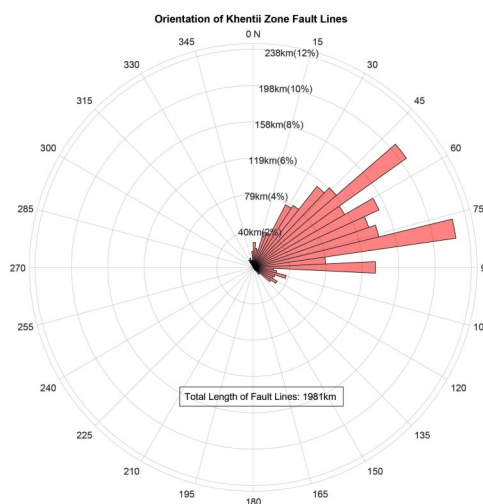


Figure 8. Orientation of Khentii Zone Fault Lines

shaped Khangai region of central-western Mongolia which is a Proterozoic continental block, reactivated in the Paleozoic, and eroded into a peneplain surface probably in the Tertiary (Ionov et al. 1998). Major active fault is South Khangai fault system with ~350km long east-west left-lateral strike-slip fault in front of Khangay Mountains of central Mongolia. The south Hangay strike-slip fault is a potential source of strong earthquakes (Walker R.T et al, 2007). This surface rupture related event with magnitude $M_w=7.5$ (Baljinnyam et al., 1993; Cunningham et al., 2001).

This zone included faults: The South Khangai fault system with three segments: Bayankhongor (left strike-slip, 80km, $M_w=7.2$), Otgon (left strike-slip, 65km, $M_w=7.1$) and Bayanbulag (left strike-slip, 250km, $M_w=7.8$); Terkh (left strike-slip+normal, 80km, $M_w=7.2$), Khukh davaa (normal, 190km, $M_w=7.6$), Egiin davaa (normal, 80km, $M_w=7.2$) (Walker R.T, 2018); Nariin teel (normal, 80km, $M_w=7.2$), Bat-Ulziit (normal, 70km, $M_w=7.5$); Khujirt (normal, 21km, $M_w=7.0$); Bayan teeg (left strike-slip, 80km, $M_w=7.2$) & Uyanga (normal, 10km, $M_w=6.2$). Active normal faults were mapped within the Hangay region (Zorin et al., 1982; Baljinnyam et al., 1993; Cunningham et al., 2001). The most of them oriented NE-SW. The last strong earthquake with magnitude 5.4 is occurred along the Bayanbulag fault on 13 April of 2011 with (Mungunsuren, D, 2020). The orientation of stable Khangai zone fault lines azimuth is $75-120^\circ$ (Figure 9).

The “Depression valley” zone covers a valley between Mongolian Altay range and Hangay mountains. It has a low seismic activity. It is located in the middle of Altai, Bulnai, Khangai and Gobi-Altay zones. The orientation of Depression valley zone fault lines azimuth is in the range between $105-180^\circ$ (Figure 10).

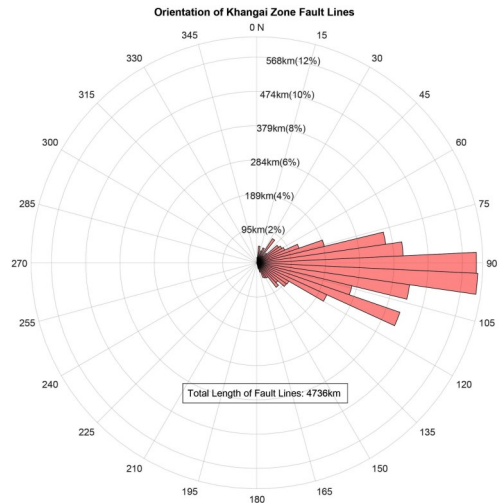


Figure 9. Orientation of Khangai Zone Fault Lines

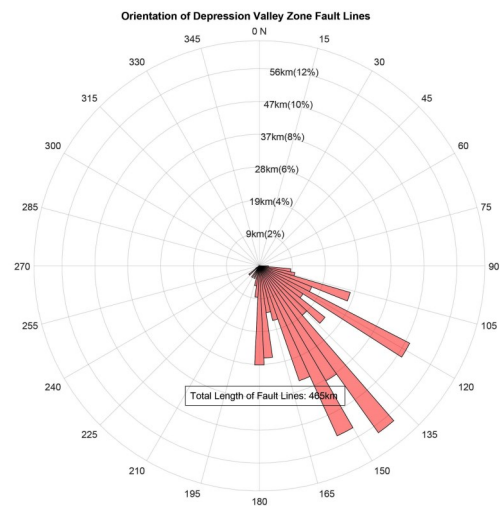


Figure 10. Orientation of Depression valley Zone Fault Lines.

The “Khuvs gul” zone covers basins of Busiin gol, Darhad, Khuvs gul, and Tunka. The Khuvs gul basin represents the southern boundary of the intracontinental Baikal rift system. The moderate sized earthquakes ($M_w>3.5$) are occurred in the Khuvs gul area of northern Mongolia, where three north-south grabens, known as the Khuvs gul graben system, are the most prominent expression of recent tectonic activity.

The most earthquakes west of lake Khuvs gul have strike-slip fault plane solutions, such as that strong earthquake with magnitude 6.4 is occurred near the sharp eastern edge of the Busiin gol graben, a prominent

NNE rift along the Mongolian border on 1991.12.27 (Bayasgalan A et al., 2005). Other earthquakes outside of the grabens mainly show strike-slip faulting or strike-slip with a significant thrust component. The events NE of lake Khuvsgul, towards Baikal, have strike-slip faulting mechanisms, associated with E-W left-lateral faulting on the Tunka fault system (Delouis et al. 2002, Bayasgalan A et al., 2005). North boundary of this zone distinguished in the front of Sayan zone.

This zone included faults: Busiin gol (left strike slip, 20km, Mw=6.5); Nariin gol (no type, 230km, Mw=7.4); Khordil sardig (no type, 25km, Mw=7.4); Tunka (left strike-slip, 340km, Mw=7.3) & Kizil (no type, 250km, Mw=6.8). The orientation of Khuvsgul zone fault lines azimuth is 70-105°

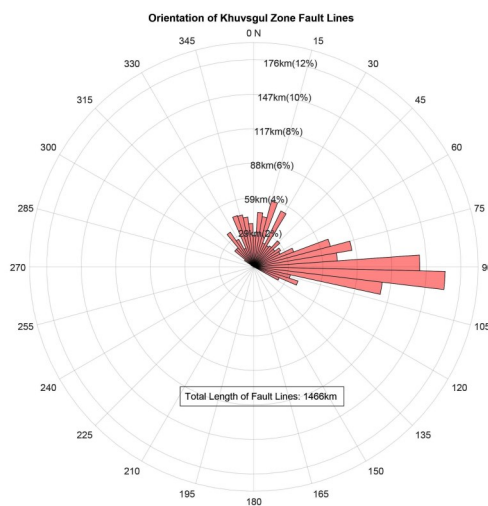


Figure 11. Orientation of Khuvsgul Zone Fault Lines

(Figure 11).

The “Baikal” zone covers extensional faults of Baikal rift system from where the extensional tectonics of central and eastern Mongolia took place (Tapponnier and Molnar, 1979; Baljinyam et al., 1993; Cunningham et al., 1996; Bayasgalan 1999). The Baikal continental rift zone is high seismic active region. The orientation of Baikal zone fault lines azimuth is 50-80°

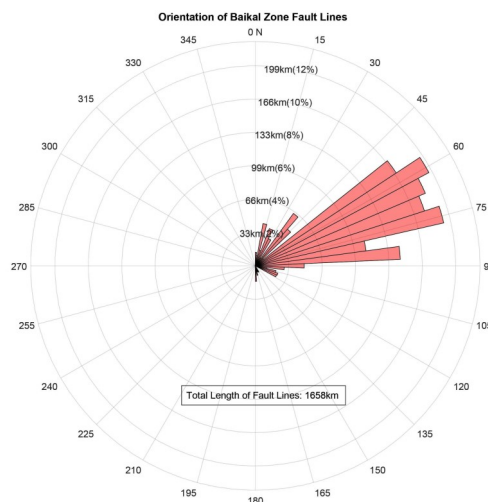


Figure 12. Orientation of Baikal Zone Fault Lines

(Figure 12).

The “Buteel” zone covers Buteel range in the northeastern part of Mongolia between Baikal and Khentii zone. It is a relatively seismic active zone of Mongolia along the Buteel range in the front of Baikal zone. In the north east part of Buteel range, the strongest earthquake is occurred with magnitude Mw=6.3 on 1957.02.06 along the Buren range and felt at capital Ulaanbaatar by intensity IV (Khilko et al, 1985). This zone included faults: Zelter (no type, 60 km, Mw=7.1). The orientation of Buteel zone fault lines azimuth is 45-90°

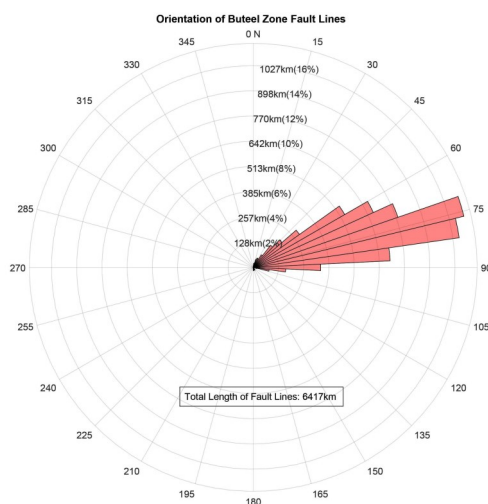


Figure 13. Orientation of Buteel Zone Fault Lines

(Figure 13).

The “Gobi” zone covers eastern part of Mongolia, which is wide area characterized with widespread low seismic activity. This zone included faults: Tavan khar (no type, 63km, Mw=7.1) and Urgun (no type, 35km, Mw=6.8). The orientation of Gobi

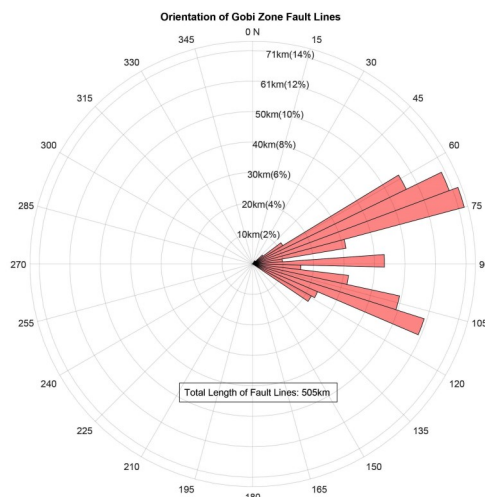


Figure 14. Orientation of Gobi Zone Fault Lines

zone fault lines azimuth is 60-120° (Figure 14).

The “Tagna” zone is surrounded by Tagna range between Mongol Altai and Huvsgul, Sayan zones to the south of Khar-Us nuur. This zone included faults: Tagna (no type, 203km, Mw=6.5) & Kizil (no type, 250km, Mw=6.8). The orientation of

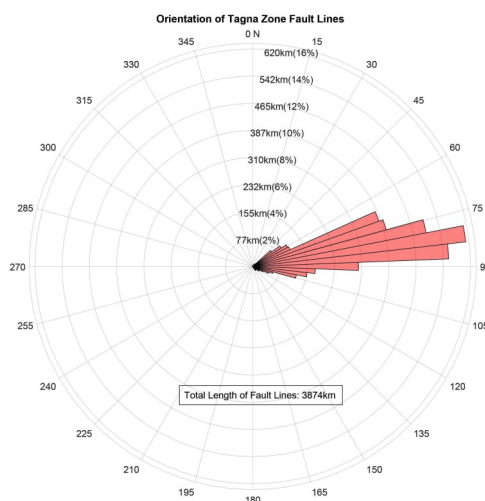


Figure 14. Orientation of Tagna Zone Fault Lines

Tagna zone fault lines azimuth is 65-90° (Figure 15).

The “Sayan” zone covers Sayan range in Russia, which is east of Baikal fault zone. This zone included faults: Sayan (no type, 203km, Mw=6.5) & Zelter (no type, 60km, Mw=7.1). The orientation of Sayan

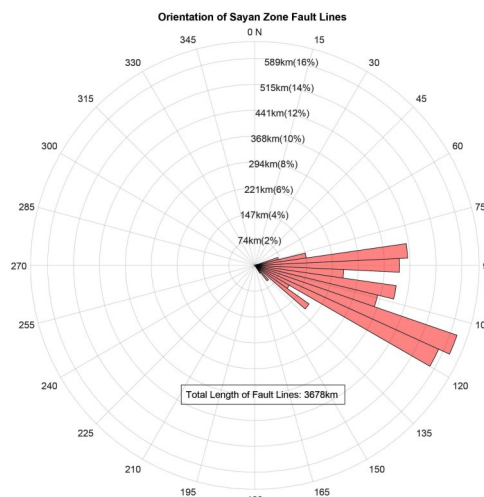


Figure 16. Orientation of Sayan Zone Fault Lines

zone fault lines azimuth is 75-120° (Figure 16).

The “Tienshan” zone covers Tienshan deformation zone in the front of Altay and Gobi-Altay zone. It contains the Buuryin Hyar active fault is most likely the eastern limit of Gurvan Saikhan faults’ zone. This zone included faults: Sharga (no type, 800km, Mw=7.7); Nariin sukhait (no type, 270km, Mw=7.5); Gurvan saikhan (no type, no length, Mw=7.5); Buuriin hyar (no type, 95km, Mw=6.7); Bulagtai (no type, 77km, Mw=7.1) & Tsetsii uul (no type, no length, Mw=6.9). The orientation of Tienshan zone fault lines azimuth is 75-105° (Figure 17).

The result: The seismotectonic map

Through the guideline for seismotectonic map preparation in order to create a homogeneous database was a creation of accessible explanation notes and in the GIS web site. The resulting map is very sensitive to any changes in the geometry of seismotectonic model or of the magnitude of maxi-

most plausible earthquakes. Therefore, here we reapplied homogeneous of seismicity data, magnitude completeness by moment magnitude M_w , and calculated probabilistic distribution function (PDF) for each seismic zone of new seismotectonic map. It is a basic standard for the calculation of seismic hazard analysis. Each zone has one PDF and value of seismic activity parameter. For meeting seismotectonic map requirement of seismic safety evaluation code, the regional seismotectonic map must include: main geological and tectonic parameters (tectonic displacement, geological structure); distribution density of seismic active fault, direction, dynamic and kinematic property characteristics; fault line direction by rose diagram, mechanism, fault type;

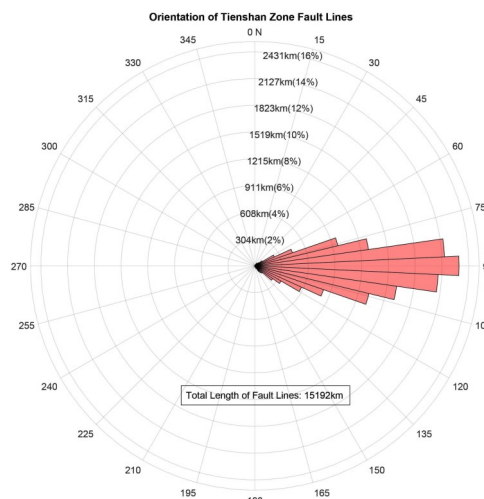


Figure 17. Orientation of Tianshan Zone Fault Lines seismic activity, its time-space distribution: a and b value, and rate. (Figure 18).



THE PRELIMINARY SEISMOTECTONIC MAP OF MONGOLIA

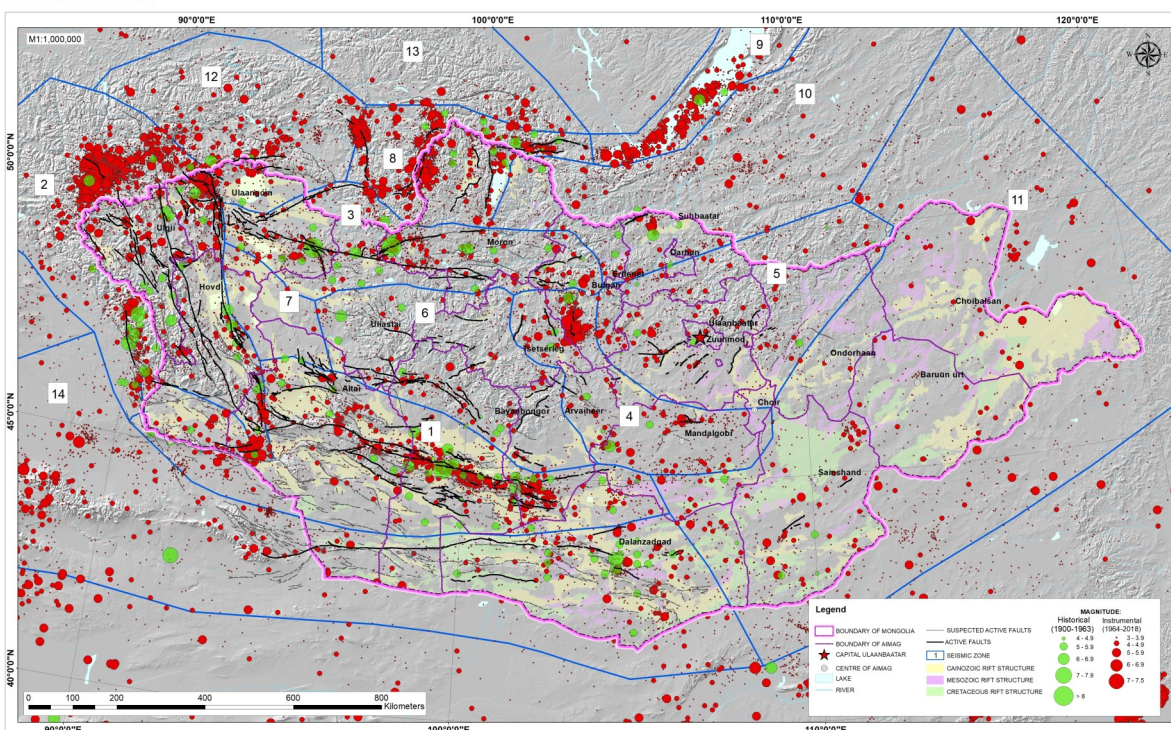


Figure 18. The preliminary seismotectonic map of Mongolia: Seismic zones: (1) Gobi-Altai, (2) Altai, (3) Bulnai, (4) Mogod, (5) Khentii, (6) Khangai, (7) Depression valley, (8) Khuvs gul, (9) Baikal, (10) Buteel, (11) Gobi, (12) Tagna, (13) Sayan, (14) Tianshan.

Conclusions

We made the preliminary seismotectonic map of Mongolia based on complex study

on geodynamic, geomorphology, active fault, and seismicity background for base map of seismic hazard analysis.

This seismotectonic map, as built as in attribute file, is ease to use for any seismic hazard analysis for Mongolia. It is more flexible to upgrade once coming any modification data related to result of further fault survey analysis along the active faults and any modified seismicity data.

This map was compiled previously existing information that published different authors. In the future, it's very important to build larger scale of a seismotectonic map of Mongolia that includes ground truth information. Its improvement is beneficial to estimate seismic hazard and to mitigate seismic risk for such as planning power plants, cities, strategic factories and mining activities.

Acknowledgments

We thank to all members of IAG, MAS for their generous contribution. Specially, thanks to all members of laboratory of seismic hazard assessment for their hard work and patience. We thank to Mongolian Foundation for Science and Technology for giving full financial support in the scientific project SHUTT_009/2016.

References:

- Baljinnyam I., 1975., Mongolia's earthquakes
- Baljinnyam, I., A. Bayasgalan, B.A. Borisov, A. Cisternas, M.G. Dem'yanovich, L. Ganbaatar, V.M. Kochetkov, R.A. Kurushin, P. Molnar, H. Philip, and Y.Y. Vashchilov, Ruptures of Major Earthquakes and Active Deformation in Mongolia and its Surroundings. Vol. Memoir 181 of Boulder, Colorado: The Geological Society of America, Inc., 1993. 64.
- Bayasgalan. A. 1999, Active Tectonics of Mongolia, PhD thesis, University of Cambridge, Cambridge, 182 p
- Bayasgalan A and J. A. Jackson (1999) A reassessment of the faulting in the 1967 Mogod earthquakes in Mongolia, *Geophys. J. Int.* (1999) 138, 784-800
- Bayasgalan A., James Jackson., Dan McKenzie, 2000, Earthquake source parameters, seismogenic thickness and effective elastic thickness in Mongolia, *Geophys.J.Int*
- Bayasgalan A., Jackson J., McKenzie D, 2005, Lithosphere rheology and active tectonics in Mongolia: relations between earthquake source parameters, gravity and GPS measurements, *Geophys.J.Int*, 163, 1151-1179
- Byamba J., 2012, *Geology and Mineral Resources of Mongolia*, Vol IV
- Calais E, Vergnolle M, Sankov Vladimir, Lukhnev A, Miroshnitchenko Sh, Deverchere J. 2003., GPS measurements of crustal deformation in the Baikal-Mongolia area (1994-2002): Implications for current kinematics of Asia.
- Cunningham, W., Windley, B., Dorjnamjaa, D., Badamgarov, J. and Saandar, M., 1996. Late Cenozoic transpression in southwestern Mongolia and the GobiAltai Tien Shan connection. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 140, 67–81.
- Cunningham, W.D., 2001. Cenozoic normal faulting and regional doming in the southern Hangay region, Central Mongolia: implications for the origin of the Baikal rift province. *Tectonophysics*. 331, 389-411
- Cunningham, D., 2005. Active intracontinental transpressional mountain building in the Mongolian Altai: defining a new class of orogen. *Earth Planet. Sci. Lett.* 240, 436–444.
- Delouis, B., Déverchère, J., Melnikova, V., Radziminovitch, N., Lonke, L., Larroque, C., Ritz, J.F.&San'kov, V., 2002. A reappraisal of the 1950 (Mw 6.9) Mondy earthquake, Siberia, and its relationship to the strain pattern at the southwestern end of the Baikal rift zone, *Terra Nova*, 14, 491–500.
- Frankel, K.L., Wegmann, K.W., Bayasgalan A et al. 2010, Late Pleistocene slip rate of the Hoh Serkh-Tsagaan salaa fault system, Mongolian Altai and intracontinental deformation in central Asia, *Geophys. J. Int*, 183, 1134-1150
- Gutenberg, B., et C.F. Richter (1956). Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration, *Bull. Seism. Soc. Am.* 46, 105-145.
- Ionov, D.A., O'Reilly, S.Y. & Griffin, W.L., 1998. A geotherm and lithospheric section for central Mongolia (Tariat region), in *Mantle Dynamics and Plate Interactions in East Asia*, Vol. 27, pp. 127–153, eds Flower, M.F., Chung, S.L., Lo, C.H. & Lee, T.Y., AGU Geodynamics Series AGU, Washington, DC.
- Khilko S.D., R.A. Kurushin, V.M. Kochetkov, L.A. Misharina, V.I. Melnikova, N.A. Gilyova, S.V. Lastochkin and D. Monhoo, Earthquakes and the base of the seismic zoning of Mongolia. Vol. 41 of the joint Soviet-Mongolian scientific - Research Geological Expedition. 225 p, 1985.
- R. Kurtz, Y. Klinger, M. Ferry, J.-F. Ritz., 2018, Horizontal surface-slip distribution through several seismic cycles: The Eastern Bogd fault, Gobi -Altai, Mongolia
- Kurt L. Frankel, Karl W. Wegmann, Amgalan

- Bayasgalan, Robert J. Carson, Nicholas E. Bader, Tsolmon Adiya, Erdenebat Bolor, Chelsea C. Durfey, Jargal Otgonkhoo, Jodi Sprajcar, Kristin E. Sweeney, Richard T. Walker, Tina L. Marsteller and Laura Gregory, 2010, Late Pleistocene slip rate of the Hoh Serh–Tsagaan Salaa fault “ system, Mongolian Altai and intracontinental deformation in central Asia, *Geophys. J. Int.* (2010) 183, 1134–1150
- Kurushin, R.A., Bayasgalan, A., Olziybat, M., Enhtuvshin, B., Molnar, P., Bayarsayhan, Ch., Hudnut, K.W. & Lin, J., 1998. The surface rupture of the 1957 Gobi-Altay, Mongolia, earthquake, *Geol. Soc. Am. Memoir*, 320, 144pp.
- Mungunsuren, D., Odonbaatar, Ch., Meltzer, A., Nomin-Erdene, E., Stachnik, J., “Determining a 1D velocity model from local earthquake data in the South Hangay region, central Mongolia”, *Proceeding of the Mongolian Academy of Sciences*, (2020) 60(2): 1-14.
- Munkhsaikhan A., 2016, Seismic activity near Ulaanbaatar: Implication for seismic hazard assessment, PhD thesis, University of Strasbourg, 256 p
- Nissen, E., Walker, R., Molor, E., Fattahi, M., 2009a. Late Quaternary rates of uplift and shortening at Baatar Hyarhan (Mongolian Altai) with optically stimulated luminescence. *Geophys. J. Int.* 177, 259e278.
- Nissen, E., Walker, R.T., Bayasgalan, A., Carter, A., Fattahi, M., Molor, E., Schnabel, C., West, A.J., Xu, S., 2009b. The late Quaternary slip-rate of the Har-Us-Nuur fault (Mongolian Altai) from cosmogenic ^{10}Be dates and luminescence dating. *Earth Planet. Sci. Lett.* 286, 467e478.
- Radziminovich N.A., Bayar G., Miroshnichenko A.I., Demberel S., Ulziibat M., Ganzorig D., Lukhnev A.V, 2016, Focal mechanisms of earthquakes and stress field of the crust in Mongolia and its surroundings. *Geodynamics & Tectonophysics*. 2016 7(1):23-38.
- Robert S.Yeats, Kerry Sieh, Clarence R. Allen.,1997, *The Geology of Earthquakes*, New York, Oxford University Press.
- M. Rizza, J.-F. Ritz, R. Braucher, R. Vassallo, C. Prentice, S. Mahan, S. McGill, A. Chauvet, S. Marco, M. Todbileg, S. Demberel and D. Bourles`, 2011, Slip rate and slip magnitudes of past earthquakes along the Bogd left-lateral strike-slip fault (Mongolia)
- M. Rizza, J.-F. Ritz, C. Prentice, R. Vassallo, R. Braucher, C. Larroque, A. Arzhannikova, S. Arzhannikov, S. Mahan, M. Massault, J.-L. Michelot, M. Todbileg, and ASTER Team., 2015, Earthquake Geology of the Bulnay Fault (Mongolia), *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 105, No. 1, pp. 72–93, February 2015, doi: 10.1785/0120140119
- Report., 2006, Seismic Hazard Assessment of capital Ulaanbaatar
- Schlupp A., “Neotectonic of western Mongolia using field, seismological and remote sensing data” *Laboratoire de Sismologie et de Physique de la Terre, Ecole et Observatoire de Physique du Globe de Strasbourg-Université Louis Pasteur de Strasbourg*, PhD, 1 map, 270 pages, in french, 1996.
- Schlupp A. and A. Cisternas: The source history of the 1905 mongolians earthquakes ($M_w^{3.8}$) using body waves inversion. *European Union of Geosciences*, Strasbourg, 23 - 27 March 1997.
- Schwartz, D.P., and K.J. Coppersmith (1984). Fault behavior and characteristic earthquakes: examples from the Wasatch and San Andreas fault zones, *J. Geophys. Res.* 89, 5681-5698.
- Tapponnier, P. and P.Molnar, 1979. Active faulting and Cenozoic tectonics of the Tien Shan, Mongolia and Baykal Region. *J. Geophys. Res.*, 84, 3425–3459. Treskov, A.A. and Florensov, N.A., 1952. The Mondy earthquake. *Sov. Seism. Bull. Seism. Council, AN USSR*, 2, 12–36
- Tomurtogoo O., 1997. A New Tectonic Scheme of the Paleozooids in Mongolia, *Proceeding of the 30th Intl.Geol.Congr.*, Vol.7. p. 75-82.
- Tumurtogoo, O., 2002, A brief explanatory note to the tectonic map of Mongolia at a scale of 1:1,000,000 *Mongolian Academy of Sciences, Institute of Geology and Mineral Resources; Published in Ulaanbaatar, Mongolia.*
- Tomurtogoo, O., 2003. Tectonic map of Mongolia, *Mongolian Academy of Sciences*, scale 1:1,000,000
- Vassallo, Riccardo, Jean-Francois Ritz, Regis Braucher and Sebastien Carretier et al., 2005., Dating faulted alluvial fans with cosmogenic ^{10}Be in the Gurvan Bogd mountain range (Gobi-Altay, Mongolia): climatic and tectonic implications
- Vassallo, R., Jolivet, M., Ritz, J.F., Braucher, R., Larroque, C., Sue, C., Todbileg, M. & Javkhanbold, D., 2007. Uplift age and rates of the Gurvan Bogd system (Gobi-Altay) by apatite fission track analysis, *Earth planet. Sci. Lett.*, 259, 333–346.
- Ulziibat M, 2006. The 2003 Chuya sequence (North Altay range): tectonic context and seismological study, France.
- Walker, R.T., et al., 2006. Geomorphology and structure of the Jid right lateral strike-slip fault in the Mongolian Altay Mountains, *J. Struct. Geol.*, 28, 1607–1622.
- Walker R.T et al., 2007, Reinterpretation of the ac-

- tive faulting in central Mongolia
Walker R. T., E. Molor E., Fox M., Bayasgalan A, 2008., Active tectonics of an apparently aseismic region: distributed active strike-slip faulting in the Hangay Mountains of central Mongolia, *Geophys. J. Int.*
- Walker R. T., Wegmann K. W., Bayasgalan A., Carson R. J., Elliott J., Fox M., Nissen E, Sloan R. A., William J. M. Wright E, 2015., The Egiin Davaa prehistoric rupture, central Mongolia: a large magnitude normal faulting earthquake on a reactivated fault with little cumulative slip located in a slowly deforming intraplate setting
Wells, D.L., and K.J. Coppersmith (1994). New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area and surface displacement, *Bull. Seism. Soc. Am.* 84, 974-1002.
- Yenier E et al., 2008. Empirical relationships for magnitude and source-to-site distance conversions using recently compiled Turkish strong-ground motion database.

Хураангуй. Шинжлэх Ухааны Академийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэн “Монгол орны нутаг дэвсгэрийн газар хөдлөлтийн ерөнхий мужлалын зураг боловсруулах нь” сэдэвт SHUTT_009/2016 тоот шинжлэх ухаан, технологийн төслийн хүрээнд хийгдсэн Монголын газар хөдлөлийн аюулын үнэлгээ ба ерөнхий мужлалын зураг (M1:1000000) зохиох судалгаанд зориулж геодинамик, геоморфологи, идэвхтэй хагарал болон сейсмшилийн судалгаанд үндэслэсэн “Монголын сейсмотектоникийн зураг”-ийг зохиов. Тус зургийн мэдээллийн сан нь хагарлын сансрын зураглалын боловсруулалт, хагарлын дагуух хээрийн судалгаа, хагарлын дээжид нас тогтоох лабораторийн анализ, хагарлын үндсэн параметруудийг тооцох зэрэг иж бүрэн судалгааны үр дүнг багтаасан болно. Хагарлын атрибут мэдээллийн санг мэдэгдэж буй 79 идэвхтэй хагарлуудын хувьд хагарлын нэр, байрлал, төрөл, давтагдах хугацаа (боломжит), харгалзах ном зүйгээр үүсгэсэн бол таамаглаж буй 2000 гаруй хагарлуудын хувьд зөвхөн хагарлын байрлалын мэдээллээр үүсгэв. Монгол орны геологийн зургийн мезозой ба кайнозойн хурдаснуудын хил хязгаарыг давхцуулах замаар сейсмотектоник зургийн суурийг боловсруулж, мэдээллийг газар зүйн мэдээллийн систем (GIS)-д хөрвүүлсэн болно. Сейсмотектоник бүсийг тогтоохдоо тектоник зургийн ерөнхий хил зааг, дөрөвдөгчийн хагарлуудтай неотектоник бүтэц, боломжит хүчтэй газар хөдлөлтийн голомтын бүсүүд ба тэдгээрийн газар хөдлөлийн идэвхжил, идэвхтэй хагарлын хүчний чиглэл, голомтын механизм, хагарлын нягтаршил зэргийг тооцон ангилал хийж 14 бүсэд хуваасан. Мөн түүнчлэн хагарлын төрлөөр нь ижилшүүлэх зарчмыг баримтлан, нэг төрлийн хагарлуудыг аль болох нэг бүсэд оруулахыг хичээсэн болно. Энэхүү өгүүлэлд Монголын газар хөдлөлийн аюулын үнэлгээ ба ерөнхий мужлалын судалгаанд зориулан зохиосон сейсмотектоникийн зургийг товч танилцуулав. Төслийг Монголын Барилга Хот Байгуулалтын Яамны захиалгаар шинжлэх ухаан, технологийн сангийн санхүүжилтээр хийж гүйцэтгэв.

Түлхүүр үг: Газар хөдлөлийн аюулын үнэлгээ, сейсмотектоник зураг, GIS мэдээллийн сан, хагарал, сейсмшил, бүсчлэл

МАГНЕТОТЕЛЛУРИКИЙН ТЕНЗОРУУД БА ТЭДГЭЭРИЙН ФИЗИК ТАЙЛБАР: 1-D ХЭСЭГ 1-D ЗАГВАР

Э. Батмагнай^{1,2}

¹ETH Zurich, ²ШУА-ийн Одон орон, Геофизикийн хүрээлэн

batmagnai@iag.ac.mn

Хураангуй. Энэ судалгааны ажил нь Дэлхийн гүний цахилгаан соронзон судалгааны үндсэн арга зүй болох Магнетотеллурикийн аргын физик үндэслэлийг тайлбарласан судалгаа арга зүйн бүтээл болсон. Энд МТ аргын үндсийг тайлбарлахын тулд Максвеллийн тэгшитгэлүүд Дэлхийн цахилгаан-соронзон үзэгдлийн хувьд хэрхэн бичигдэх түүний шинж чанар, хэрхэн 1-D -гээс 3-D орчинд тодорхойлогдох талаар авч үзсэн ба үр дүнд МТ аргын үндсэн ойлголт болох импеданс тензорыг гарган авч 1-D синтетик загвар ба бодит Дэлхийн хувьд тайлбарласан. Иймээс уг судалгааны ажил нь онол практикийн өндөр ач холбогдолтой ажил болж чадсан гэж дүгнэж байна.

Түлхүүр үг: геоцахилгаан, импеданс

Удиртгал

Магнетотеллурикийн арга нь соронзон ба цахилгаан орны хэвтээ байгуулагчдын орон зай, хугацааны өөрчлөлтөд тулгуурлан дэлхийн үе давхаргуудын цахилгаан дамжуулах чадварыг тодорхойлох геофизикийн арга юм. Байгалийн цахилгаан соронзон долгион нь давтамж болон тодорхой давхаргуудын цахилгаан дамжуулах чадвараас хамааран дэлхийн гүнрүү нэвтрэх бөгөөд тодорхой дамжуулагч бүхий гүнийг тодорхойлох зорилго нь цахилгаан соронзон тандалт (ЦСТ) –ын үндсэн бодлого юм.

Өнөөдөр магнетотеллурикийн (МТ) тандалтын аргын онолын судалгаагаар Максвеллийн тэгшитгэлийн шийдийг Дэлхийн 3 хэмжээст (3D) загварын хувьд бодох тоон дөхөлтийн аргыг боловсруулаад байна.

Тиймээс математикийн аргууд ашиглан ажиглагдаж буй өгөгдлөөр дэлхийн гүний цахилгаан дамжуулах чадварыг 3D ба 4D огторгуйд тодорхойлох арга зүй түлхүү хөгжсөөр байгаа нь компьютерын хүчин чадал ихэссэнтэй холбоотой. Дэлхийн гүний бүтэц болон ашигт малтмал, газрын

тосны хайгуулд МТ-ийн аргыг ашиглах хандлага сүүлийн жилүүдэд хурдацтай өсч байгаа нь соронзон орны вариацийг бүртгэх мэдрэгчийн давтамжийн нарийвчлал маш өндөр (50 хүртэл килогерц) болж байгальд хор хөнөөлгүй, хэмжилтийн зардал бага, нарийвчлал өндөртэй мэдээллийг богино хугацаанд чанарын өндөр төвшинд боловсруулах тооцооллын арга, техникийн хүчин чадал сайжирсантай шууд холбоотой юм. Иймээс өнөөдөр МТ арга нь геофизикийн судалгааны тэргүүлэх арга болон хөгжиж байна.

Манай орны судлаачдын хувьд, 2016 оноос ШУА-ын Одон орон геофизикийн хүрээлэнгийн судалгааны оргил болох МТ соронзон оргил бүрэн МТ станц суурилуулан МТ судалгааны онол практикийн ажилд нэвтрүүлж эхэлсэн ба сигнал боловсруулалтын арга зүйг судалж хугацааны цуваанаас холбогч функц үнэлэх алгоритм боловсруулан судалгаанд нэвтрүүлсэн (Э. Батмагнай, Ү.Сүхбаатар 2016, Э. Батмагнай ба бусад 2017, Batmagnai E, Tsegmed, et al., 2019)

Зохиогч нь цаашид цуврал арга зүйн ажлууд хийж МТ аргын хэрэглээг онол практикийн төвшинд Монгол улсад

судалгаанд нэвтрүүлэх тэргүүний зорилго тавьсан тул энэ судалгааны ажилд МТ аргын физик үндэслэлд тулгуурлан 1-D орчинг аналитик хэлбэрээр тодорхойлсон үр дүнг оруулсан.

Энэ ажилд МТ аргын үндсэн хэмжигдэхүүн болох импеданс тензорын физик үндэслэлийг дэлгэрэнгүй тайлбарласан. Энд 1-D синтетик загвар ба бодит өгөгдлийг загварчлах талаар авч үзсэн нь МТ аргад суралцаж буй оюутан төдийгүй судалгаа хийж буй судлаачдын хувьд МТ аргын суурийг зөв ойлгож тайлал хийхэд үлэмж нэмэр болж чадах нь энэ ажлын давуу тал юм. Уг ажлын 2 дугаар бүлэгт МТ аргын онолын үндсийг дэлгэрэнгүй тайлбарласан, 3 дугаар бүлэг нь ажлын үндсэн агуулга орших тул энд МТ тензоруудын физик тайлбарыг оруулсан ба жишээ болгон 1-D синтетик загвар аван скаляр импедансийг тодорхойлсон. Мөн цаашлаад бодит өгөгдлийн хувьд бүртгэсэн импеданс тензороос скаляр импеданс тодорхойлж 1-D урвуу бодлого зохион бодсон үр дүнг үзүүлсэн. Зохиогчийн мэдлэгийн хүрээнд, энэ төрлийн тайлбар бүхий арга зүйн өгүүлэл нь Монгол улсад хэвлэгдээгүй, мөн түүнчлэн Дэлхийн арга зүйн сэтгүүлүүдэд ховор байдаг нь энэ ажил нь судалгаа арга зүйн өндөр ач холбогдолтой болохыг илэрхийлнэ.

Онолын үндэс

Үндсэн тэгшитгэлүүд

Магнетотеллурик МТ нь байгалийн цахилгаан-соронзон орны хугацааны өөрчлөлтөд тулгуурлан Дэлхийн гүний үе давхаргын геоцахилгаан шинж чанарыг тодорхойлдог геофизикийн идэвхгүй арга юм. Уг аргын онолын үндэс нь XX зууны хоёрдугаар хагасаас эхлэн хөгжиж эхэлсэн (Tikhonov, AN (1950) МТ –д үүсгүүр орныг босоо туйлширсан хавтгай цахилгаан-соронзон долгион мэт авч үздэг. Цахилгаан-

соронзон долгион нь Дэлхийн соронзон орон ба Нарны салхи хоорондох харилцан үйлчлэл (<1 Гц) ба цахилгаан ниргэлэг (>1 Гц) зэрэг байгалийн үзэгдлээс үүсэх ба МТ аргын хувьд 1000 Гц – 0.0001 Гц урт бүхий долгионы мужид Дэлхийн гүний үе давхаргын тогтцыг судалдаг. Тухайн долгионы урт болон орчны цахилгаан эсэргүүцлээс хамааран цахилгаан-соронзон орны нэвтрэх гүнийг тодорхойлох боломжтой. МТ арга нь цахилгаан-соронзон аргын нэг тул үндсэн тэгшитгэл нь Максвеллийн тэгшитгэлүүдийн шинж чанарт тулгуурлан давтамжийн мужид бичигддэг.

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (2.1)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{H} = 0 \quad (2.2)$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = i\omega\mu_0\mathbf{H} \quad (2.3)$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \sigma\mathbf{E} + i\omega\epsilon_0\mathbf{E} + \mathbf{j}_{ext} \quad (2.4)$$

Энд \mathbf{E} , \mathbf{H} ба \mathbf{j} -нь давтамжийн муж дахь комплекс утга бүхий спектрүүд, ба $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{A}^{-1}\text{m}^{-1}$, $\epsilon_0 = 8.8541878176 \cdot 10^{-12} \text{AB}^{-1} \text{m}^{-1}$ байх цахилгаан ба соронзон нэвтрэх чадварын тогтмолууд юм.

МТ судалгаанд, байгалийн гүйдлийн системийн цахилгаан-соронзон индукцийн үзэгдлийн тухай авч үзэх ба дэлхийн цахилгаан-соронзон судалгааны тандалтын давтамжийн мужид хүчирхэг дамжуулагч тул Тэгшитгэл 2.4 -ийн 2 дахь нөхцөл буюу шилжилтийн гүйдлийг зайлуулснаар:

$$\nabla \times \mathbf{H} = \sigma\mathbf{E} + \mathbf{j}_{ext} \quad (2.5)$$

Магнетотеллурикт, дээрх Тэгшитгэл 2.1 - 2.3 ба 2.5 тэгшитгэлүүдийн шийдийг 1-

D, 2-D ба 3-D дэлхийн хувьд тодорхойлдог. Тандалтын гүний физик шинж чанарыг үзүүлэхийн тулд 1-D үелсэн загварын дагуу цахилгаан ба соронзон орнууд нь ямар нэгэн хэвтээ гадаргын дагуу тогтмол байх ба гүн хязгааргүй тэмүүлэх үед цахилгаан соронзон орны далайц тэгт тэмүүлэн гэж төсөөлөх ба цаашлаад Дэлхий дотор цахилгаан цэнэгийн хуримтлал байхгүй тул Тэгшитгэл 2.1 тэгтэй тэнцүү болно.

Дээрх нөхцөлүүдэд тулгуурлан Тэгшитгэл 2.1 ба 2.5 нь:

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = 0 \quad (2.6)$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \sigma \mathbf{E} \quad (2.7)$$

Энд ротор оператор ($\nabla \times$)-ыг Тэгшитгэл 2.3-ын 2 талд бичиж Тэгшитгэл 2.6 ба 2.7-г хэрэглэснээр,

$$-\nabla^2 \mathbf{E} = i\omega\mu_0\sigma \mathbf{E} \quad (2.8)$$

Энд $k = \sqrt{i\omega\mu_0\sigma}$ нь туйлшралын тогтмол. Эндээс бид цахилгаан орны хувьд 1-D Гельмгольцын тэгшитгэлд хүрнэ.

$$\frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial z^2} + k^2 \mathbf{E} = 0 \quad (2.9)$$

Тэгшитгэл 3.9 -ийн шийд нь дараах хэлбэрээр олоход болно

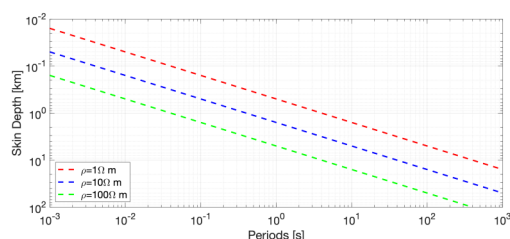
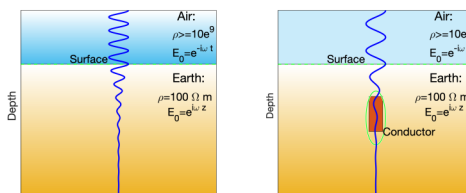
$$\mathbf{E}(z) = E' e^{ikz} + E'' e^{-ikz} \quad (2.10)$$

Тэгшитгэл 2.10 –ийн характеристик нь $Re(k) > 0$ ба $Im(k) > 0$ үед $E' e^{ikz} \rightarrow 0, z \rightarrow \infty$ ба $E'' e^{-ikz} \rightarrow \infty, z \rightarrow \infty$ байна.

Цахилгаан соронзон орны далайц гүн

хязгааргүйд тэмүүлэхэд тэгрүү тэмүүлэх тул Гельмгольцын тэгшитгэлийн ерөнхий шийд нь 1-D үелсэн Дэлхийн хувьд:

$$\mathbf{E}(z) = E' e^{ikz} \quad (2.11)$$



Зураг 1. Цахилгаан соронзон энерги дэлхийн гүн рүү нэвтрэх (дээд) ба нэвтрэх гүн өөр өөр үе ба эсэргүүцлүүдэд тодорхойлсон (доод).

Эйлерийн томьёоны тусламжтайгаар, МТ орны нэвтрэх гүн эсвэл өөрөөр скин гүнийг,

$$d_s = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu_0\sigma}} \quad (2.12)$$

тодорхойлох боломжтой. Энэ нь цахилгаан соронзон долгионы далайцын гүнээс хамаарах хамаарлыг илтгэх буюу долгионы туйлшрах чиглэлийн зайнаас хамааран цахилгаан орны далайц экспоненциалаар замхрахыг илтгэж байна.

Скаляр импеданс

Импеданс нь цахилгаан ба соронзон орны хоорондох хамаарлыг илтгэх давтамж хэмжилтийн байрлалаас хамаарсан физик параметр юм. МТ-д хугацааны цуваа анализын аргаар

ажигласан өгөгдлөөс Тодорхойлдог хэдий ч, МТ шууд бодлогын хувьд уг респонсийн физик шинжийг тодорхойлох шаардлагатай. Үүний тулд давхаргууд нь d_j зузаантай ба σ_j цахилгаан дамжуулах чадвартай ($j=1,2, \dots, N$) ширхэг хэвтээ үе давхаргууд бүхий Дэлхийн загварыг авч үзвэл, давхарга бүрд Гельмгольцын тэгшитгэл нь:

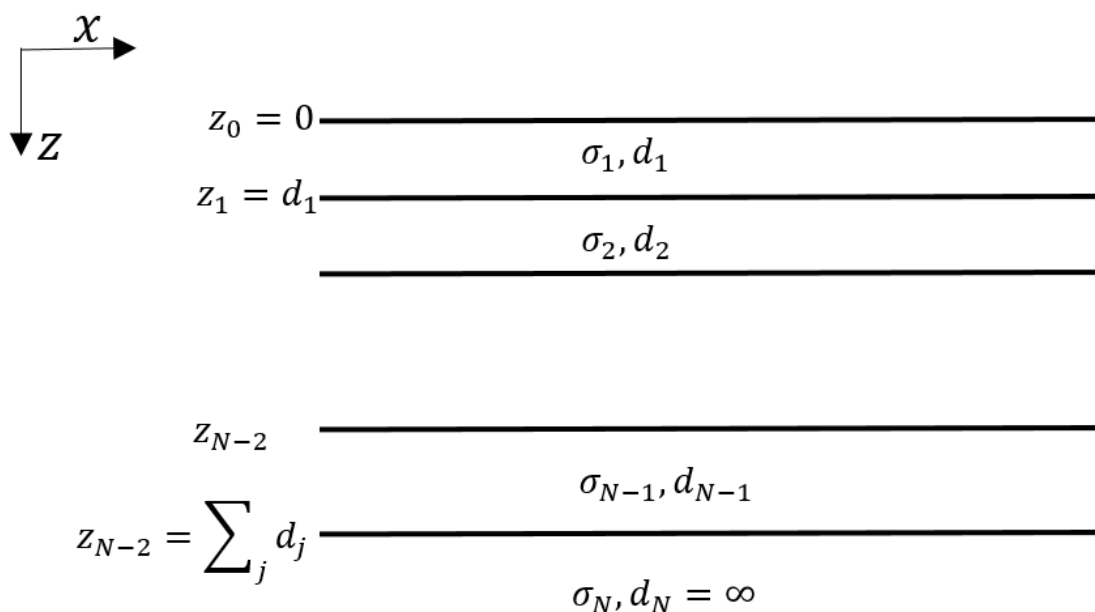
$$\frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial z^2} + k_j^2 \mathbf{E} = 0 \quad (2.13)$$

энд $z_{j-1} + 0 \leq z \leq z_{j-0}$, ба $k_j = \sqrt{i\omega\mu_0\sigma_j}$ мөн $z_j = \sum_{i=1}^j d_j$ -нь j - дугаар давхаргын дээд хэсэг хүртэлх гүн. Иймээс j - дугаар давхаргууд дахь Гельмгольцын тэгшитгэлийн шийд нь:

$$E_x(z) = E_{xj} e^{ik_j z} + E_{xj} e^{-ik_j z} \quad (2.14)$$

$$E_y(z) = E_{yj} e^{ik_j z} + E_{yj} e^{-ik_j z} \quad (2.15)$$

Цахилгаан ба соронзон орон хэвтээ



Зураг 2. 1-D үелсэн Дэлхийн загварын физик параметрууд

гадаргын дагуу тогтмол байх нөхцөл мөн Тэгшитгэл 2.3-ийг ашиглавал, E_x ба H_y мөн E_y ба E_x -ийн хамаарал нь:

$$H_x = -\frac{1}{i\omega\mu_0} \frac{\partial E_y}{\partial z} \quad (2.16)$$

$$H_y = \frac{1}{i\omega\mu_0} \frac{\partial E_x}{\partial z} \quad (2.17)$$

Эдгээр тэгшитгэлүүд 2.14 -эс 2.17 -нь нэг хэмжээст загвар Зураг 2 -ийн j - дугаар давхаргад хүчин төгөлдөр байна. Эндээс МТ импеданс нь цахилгаан ба соронзон орны хэвтээ байгуулагчдын хамаарлаар тодорхойлогдоно.

$$Z_{xy} = \frac{E_x(z)}{H_y(z)} \quad (2.18)$$

$$Z_{yx} = \frac{E_x(z)}{H_y(z)} \quad (2.19)$$

Импедансыг хэмжих нэгж нь нэгж гүйдэлд унах хүчдэл буюу Ом байна.

Импеданс ба фаз тензор

3-D МТ загварын хувьд, Дэлхийн үе давхаргуудын цахилгаан дамжуулах чадварын түгэлтийг бүх гурван координатын хувьд $\sigma \equiv \sigma(x, y, z)$ авч үздэг ба энд цахилгаан-соронзон үзэгдэл нь Максвеллийн системтэгшитгэлүүдийг бүрэн ашигладаг. Энэ нь Дэлхийн хувьд бодит боловч загварчлах ба үүний тайлал хийхэд хамгийн хэцүү алхмуудын нэг юм. 3-D МТ-д Тихнов-Каньярын скаляр МТ импеданс нь хоёрдугаар рангийн тензор хэлбэрт бичигддэг.

Импеданс тензор

Импеданс тензорын физик шалтгааныг илэрхийлхийн тулд, Дэлхийн гадаргаас дээш Z_c өндөр дэх гүйдлийн нягтаас үүсэх квази-нэгэн төрлийн, хэвтээ гадаад соронзон орон H_0 орныг дараах хэлбэрээр бичье:

$$j_{ext} = \hat{k} \times H_0 \delta(z - z_c) \quad (3.1)$$

Ингэснээр, Дэлхийн гадарга дээрх цахилгаан ба соронзон орны хэвтээ байгуулагчид нь:

$$E_h(r, \omega, \sigma) = K^e(r, \omega, \sigma) \cdot H_0(r, \omega) \quad (3.2)$$

$$H_h(r, \omega, \sigma) = K^m(r, \omega, \sigma) \cdot H_0(r, \omega) \quad (3.3)$$

Энд K^e ба K^m -нь 2 дугаар эрэмбийн комплекс тензорууд. Цаашлаад гадаад орон нь хэвтээ орноос шугаман бус

хамаарлаар үүсдэг $\det |K^m| \neq 0$, буюу K^m хувьсамтгай гэвэл

$$H_0(r, \omega) = K^m(r, \omega, \sigma) \cdot H_h(r, \omega, \sigma) \quad (3.4)$$

Дээрх тэгшитгэлийн шийдийг Тэгшитгэл Тэгшитгэл 4.2 -д орлуулан, хамаарлын

r, ω, σ параметрууд -ийг орхин бичвэл,

$$E_h = K^e (K^m)^{-1} \cdot H_h = Z \cdot H_h \quad (3.5)$$

Энд Z -ийг МТ -ын импеданс тензор гэж нэрлэдэг. Тэгш өнцөгт координатын системд, x -нь хойд, y -нь зүүн зүгт чиглэдэг ба тензор хэлбэрээр бичвэл,

$$Z = \begin{pmatrix} Z_{xx} & Z_{xy} \\ Z_{yx} & Z_{yy} \end{pmatrix} \quad (3.6)$$

Импеданс тензорыг гарган авахад ашигласан 2 дугаар эрэмбийн комплекс

тензорууд K^e ба K^m -нь орчны цахилгаансоронзон Гриний тензоруудтай холбогдох тул Импеданс тензор нь МТ тандалтын үндсэн мэдээллүүд болох үе давхаргын цахилгаан дамжуулах чадварын хэвтээ ба босоо чиглэлийн мэдээллийг агуулж байдаг. Мөн Импеданс тензор нь үе давхаргуудын геоцахилгаан чиглэл ба хэмжээсний тухай мэдээллийг агуулж байдаг. 1-D хэмжээст Дэлхийн хувьд, цахилгаан дамжуулах чадвар нь зөвхөн z чиглэлийн дагуу өөрчлөгдөх тул тензорын диагональ элементүүдийн утга тэгтэй тэнцүү байх ба хажуугийн диагональ элементүүдийн утга магнитуудын хувьд тэнцүү байх боловч чиглэлийн хувьд сөрөг байна.

$$Z_{xx} = Z_{yy} = 0$$

$$Z_{xy} = -Z_{yx}$$

2-D Дэлхийн хувьд, цахилгаан дамжуулах чадвар аль нэг хэвтээ чиглэл ба гүний дагуу өөрчлөгдөх тул диагональ утгууд тэгтэй тэнцүү байна.

$$Z_{xx} = Z_{yy} = 0$$

$$Z_{xy} \neq -Z_{yx}$$

3-D Дэлхийн хувьд цахилгаан дамжуулах чадвар бүх 3 байгуулагчдын дагуу өөрчлөгдөх тул, хэвтээ цахилгаан орон нь хэвтээ соронзон оронгоос бүрэн хамаарна.

$$Z_{xx} \neq Z_{yy} \neq Z_{xy} \neq -Z_{yx}$$

МТ Фаз тензор

МТ фаз тензор гэж нэрлэгдэх тензорыг 2004 онд Кальдвелл анх МТ -д оруулж ирсэн. Энэ нь импеданс тензорын бодит

ба хуурмаг хэсгүүдээр тодорхойлогддог.

$$\Phi = Re(Z)^{-1}Im(Z) \quad (3.7)$$

Фаз тензор нь бодит утгатай байх тул энэ нь гальваник дисторшноос үл хамаарна. Фаз тензорыг сингуляр утгаар задлах арга ашиглан задалснаар гурван скаляр инвариант ба нэг чиглэлийг тодорхойлдог.

$$\Phi = R^T(\alpha - \beta) \begin{pmatrix} \Phi_{max} & 0 \\ 0 & \Phi_{min} \end{pmatrix} R(\alpha - \beta) \quad (3.8)$$

Энд Φ_{min} ба Φ_{max} -нь сингуляр утгууд, β нь эргэлтийн өнцөг, ба α - нь Φ_{max} -ийн үндсэн тэнхлэгээс хазайх өнцөг бол R -нь эргэлтийн матриц. 2-D орчинд, цахилгаан дамжуулах чадварын түгэлтийн өнцөг $\alpha - \beta$ -нь геоцахилгаан чиглэлтэйг илэрхийлдэг.

Харин нормчилсон эргэлтийн өнцөг $\Psi = 2\beta$ -нь орчны хэмжээсийг илэрхийлэхэд ашигладаг. Фаз тензорыг тодорхойлон зурагласнаар МТ өгөгдлийн далайцын шилжилтийн шалтгааны ойлгох боломжтой ба геоцахилгаан чиглэлийг тодорхойлох боломжтой. Мөн цаашлаад Дэлхийн цахилгаан дамжуулах чадварыг 3-D загварыг ФТ-ын утгаар тодорхойлох нь бага хэмжээний дамжуулагч биетийн үзүүлэх нөлөөг арилгаж загварын чанарыг сайжруулдаг.

Синтетик тест

МТ аргын үндсэн өгөгдөл импеданс юм. Импеданс нь Дэлхийн гүний цахилгаан дамжуулах чадварын гүнээс хамаарсан түгэлтийн мэдээллийг агуулж байдаг Тэгшитгэл 2.18. Практикт, МТ хэмжилтийн үед цахилгаан соронзон орны моментыг өөрчлөлтийг Дэлхийн гадаргын дурын цэгт бүртгэж байдаг тул, Дэлхийн гадарга дээр бүртгэгдэх МТ импеданс нь хэрхэн Зураг 2 -д

өгөгдсөн геоцахилгаан параметруудтэй холбогдох талаар авч үзэх нь чухал юм.

Уг хамаарлын үндсэн тэгшитгэлийг Ваттын давталтад томьёо гэх бөгөөд дараах байдгаар бичигдэнэ.

$$Z(z_{j-1}) = \frac{\omega \mu_0 e^{-2ik_j d_j} K_j + 1}{k_j \omega \mu_0 e^{-2ik_j d_j} K_j - 1}, \quad (3.9)$$

$$j = N - 1, N - 2, \dots, 1,$$

энд,

$$K_j = \frac{\frac{k_j}{\omega \mu_0} Z(z_j) + 1}{\frac{k_j}{\omega \mu_0} Z(z_j) - 1} \quad (3.10)$$

Тухайн импедансын Тэгшитгэл 3.9 -нь 1-D Дэлхийн хувьд биелэх ба Үүнийг Тихонов-Канъярын импеданс (Tikhonov, AN 1950) гэж нэрлэдэг.

МТ импеданс нь 1-D Дэлхийн хувьд хэрхэн авч үздэг болохыг ойлгохын тулд өндөр эсэргүүцэл бүхий орчны физик параметруудийг нам давтамжийн нөхцөлд тайлбарлавал:

Дэлхийн гадаргаас доош d_1 км зузаан, σ_1 цахилгаан эсэргүүцэлтэй бүхий ба $\sigma_2 = 0$ эсэргүүцэл бүхий $d_2 = \infty$ зузаан бүхий 2 нэгэн төрлийн давхаргатай орчин авч үзвэл, нам давтамын үед Дэлхийн гадарга дээрх бүртгэгдэх импедансын утга нь $S = S_1 + S_2$ урвууу хамааралтай байна (J.S. Kaufl et al., 2020). Энд

$$S = S_1 + S_2 = \sigma_1 d_1 + \sigma_2 d_2 \quad (3.11)$$

буюу

$$Z(Z = 0, \omega \rightarrow 0) \approx \frac{1}{S} \quad (3.12)$$

Зураг 3.1 -д $d_2 = 2$ км зузаантай $\sigma_1 = \frac{1}{1000}$ С/м дамжуулах чадвартай ба $d_2 = \infty$ зузаантай $d_2 = 0$ дамжуулах чадвар бүхий орчны 128 - 0.001 Гц бүхий давтамжид үзүүлэх респонсийг үзүүлсэн.

Уг синтетик загвар нь харилцан

адилгүй геоцахилгаан параметрууд бүхий 1-D Дэлхийн үе давхаргуудын МТ тандалтын давтамжид үзүүлэх респонсын физик шалтгааныг тайлбарлаж болно. Импепанс тензор нь комплекс хавтгайд тодорхойлогдох тул түүний бодит хэсгээр төлөөллийн эсэргүүцэл (Зураг 3, дээд) ба хуурмаг ба бодит хэсгийн тангенс өнцгөөр импедансийн фазыг (Зураг 3.1, дунд) хялбархан тодорхойлж болно.

$$\rho_a = \frac{|z|^2}{\omega \mu_0}, \quad \phi = \tan^{-1} \left(\frac{\text{Im}(Z)}{\text{Re}(Z)} \right) \quad (3.13)$$

Төлөөллийн эсэргүүцэл болон импедансийн фаз нь МТ тандалтын аргын үндсэн физик параметрууд юм. МТ тандалтад, эдгээр физик хэмжигдэхүүнүүдэд тулгуурлаж Дэлхийн үе давхаргуудын цахилгаан дамжуулах чадварын түгэлтийг тодорхойлдог. дээр авч үзсэн синтетик загвар нь Дэлхийн гүний цахилгаан дамжуулах чадварын нэг хэмжээст буюу зөвхөн гүнээс хамаарсан түгэлтийн шалтгааныг нэгэн төрлийн орчинд тайлбарласан. Гэсэн хэдий ч Дэлхийн нь нэгэн төрлийн бус ба нэг хэмжээст биш тул 3-D бодит Дэлхийн хувьд МТ респонс хэрхэн ажилладаг талаар авч үзэх шаардлагатай.

1-D МТ хэмжилтийн загвар

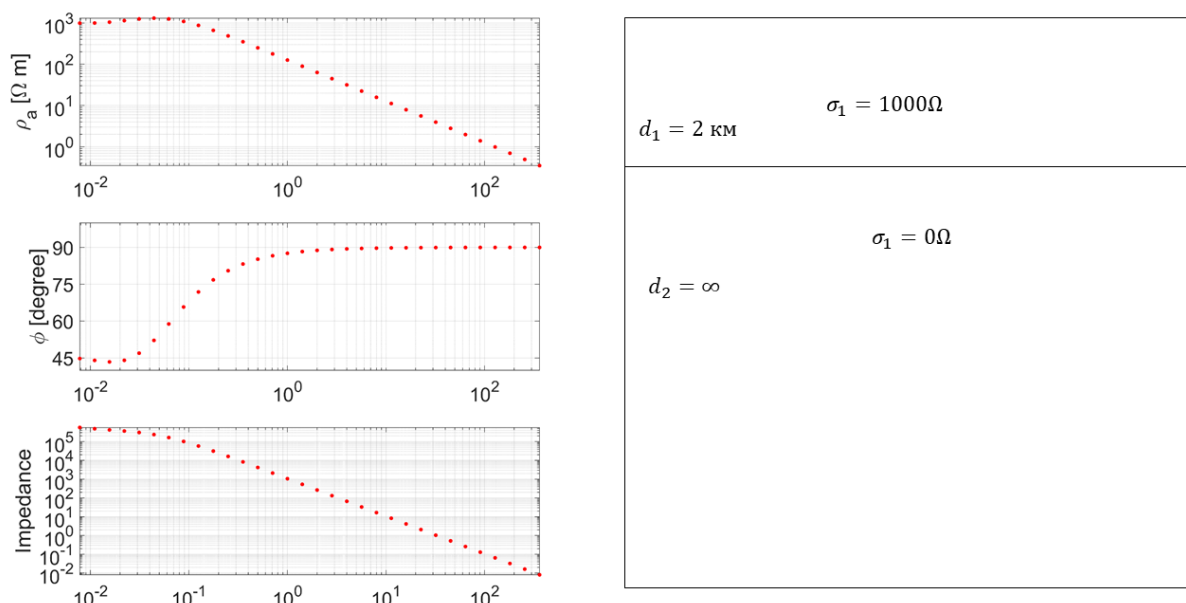
Энэ ажилд, Архангай аймгийн Цэнхэр суманд хийгдэж буй МТ хэмжилтийн өгөгдөлөөс бүхий импеданс тензорыг сонгон авч ашигласан.

Хангай ба Говь-Алтай нуруурын бүс нутгийн МТ судалгааны ажил 2016-2018 -онд хийгдэж дууссан, уг судалгааны ажлын хэмжилтийн өгөгдөл нь Хангайн нурууны гүн нь ойролцоогоор 15 км хүртэлх зузаан бүхий эсэргүүцэгч орчин бүхий Урьд Кеймбрийн каратоник блокоос тогтосн болохыг харуулсан (Berdichevsky, MN, & Dmitriev, VI (2008)). Иймээс цахилгаан-соронзон долгионы нэвтрэх гүнийг Тэгшитгэл 3.13

авч үзвэл, Царцдасын зузааныг бүрэн тандахын тулд МТ сигналын тандалтын үе нь 100 секунд хүртэл байх нь хангалттай гэж үзэн, 2019 оны хээрийн ажлын хэмжилтээр нийт 184 цэгт МТ хэмжилт хийсэн. Хэмжилтийн цэг бүр дээр импеданс тензорыг робастын регрессийн алгоритм ашиглан (Э. Батмагнай, Ү.Сүхбаатар 2016, Э. Батмагнай ба бусад 2017, Batmagnai E, Tsegmed, et al., 2019) импеданс тензорыг тодорхойлсон.

Олон цэгийн өгөгдөл ашиглан тухайн орчны 1-D цахилгаан дамжуулах чадварын загвар тодорхойлохын тулд, импеданс тензоруудын квадрат нийлбэр буюу SSQ -импедансийг ашигласан. Энэ нь мөн төлөөллийн эсэргүүцлийн статик шилжилтийг ойлгох улмаар бүх цэгүүдэд тодорхойлогдсон SSQ импедансуудын геометр дунджийг авснаар шилжилтээс үл хамаарсан скаляр импедансийг тандалтын үе гарган авч чадсан (Зураг 4). Уг импедансийг ашиглан Дэлхийн гүний МТ нэг хэмжээст загварыг тодорхойлохын тулд шууд бодлогын хувьд Ваттын давталтад томьёо Тэгшитгэл 3.9 ба Гаусс-Ньютоны алгоритмыг ашигласан. Анхны загвар нь нэгэн төрлийн эсэргүүцэл бүхий 10 давхарга бүхий загвараас бүрдсэн. Уг анхны загварт оруулсан давхаргын гүн болон цахилгаан эсэргүүцлийг ажигласан өгөгдлийн тандалтын үе ба эсэргүүцлийн далайцаас цахилгаан соронзон долгионы нэвтрэх гүн Тэгшитгэл 2.12 ба бүх үед дээр тодорхойлогдсон эсэргүүцлийн геометр дунджаар бодон анхны загварт параметр олгосон. Учир нь Гаусс-Ньютоны арга нь градиентад тулгуурласан аргын хувьд анхны загвараас ихээхэн хамаарч минимум утга уруу дөхдөг.

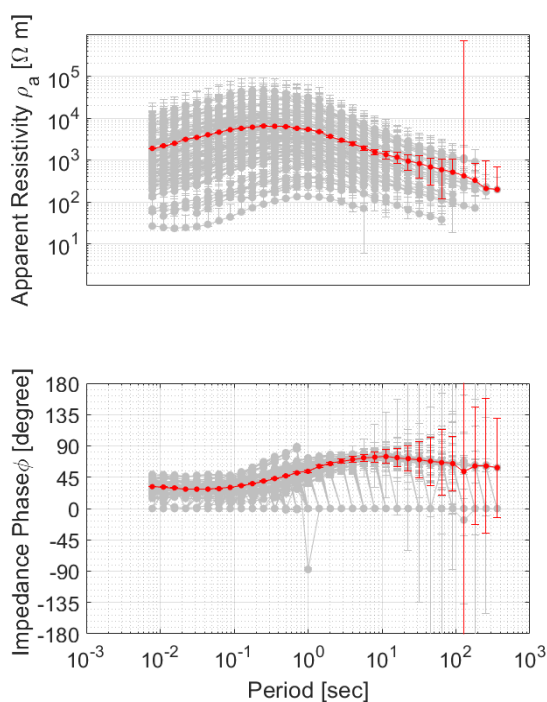
Урвуу бодлогын объектив функцийг өгөгдлийн муж ба загварын мужаас хамааруулан дараах байдлаар тодорхойлсон.



Зураг 3. 2давхарга бүхий дэлхийн үеэлсэн давхарага бүхий загвар ба түүнд харгалзах респонс

$$V = |W_d(d_{pred} - d_{obs})|^2 + \gamma^2 |H(z)|^2 \quad (3.14)$$

Энд W_d -нь өгөгдлийн алдаануудаас бүрдэх диагональ матриц, d_{pred} ба d_{obs} -нь онолын ба ажигласан өгөгдөл, γ -нь



Зураг 4. Бүх цэг тодорхойлогдсон SSQ импедансийн муруй (саарал), ба геометр дундаж (улаан муруй)

загварын нарийвчлалтай хамаарах регуляцийн параметр (гараас тодорхойлно) ба H -Hessain гэж нэрлэгдэх дифференциал матриц (уг матриц нь загварын шинэчлэлийг илэрхийлэх бөгөөд дифференциалыг төгсгөлөг ялгаврын аргаар тодорхойлсон).

Урвуу бодлогын үр дүнд гарган авсан хамгийн сайн дөхөлттэй загварт Зураг 3.2 нийт 172 итерацийн дараагаар (RMS < 0.1) хүрсэн бөгөөд объектив функцийн угта 354-0.6 болж багассан. Уг загварт $\epsilon=0.1$ байхаар сонгон авсан. Загвараас харахад, бидний бүртгэн авсан МТ респонсийн тандах гүн нь ~ 40 км хүрч байгаа нь Хангайн нуруу орчмын царцдасны үе давхаргуудын цахилгаан дамжуулах чадварын түгэлтийг тодорхойлоход хангалттай юм. МТ хэмжилтийн өөр нэгэн давуу тал 40 км гүн хүртэл тандах сигналыг үүсгүүр орны төлөв байдлаас хамааран 2-36 цагийн тасралтгүй хэмжилтээр бүртгэн авах боломжтой байдал юм.

Хэлэлцүүлэг ба Дүгнэлт

Монгол орны геофизикийн салбарын дунд харьцангуй залуу гэж хэлж болох

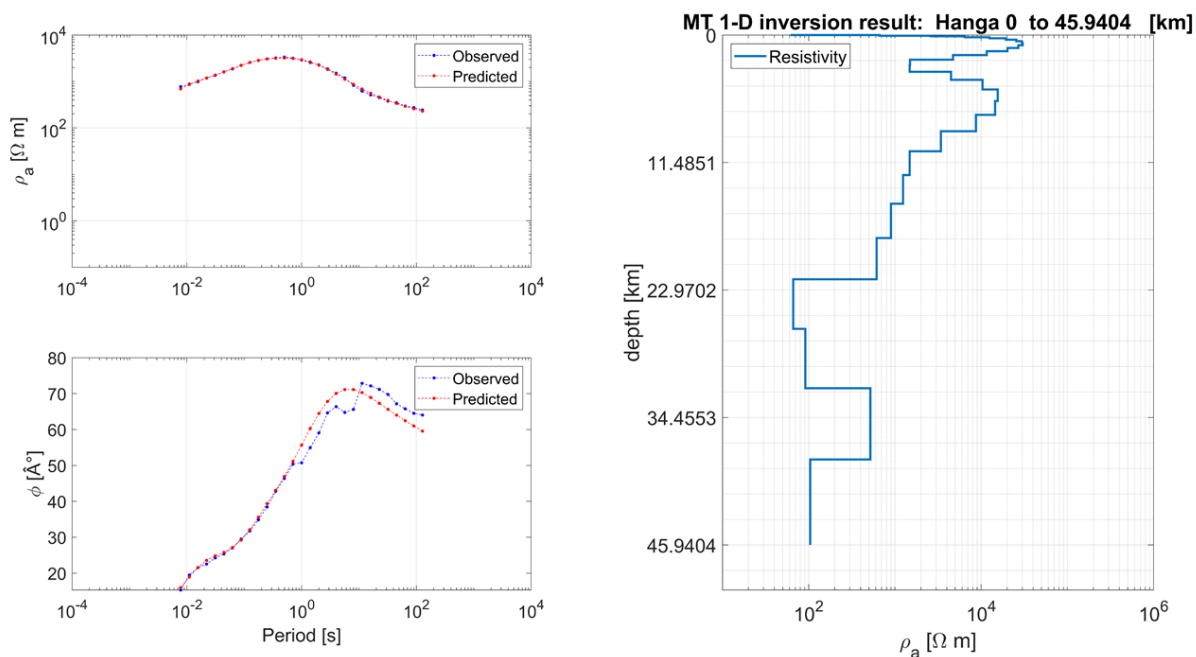
МТ аргын ард нуугдаж буй физик шинж чанар, түүний хэрэглээг онолын загвар ба бодит өгөгдөлд тулгуурлан энэ ажилд талбарлан оруулж өгсөн. Энэ нь уг салбарыг цаашид Монгол улсад илүү дэлгэрүүлэн хөгжүүлэхэд нэмэр болно гэдэгт найдаж байна. Гео-шинжлэх ухааны салбарын зарим асуудлуудын хувьд МТ-ын тензоуд ба тэдгээрт агуулагдаж буй гео-цахилгаан параметруудийн шууд зураглалаар тайлбарлах боломжтой болохыг мөн ажлаар харуулсан.

МТ аргын онолын хувьд, Максвеллийн систем тэгшитгэлүүдийн бүрэн гаргалгаа нэг болон нэг бус хэмжээст нөхцөлд хийхэд тулгуурладаг тул цаашид 3-D инверсийн программ хангамж бүтээхийн тулд тооцон бодох математикт тулгуурласан параллель тооцооллын алгоритм хөгжүүлэх түүнд шаардагдах тооцооллын ашинтай болох нь ганц энэ салбар бус гео-шинжлэх ухааны бүхий л салбарын хувьд зайлшгүй шаардлагатай болоод буй юм.

Зохиогч нь энэ ажлын 2,3 дугаар бүлгүүдэд авч үзсэн МТ-ын онолын

бодлогыг аналитик болон тооцон бодох математик арга ашиглан 1-D орчинд загварчлах алгоритм хөгжүүлэн МТ-ын үндсэн ойлголт болох импеданс тензорыг тодорхойлон, 1-D урвуу бодлого зохион бодсон үр дүнг энэ ажилд нэгтгэн оруулсан. Гэсэн хэдий ч уг ажлын хязгаарлагдмал болон сул тал нь тооцоолон бодох машины чадалтай уяалдан нэгээс дээш хэмжээст орчны загварын талаар энэ ажилд тусгаж өгөөгүй нь юм. Нэгээс дээш хэмжээсийн хувьд тооцон бодох машины чадамжийг нэмэгдүүлэх, загварчлалын алгоритм хөгжүүлэх судалгааны ажил хийгдэж байна.

Судалгааны ажлын хүрээнд технологийн бэрхшээлээс үл хамааран 1-D МТ загварын шийдийг өндөр нарийвчлалтайгаар тодорхойлох боломжтой болсон уг судалгааны ажлын давуу тал юм. Энэ нь практикийн хувьд, хэрвээ цэг хоорондох зайг ойр байхаар сонгон хэмжилт хийж цэг бүрд 1-D загвар зохион нэгтгэх замаар геологи-геофизикийн даалгаврыг төвөггүй гүйцэтгэх боломжоор хангана.



Зураг 5. Урвуу бодлогын үр дүн: ажигласан ба загварын респонс (зүүн гар тал), 1-D МТ загвар 45 км хүртэлх (баруун гар тал)

Дараа дараагийн судалгааны ажлуудаар, 2 ба 3 хэмжээст МТ загварын тооцон бодох математик аргууд тэдгээрийн гаргалгаа алдааны хоорондох харьцуулсан судалгаа хийх нь цаашид, МТ аргын онол ба практикийн асуудлуудыг бүрэн шийдвэрлэж, цаашид судалгаанд ашиглах стандарт алгоритм ба программ хангамжтай болоход нэг шат дөхөх юм.

Эцэст нь геофизикийн загварчлалын үндсэн алхам болох урвуу бодлогын шийдийг олоход хэрэглэх чухал алхамуудын нэг болох шууд бодолт буюу онолын бодлогыг бодоход шаардагдах МТ -ын физик параметр болох импеданс тензорын физик үндэслэлийг энэ ажилд тайлбарласан ба улмаар 1-D МТ урвуу бодлогын алгоритм зохиож хэрэглээнд нэвтрүүлсэн нь энэ ажлын үндсэн давуу тал болсон гэж дүгнэж байна.

Ном зүй:

Э. Батмагнай, Ү. Сүхбаатар., (2016), “Цахилгаан соронзон тандалтын сигнал боловсруулалтын арга”. Хүрэл тогоот- 2016 хурлын сэтгүүл.

Э. Батмагнай, Ү. Сүхбаатар, С.Ганцогт, Т.Батбилэг, (2017)., “MAG-MTT соронзон оргил дахь ЛЕМИ-418 магнетотеллурикийн станцын мэдээлэл боловсруулалт: 1. Хугацааны цуваанаас импеданс тензрыг тодорхойлох”. Геофизик ба Одон орон сэтгүүл, № 4, Улаанбаатар, 2017, 84-92 хуудас

Batmagnai E, Tsegmed, et al., (2019) “A pilot geomagnetic and magnetotelluric survey in Mogod area of Eastern Hangai”. Mongolia." Proceedings of the Mongolian Academy of Sciences (2019): 71-81.

<https://doi.org/10.5564/pmas.v59i2.1220>

Berdichevsky, MN, & Dmitriev, VI (2008). “Models and methods of magnetotellurics”. pringer Science & Business Media.

J.S. Kaufl et al., (2020), “Magnetotelluric multiscale 3-D inversion reveals crustal and upper mantle structure beneath the Hangai and Gobi-Altai region in Mongolia”. Geophysical Journal International, <https://doi.org/10.1093/gji/ggaa039>

Tikhonov, AN (1950). “On determining electric characteristics of the deep layers of the Earth's crust”. Dolk. Acad. Nauk. SSSR , 73 , 295-297.

Abstract. In this study, the physical principle of the Magnetotelluric method, which a main technique of the deep electromagnetic study, is explained. Here, to explain MT the method, we considered Maxwell's equations and its solution in 1D, 2-D and 3-D Earth medium. The resulting is the impedance and its tensor obtained by 1-D synthetic test model and real data. Hence, I conclude that this study is significant in theory and practice.

Key words: *Geoelectric, Impedance*

КОРРЕЛЯЦИЙН ШИНЖИЛГЭЭГЭЭР ТЭСЭЛГЭЭНИЙ СИГНАЛЫН ИЖИЛ ТӨСТЭЙ БАЙДЛЫГ ҮНЭЛЭХ НЬ

Л.Тунгалаг А.Дөлгөөн

ШУА-ийн Одон орон, Геофизикийн хүрээлэн

tungalag@iag.ac.mn

Хураангуй. Хүний үйл ажиллагааны нөлөөгөөр үүсгэгдэх чичирхийллийн сигналуудыг байгалийн гаралтай хөдлөлтийн сигналаас ялгах нь сейсмологийн суурь судалгаанд чухал ач холбогдолтой. Монголын нутаг дэвсгэрт тогтмол үйл ажиллагаа явуулдаг Эрдэнэт, Багануур, Шарын гол, Шивээ-Овоо, Нарийн сухайт, Оюу толгой, Таван толгой зэрэг томоохон уурхайнуудын тэсэлгээний мэдээллийг Үндэсний Мэдээллийн Төвийн тэсэлгээний мэдээллийн санд оруулж байна. Харин тогтмол үйл ажиллагаа явуулдаггүй бичил уурхай, карьерт хийгдсэн тэсэлгээний сигналыг газар хөдлөлтөөс ялгах нь ихээхэн хүндрэлтэй байсаар байна. Иймд нэг үүсгүүрээс үүсгэгдсэн байж болох сигналын шинж чанар, ижил төстэй байдлыг үнэлэх корреляцийн шинжилгээний арга зүйг ашиглан URGM ба HOIM станцад бүртгэгдсэн сул газар хөдлөлтөөс тэсэлгээг ялгах судалгааны ажлын анхан шатны үр дүнг товч танилцуулав.

Түлхүүр үг: тэсэлгээ, корреляци

Оршил

Хүний үйл ажиллагааны нөлөөтэй үүсгэгддэг чичирхийллийн мэдээллийг газар хөдлөлтийн мэдээллээс таньж, ялгаснаар газар хөдлөлтийн үндсэн суурь мэдээллийн санг бүрдүүлдэг. Тэсэлгээний байрлал тодорхой байдаг нь газар хөдлөлтийн үндсэн параметруудийг нарийвчлан тооцоход онцгой ач холбогдолтой юм.

Уул уурхайн үйлдвэрлэл нь Монгол орны тэргүүлэх салбар болон хөгжиж байгаа учир идэвхтэй үйл ажиллагаа явуулдаг томоохон уурхайнуудын тэсэлгээний сигнал, мөн элс, хайрганы карьерын тэсэлгээ, замын ажлаас үүссэн байж болох чичирхийллийн сигналыг тогтмол бүртгэн авч Үндэсний Мэдээллийн Төвийн (ҮМТ) мэдээллийн санг бүрдүүлдэг. 2019-2020 онд хүний үйл ажиллагааны нөлөөгөөр үүссэн байж болох 5000 гаруй сигналыг бүртгэн авсан байна (Зураг 1).

Тэсэлгээг газар хөдлөлтөөс ялгахдаа сигналын эхлэлийн тэмдэг (+/-),

бүртгэгдсэн хугацаа (t_0), магнитуд (M) зэрэг үндсэн параметруудийг өргөн хэрэглэдэг. Хөдлөлтийн магнитуд маш сул байх нь тэсэлгээний хувьд дээрх үндсэн параметруудийг хэрэглээд тэсэлгээг ялгахад хүндрэлтэй байдаг.

Судалгааны арга зүй

Байгалийн гаралтай тектоник газар хөдлөлт нь долгионы чиглэл бүрд өөр өөр далайц ба туйлшралыг үзүүлдэг бол тэсэлгээ нь бүх чиглэлд шахалтын нэгэн төрлийн гадагш чиглэсэн анхны шилжилт хөдөлгөөнийг бий болгодог (Зураг 2) (Jacobs, 2005).

Энэхүү физик шинж чанарыг ашиглан тэсэлгээний сигналын хувьд корреляцийн шинжилгээний аргыг ашиглан газар хөдлөлтөөс ялгах боломжтой байдаг. Хоёр долгионы ижил төстэй байх тоон үзүүлэлтийг $x(t)$ ба $y(t)$ гэсэн хоёр сигналын хоорондох харьцуулалтаар кросс-корреляцийн функцийг ашиглах замаар (1) томъёогоор тооцоолно (Jens Havskov, 2010).

$$\Phi_{xy}(\tau) = x(t) \otimes y(t) = \int x(t)y(t+\tau)dt \quad (1)$$

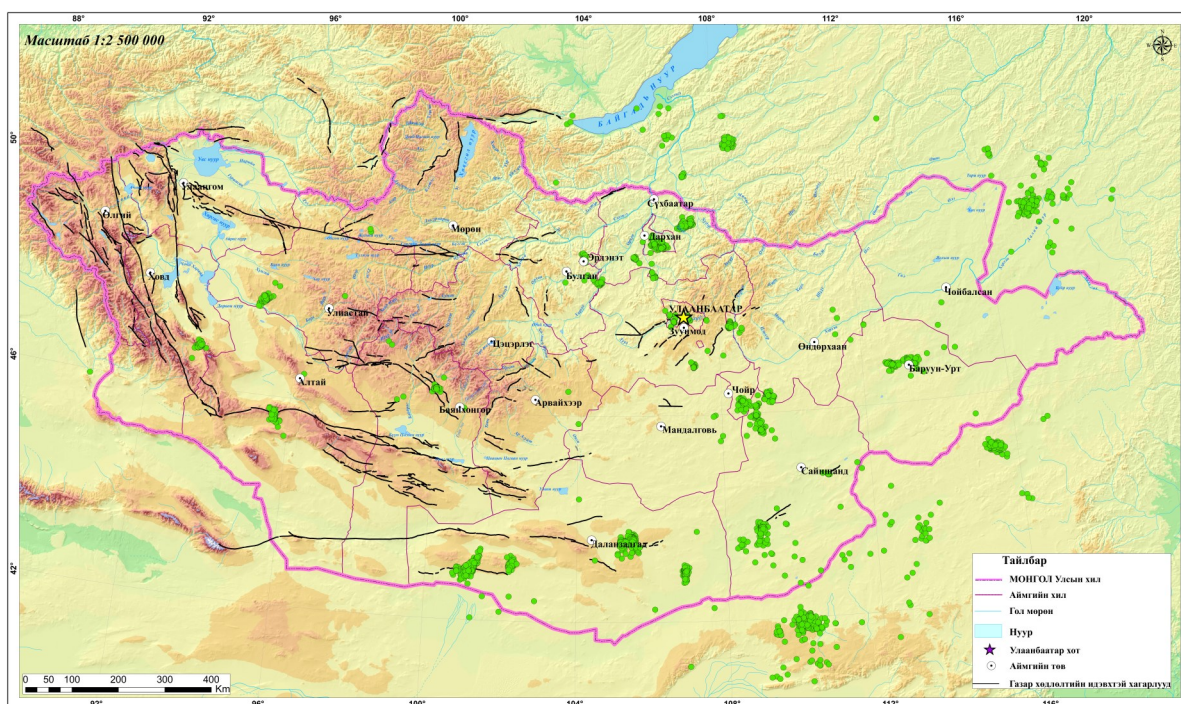
Энд “ \otimes ” нь хамаарлын операторыг тэмдэглэсэн, $x(t), y(t)$ - хугацаат цуваа, τ - корреляцийн функц, $\Phi_{xy}(\tau)$ - корреляцийн тоон дараалалын ерөнхий гишүүн.

Хосын буюу хоёр сигналын корреляцийн шинжилгээ нь хоёр тоон үзүүлэлтийн хоорондын шугаман

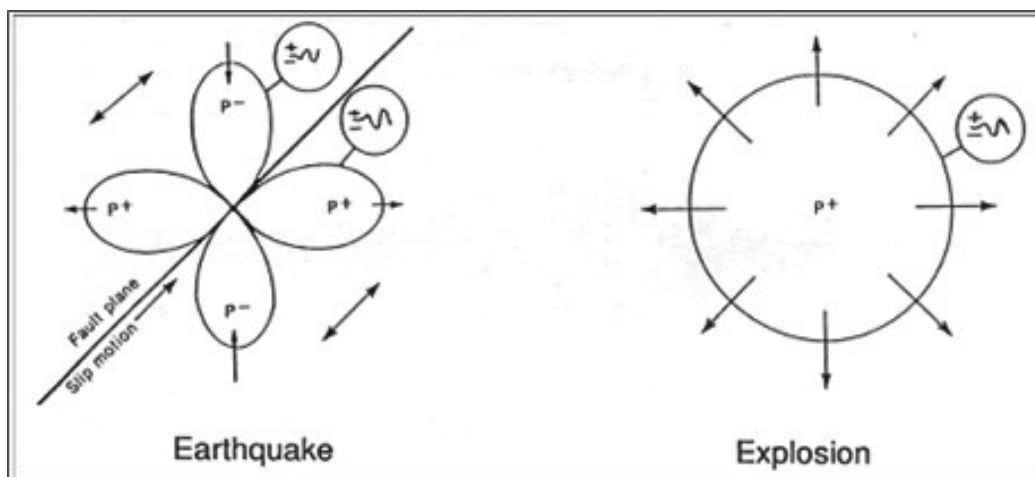
хамаарлын зэргээр тодорхойлогдоно. Ижил хэмжээтэй хоёр сигнал өгөгдөхөд Корреляцийн коэффициентыг (2) томъёогоор тооцно [3].

$$r = r_{xy} = \frac{Cov(x,y)}{\sqrt{Var(x) \cdot Var(y)}} \text{ буюу } r_{xy} = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\delta_x \delta_y} \quad (2)$$

Энд $Cov(x,y)$ -х,у үзүүлэлтийн ковариаци, $Var(x)$ - х үзүүлэлтийн вариаци, $Var(y)$ - у үзүүлэлтийн вариаци, Корреляцийн коэффициентын тоон утга [1; -1] хязгаарт хэлбэлзэнэ.



Зураг 1. 2019 онд бүртгэгдсэн тэсэлгээний тархалт



Зураг 2. Газар хөдлөлт болон тэсэлгээнээс үүсэх долгионы анхны шилжилтийн чиглэл

Корреляцийн коэффициентын утгаас хамааруулан түүний зэргийг дараах байдлаар ангилдаг байна.

- * $0=|r|<0.5$ - сул
- * $0.5=|r|<0.75$ - мэдэгдэхүйц
- * $0.75=|r|<0.9$ - нягт
- * $0.9=|r|<1$ - хүчтэй
- * $|r|=1$ - төгс

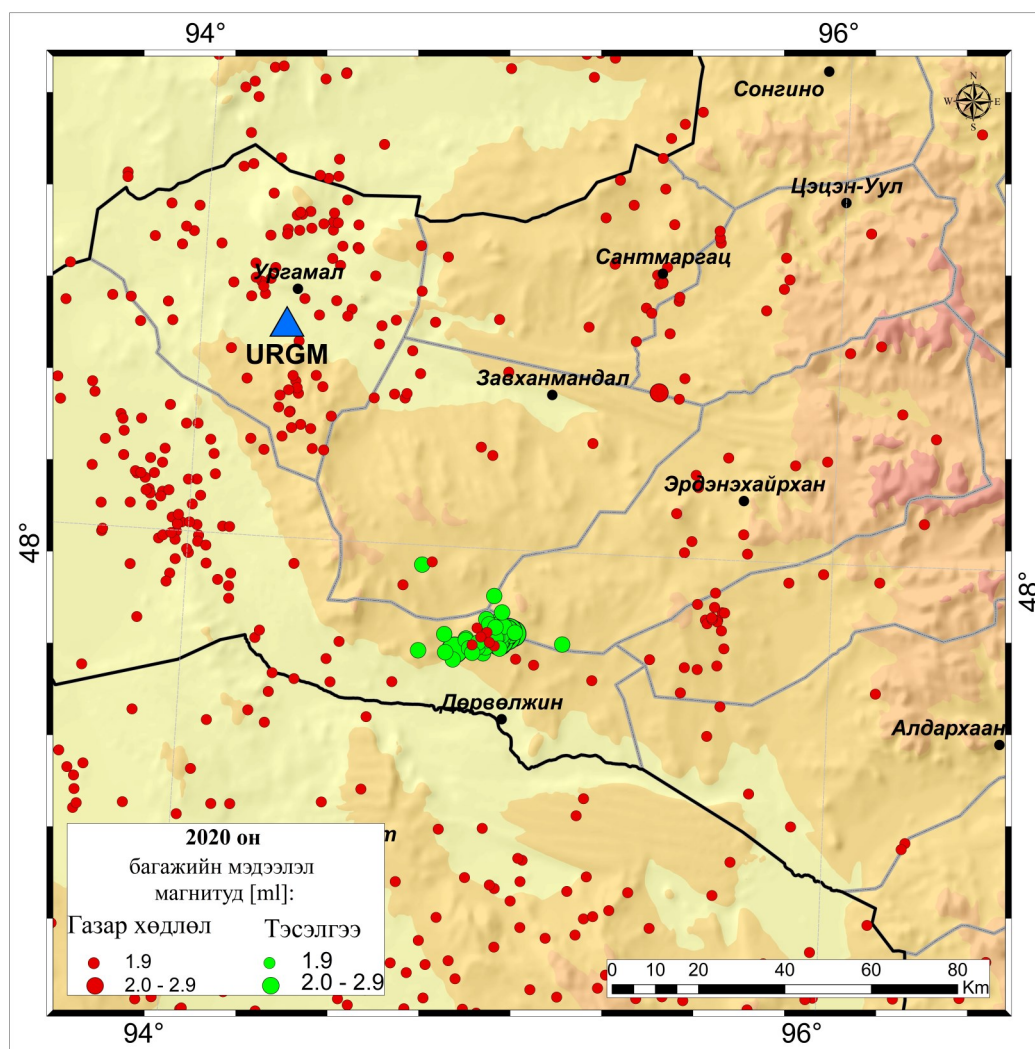
буюу функцийн хамааралтай гэж тус тус ангилах бөгөөд тэдгээрийн хоорондын хамаарлыг харуулна.

Мэдээллийн сан бүрдүүлэлт ба боловсруулалт

Тэсэлгээний талбайд бүртгэгдсэн сулавтар хөдлөлтийн сигналуудад корреляцийн аргаар үнэлгээ хийж газар хөдлөлт ба тэсэлгээг ялгах арга зүйг боловсруулах зорилго тавин ажиллав.

Уг судалгааны ажилд ҮМТ-д боловсруулсан мэдээллийн сангаас 2020 оны эхний хагас жилийн мэдээллийг авч ашигласан. Үүнээс Завхан аймгийн Дөрвөлжин сумын нутагт байрлах Баян-Айргийн уурхай орчимд нийт 87 сулавтар хөдлөлт болсноос 80 нь Улаанбаатарын цагаар 18 цаг 20 минутын орчим болсон байна (Зураг 3).

Нийт бүртгэгдсэн мэдээллээс магнитуд $m_l=1.0$ ба түүнээс их, URGM болон HO1M станцуудад зэрэг бүртгэгдсэн байх 16 сигналыг сонгон авч анализ хийсэн. Тухайн хөдлөлтүүдийн эпицентрийн зай (үүсгүүрээс станц хүртэлх зай) нь хамгийн ойрын газар хөдлөлтийг бүртгэх URGM станцаас 87.5 км байв. Нэг хөдлөлтийн хувьд

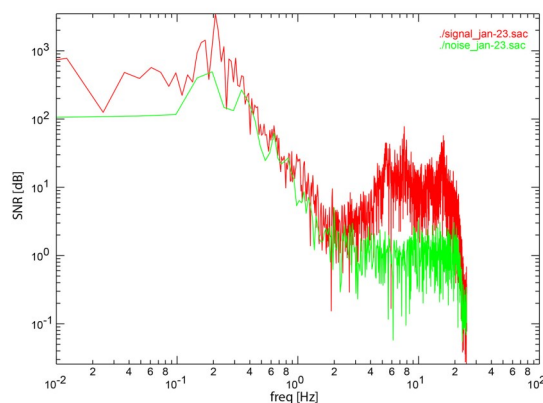
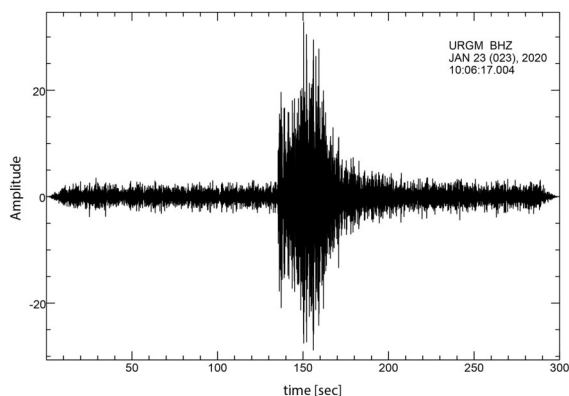


Зураг 3. Завхан аймгийн нутаг дэвсгэрт бүртгэгдсэн хөдлөлтийн тархалт

эпицентрийн зайнаас хамаарч корреляцийн коэффициент нь хэрхэн өөрчлөгдөж байгааг тодорхойлохын тулд НО1М станцын мэдээллийг мөн ашигласан болно. НО1М станцын хувьд эпицентрийн зай нь 250 км байна.

Нэг үүсгүүрээс үүсгэгдсэн сигналын хувьд давтамжийн хязгаар нь ижил

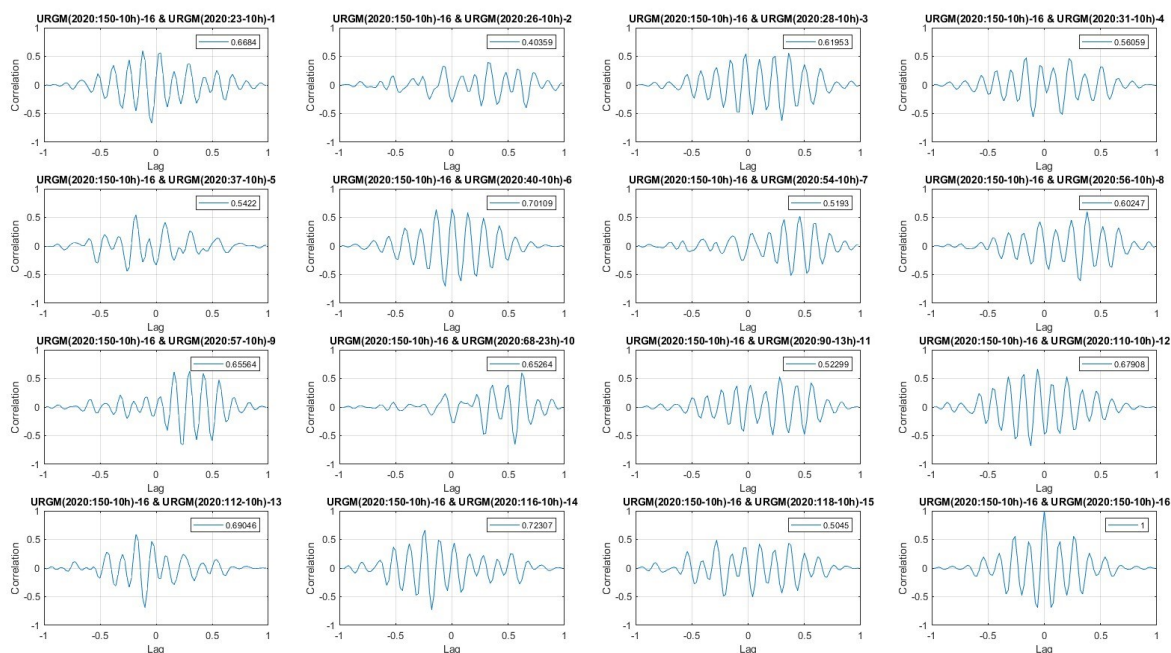
утгатай гэж үзээд дээрх 2 станцын хувьд бүртгэгдсэн сигналын давтамжийн хязгаарыг сигнал ба шуугианы харьцаагаар тодорхойлов. Анализын үр дүнгээс харахад хөдлөлтийн сигналын бүртгэгдэх давтамжийн хязгаар нь URGM станцын хувьд 4-10 Гц (Зураг 4) НО1М станцын хувьд 4-8 Гц байв.



Зураг 4. URGM газар хөдлөлт бүртгэх станцад бүртгэгдсэн хөдлөлтийн сигнал болон сигнал-шуугианы харьцаа

Анхны шилжилтийн тэмдгийг анхдагч Р төрлийн долгионы эхлэлээр (+/- тэмдэг) авдаг тул Р долгионы хувьд сигналын уртыг сонгон корреляци хийсэн (Монгол улсын үндэсний статистикийн газар, 2007).

URGM станцын хувьд 1 секундын урттай долгионы хувьд корреляцийн коэффициентын тоон утга $r=0.4-0.7$ хооронд байсан. Энэ нь тухайн сигналууд мэдэгдэхүйц хамааралтай болох нь харагдаж байна.



Зураг 5. URGM станцад бүртгэгдсэн 2020-05-29-ний сигналыг эталон болгон бусад сигналтай корреляци хийсэн байдал (сигналын урт 1 сек)

Харин НО1М станцын хувьд корреляцийн коэффициентын тоон утга $r=0.5$ ба түүнээс бага болж буурсан.

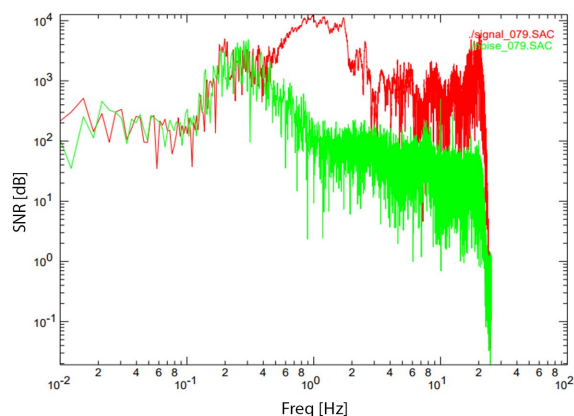
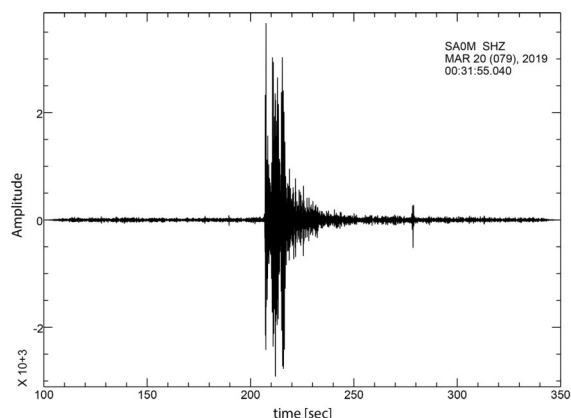
Энэ нь сигналын корреляцийн коэффициентын тоон утга бүртгэгдсэн хөдлөлтийн эпицентрийн зайнаас хамаарч байж болох юм. Иймд энэхүү зайны хамаарлыг шалгахын тулд ойрын зайн станцын сигналд анализ хийж үр дүнг гаргав.

Үр дүн

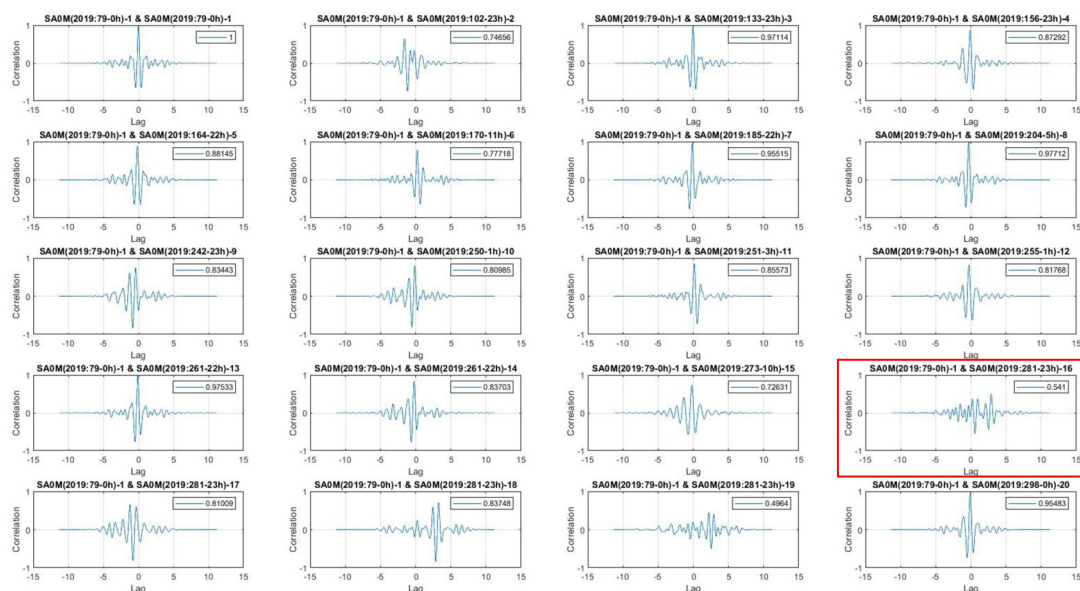
Корреляцийн коэффициент нь хөдлөлтийн эпицентрийн зайнаас хамаарах зүй тогтлыг шалгахын тулд

сонгож авсан URGM (87.5км), НО1М (250км) станцуудаас бага зайд байрлах SONM (30 км) станцыг ойрын зайны үүсгүүр болгон сонгон авч дээрх арга зүйг ашиглан тооцооллыг хийж гүйцэтгэв (Зураг 6).

SONM станцын хувьд бүртгэгдсэн сигналуудын давтамжийн хязгаар нь 0.4-2 Гц байсан бөгөөд корреляцийн коэффициентын тоон утга нэг сигналын (2019-10-08 өдөр) хувьд хамгийн бага $r=0.54$ утгатай байсан бол бусад сигналуудын хувьд $r=0.73-0.97$ буюу хүчтэй хамааралтай байгаа нь ажиглагдсан (Зураг 7).



Зураг 6. SONM газар хөдлөлт бүртгэх станцад бүртгэгдсэн хөдлөлтийн сигнал болон сигнал шуугианы харьцаа



Зураг 7. 2019-03-20-ны өдрийн сигналыг бусад сигналтай корреляци хийсэн байдал, улаан дөрвөлжинд хамгийн бага корреляцийн утгыг (0.54) үзүүлэв.

Дүгнэлт

Энэхүү судалгааны ажлыг дүгнэхэд:

1. Нэг үүсгүүрээс үүсгэгдсэн сигналууд тодорхой давтамжийн хязгаарт бүртгэгдэнэ гэж үзээд сигнал ба шуугианы харьцаагаар станц тус бүрийн хувьд бүртгэгдэх давтамжийн хязгаарыг тооцож гаргав (Зураг 4 ба зураг 6).
2. Тооцсон давтамжийн хязгаарт корреляцийн коэффициентыг тооцоход сигналын уртаас хамаарч өөр өөр утгатай байхаас гадна хөдлөлтийн эпицентрийн зайнаас (30км, 85км, 250 км) хамаарч корреляцийн коэффициент буурч байгаа нь ажиглагдсан. Эндээс нэг үүсгүүрийн сигнал нь ижил давтамжийн хязгаарт бүртгэгдэх ба ойрын зайд корреляцийн коэффициент хүчтэй хамааралтай байгаа нь харагдаж байна.

Дараагийн шатны судалгаагаар зайны хамаарлыг P ба S долгионы амплитудын харьцаагаар дахин шалгах шаардлагатай гэж дүгнэж байна.

Ном зүй

- Jacobs, D. (2005.). Correlation and convolution', class notes for CMSC 426, fall 2005.
- Jens Havskov, L. o. (2010). "Routine data processing in Earthquake Seismology" springer.
- U.S. Congress. (1988). Office of technology Assessment, "Seismic verification of nuclear testing treaties" chapter-5: Identifying seismic events, Washington DC.
- Монгол улсын үндэсний статистикийн газар. (2007). Статистикийн шинжилгээ судалгаа хийх гарын авлага" Улаанбаатар.

Abstract. It is important for seismological research to discriminate seismic signals generated by human activity and earthquakes. Explosion generated seismic signals from large mines such as Erdenet, Baganuur, Shariin gol, Shivee-Ovoo, Nariin suhait, Oyu tolgoi, Tavan tolgoi that are operating in Mongolia are being into the explosion database in National Data Center. However, it is still difficult to discriminate blast signals of small mines that making blast unexpectedly from the earthquakes. Therefore, the in this study, we presented initial result of the study to discriminate blast and weak earthquakes recorded at URGM and HO1M stations using a correlation analysis method. With this correlation analysis we estimate the characteristics and similarities of signals that may be generating from one source.

Keywords: explosion, correlate, discriminate

БҮСИЙН ГОЛЫН ГАЗАР ХӨДЛӨЛИЙН ГОРИМЫН СУДАЛГАА

Э.Уранболор, А.Мөнхсайхан, Б.Жамъянжав, П.Даваадалай, Д.Нямжаргал,
М.Магванжав, Н.Ням-Очир

ШУА-ийн Одон орон, Геофизикийн хүрээлэн
uranbolor@iag.ac.mn

Хураангуй. Энэхүү судалгааны ажлаар Бүсийн гол орчмын бүс нутагт болж буй газар хөдлөлийн идэвхи болон давтагдалыг тооцоолон гаргасан бөгөөд тухайн бүсийн газар хөдлөлийн горим нь хир идэвхитэй явагдаж байгааг тодорхойлсон. Тус судалгаанд Бүсийн гол орчимд 1964-2015 оны хооронд болсон магнитуд нь 2 болон түүнээс дээш хүчтэй газар хөдлөлтийн хувьд анализ хийж газар хөдлөлтийн горимын үндсэн параметрууд болох газар хөдлөлийн идэвхи болон хүчтэй газар хөдлөлтийн давтагдалыг Гутенберг-Рихтерийн хуулиар тооцоолон гаргасан. Бүсийн голын бүс нутгийн хэмжээнд газар хөдлөлийн идэвхи нь 4.12, хүчтэй хөдлөлтийн давтагдалын утга 0.9 гарсан нь тус бүс нутагт хүчтэй газар хөдлөлтийн давтамжаас хамааралтайгаар өндөр идэвхжилтэй болохыг харуулж байна.

Түлхүүр үг: газар хөдлөлт, магнитуд, газар хөдлөлийн идэвхи, хүчтэй газар хөдлөлтийн давтагдал

Оршил

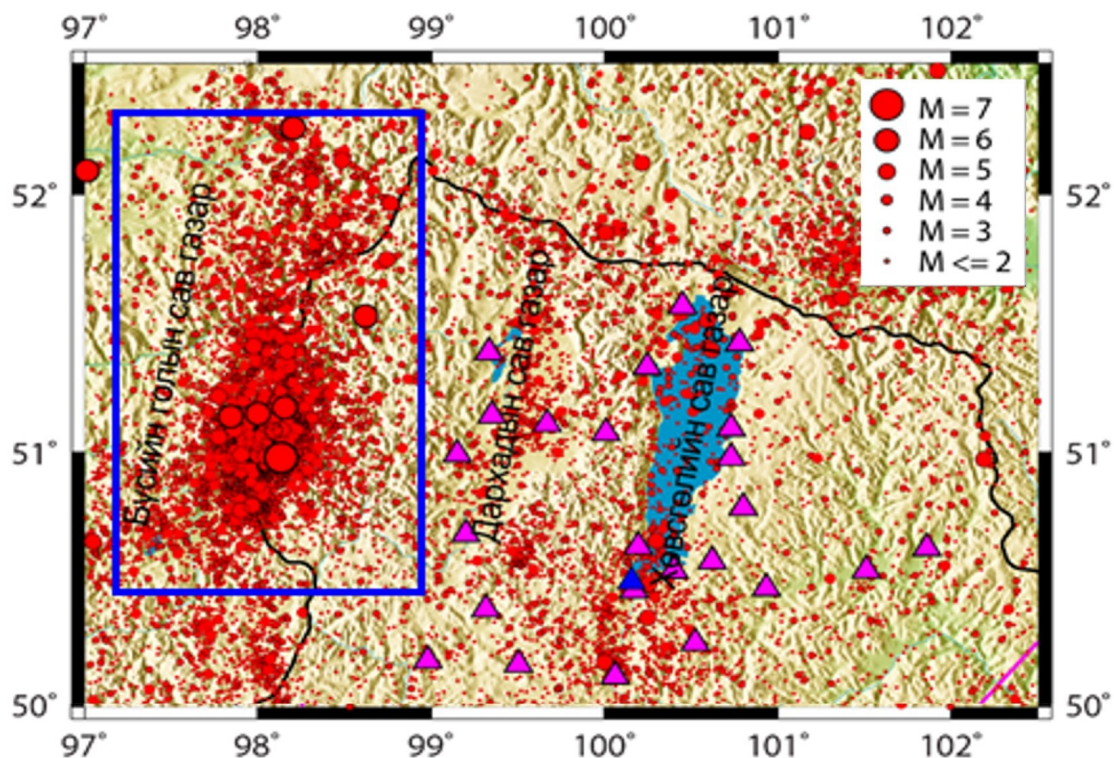
Дэлхий дахинд болж буй гамшиг дагуулсан хүчтэй газар хөдлөлтүүд нь өөрийн гэсэн зүй тогтолтой, тодорхой нэг идэвхтэй структурын дагуу болж байдаг. Хүчтэй газар хөдлөлтийн өмнө хэдэн арван жилээр хэмжигдэх аажим өөрчлөлтөөс эхлээд хэдхэн сар, өдрийн өмнө ажиглагддаг шинж тэмдгүүд олноор илэрснийг тогтоосон судалгааны ажлууд ч олон байдаг. Тухайлбал газар хөдлөлтийн идэвхжилт огцом өсөх, газар хөдлөлтийн давтагдалт буурах, сейсм долгионы хурд өөрчлөгдөх зэрэг шинж тэмдгүүд илэрдэг. Газар хөдлөл судлаачдын гол зорилгуудын нэг нь хүчтэй газар хөдлөлтийн өмнө ажиглагддаг эдгээр геофизик орны өөрчлөлтүүдийг тогтоох, хянах судалгааны ажил юм. Газар хөдлөлтийн идэвхтэй бүс нутгийн горимын судалгааны ажил нь дээрх өөрчлөлтүүдийг хянах гол судалгааны ажлуудын нэг болдог.

Бүсийн голын газар хөдлөлийн идэвхтэй бүс нь геологийн бүтцээрээ

Хөвсгөлийн бүсэд ордог. Бүсийн голын район нь манай орны газар хөдлөлтийн идэвхтэй бүсүүдийн нэг бөгөөд сул газар хөдлөлт их болдог мөн хүчтэй газар хөдлөлтийн дараа олон тооны давталт хөдлөлт удаан хугацаагаар үргэлжилдэг зэргээрээ бусад идэвхтэй бүсүүдээсээ ялгарч байдаг.

1964-2015 оны хооронд тус бүс нутагт нийт 9097 газар хөдлөлт болсноос магнитуд 1-тэй газар хөдлөлт 796 удаа, магнитуд 2-той газар хөдлөлт 6000 удаа, магнитуд 3-тай газар хөдлөлт 2053 удаа, магнитуд 4-тэй газар хөдлөлт 222 удаа, магнитуд 5-тай газар хөдлөлт 20 удаа, магнитуд 6-тай газар хөдлөлт 5 удаа, магнитуд 7-той газар хөдлөлт 1 удаа болсон байна.

Эдгээр газар хөдлөлтүүдээс хамгийн хүчтэй нь 1991 оны 12 дугаар сарын 27-нд болсон магнитуд нь 6.5-тай газар хөдлөлт юм. Бүсийн голын хотгорт болсон уг газар хөдлөлт нь голомтдоо VIII-IX баллаар мэдрэгдсэн бөгөөд эртний газар хөдлөлийн улбаа мөрийн ойролцоо болсон байна (Зураг1).



Зураг 1. Бүсийн гол орчмын газар хөдлөлтийн төвийн тархалтын зураг (1964-2015). Хар шугамаар улсын хил, ягаан шугамаар аймгийн хил, хөх гурвалжингаар газар хөдлөлт бүртгэх байнгын станц, ягаан гурвалжингаар газар хөдлөлт бүртгэх нүүдлийн станцыг тус тус тэмдэглэв.

Бүсийн гол орчмын газар хөдлөлийн горимын судалгаа

Монгол орны нутаг дэвсгэрт болсон газар хөдлөлтүүдийн мэдээллийг ашиглан магнитуд-давтамжийн утгыг тодорхойлох судалгааны ажлууд нэлээдгүй хийгдсэн байдаг бөгөөд утга нь дунджаар 0.8-0.65 харин газар хөдлөлтийн идэвхжилт буюу утга нь харьцангуй их буюу 6.1-6.6 орчим байна.

Судлагдсан байдал

Тухайн бүс нутгийн горимыг судалснаар газар хөдлөлтийн идэвхийн карт болон давтагдлын графикийг ашиглан янз бүрийн хүч бүхий газар хөдлөлтүүдийн давтагдах дундаж үе болон давтагдалд үнэлгээ өгөх боломжтой болдог. Монгол орны газар хөдлөлийн горимын судалгааны эхлэл 1964-1965 онуудад газар хөдлөлийг бүртгэх (Тосонцэнгэл, Цэцэрлэг, Ховд) сүлжээ станцууд байгуулагдаж магнитуд

4.0 болон түүнээс дээш хүчтэй газар хөдлөлтүүдийг бүртгэх боломжтой болсон үеэс тавигдсан. Газар хөдлөлийн горимын судалгаа нь шинжлэх ухааны олон асуудлыг өөртөө багтаадаг бөгөөд үүний дотроос газар хөдлөхүй, голомтод болж буй процессыг судлах явдал онцгой байрыг эзэлдэг.

Монгол орны газар хөдлөлийн горимын судалгааны ажлуудын анхдагч нь 1972 онд Д.Мөнхөө, Т.Дугармаа нарын хэвлүүлсэн “Монгол орны газар хөдлөлийн горим” судалгааны ажил юм. Тус судалгааны ажлаар газар хөдлөлтийн идэвхжилтийн бүсүүд болох Монгол-Алтай, Говь-Алтай, Төв хангай буюу Могод, Хан хөхий Булнай, Хөвсгөлийн уулс болон Бүрэн бүтээлийн бүс нутгуудын газар хөдлөлийн горимын үндсэн параметруудийг тодорхойлсон байна. Хөвсгөлийн бүс нутгийн газар хөдлөлтийн горимын судалгааны ажил 1986 онд хийгдсэнээс хойш олон арван

судалгааны ажлууд хийгдсэн байна. Тус судалгааны ажилд 1970-1983 оны мэдээллийн санг ашиглаж өргөргийн дагуу 50.70-51.70, уртрагийн дагуу 97.5-98.5 координат бүхий бүс нутагт болсон $M=2.2-7.5$ -тай газар хөдлөлтүүдийг ашигласан. Хөвсгөл орчмын бүс нутагт сул газар хөдлөлтүүд олон тоогоор болдог бөгөөд тус бүс нутгийн идэвхжил өндөр байдаг гэсэн дүгнэлт гаргасан байна.

Сүүлийн үед хийгдсэн Бүсийн гол орчмын газар хөдлөлтийн горимын судалгааны ажил бол М.Адъяа нарын 2010 онд хийж гүйцэтгэсэн “Сейсмический режим территории Монголии” ажил юм. Тус судалгааны ажилд Монгол орны нутаг дэвсгэр дээр 1964-2008 онуудад болсон $M=2.2-7.5$ бүхий 34000 газар хөдлөлд анализ хийхэд Үүрэг нуур, Бүсийн гол, Могод, Алтайн хязгаар, Говь-Алтайн зэрэг бүс нутгуудад газар хөдлөлийн төвийн бөөгнөрөл ихтэй байна гэж үзсэн бөгөөд 1994 оноос хойш $M=2$ бүхий газар хөдлөлтийн тоо эрс өссөн нь харагдаж байна.

Бүсийн гол орчмын газар хөдлөлийн горимын судалгааны ажлуудын үр дүнгээс харвал утга нь 5.09 - 5.8 болон утга нь 0.9 - 1.05 байна.

Онол арга зүй

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

хөдөлгөөний төрлөөс хамаарна. Давтагдалтын графикийн утга нь газар хөдлөлтийн идэвхжилтийн зэргийг харуулна. Дээрх илэрхийллийг

томъёолбол: $\text{Log}(N) = a - bM$ Энд:
 N – газар хөдлөлтийн тоо, M – магнитуд.

Хүчтэй газар хөдлөлтийн давтагдлыг илэрхийлдэг утга нь “1”-тэй тэнцүү буюу ойролцоо байдаг (Тектоник хавтан дээр буюу эх газрын газар хөдлөлтийн бүс нутгийн хувьд). Харин тус утга багасах нь тухайн бүс нутагт дахь идэвхтэй хагарлын дагуу хүчдэл хуримтлагдах үзэгдэл нь хүчтэй явагдаж буйг илэрхийлэх буюу өөрөөр хэлбэл хүчтэй газар хөдлөлт болох магадлал өндөр гэсэн үг. Тиймээс ч газар хөдлөлтийн идэвхжил бүхий бүс нутагт болон утгуудыг байнга хянаж байх нь хүчтэй газар хөдлөлтийг урьдчилан таамаглах нэг нөхцөл нь болдог. Гэхдээ газар хөдлөлт болж буй орчин (тектоник нөхцөл) болон газар хөдлөлтийн төрлөөсөө хамаарч харилцан адилгүй байдаг. Тухайлбал: Тектоник хавтангийн хил зааг болон харилцан үйлчлэлийн бүс нутаг, галт уулын идэвхжилттэй бүс нутгуудын хувьд утга нь их буюу ~ 2 орчим байна.

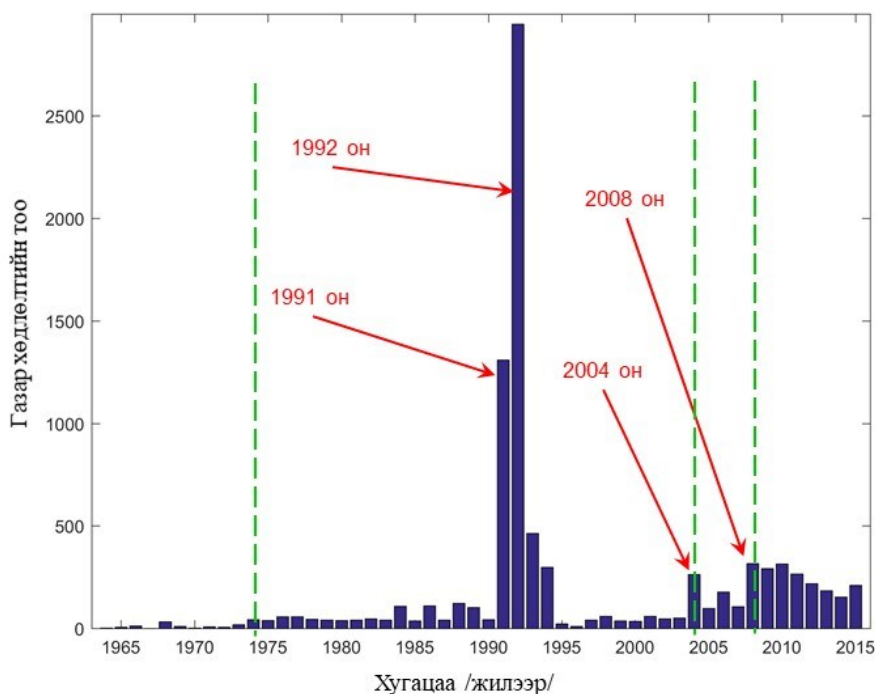
Мэдээллийн сан бүрдүүлэлт

Аливаа судалгаанд ашиглах мэдээллийн санг зөв бүрдүүлэх нь судалгааны үр дүнг үнэн зөв гаргахад чухал ач холбогдолтой. Тухайн бүс нутгийн газар хөдлөлийн горимын судалгааг газар хөдлөлийн идэвхжилт болон давтагдалтын хугацааг түүний хүч болон газар хөдлөлтийн тоонд дүн шинжилгээ хийх замаар тогтоох боломжтой байдаг. ҮМТөвийн газар хөдлөлийн мэдээллийн сангаас 1964-2015 оны хооронд Бүсийн гол орчимд (Зураг 2) болсон газар хөдлөлийн мэдээллийг авч “Бүсийн гол орчмын газар хөдлөлийн горимын судалгаа”-ны ажлын мэдээллийн санг

бүрдүүлсэн. Энэ хугацаанд тус бүс нутагт 9097 газар хөдлөлтийн төв тодорхойлогдсон байна.

Бүсийн гол орчимд болсон газар хөдлөлийн тоог жил тус бүрээр нь авч үзвэл 1991, 1992, 2004, 2008 онуудад газар хөдлөлтийн тооны огцом өсөлт ажиглагдаж байна. 1991 онд болсон магнитуд 6.5-тай газар хөдлөлтөөс

өмнөх хугацаанд буюу 1977-1990 оны хугацаанд тус бүс нутагт жилд дунджаар 40 орчим газар хөдлөлт болж байсан нь тус бүс нутагт болсон газар хөдлөлтийн тоон хамаарлын графикаас харагдаж байна. Харин 1984, 1986, 1988 болон 1989 онуудад 109, 110, 122 болон 103 удаагийн газар хөдлөлт бүртгэгдсэн байна.



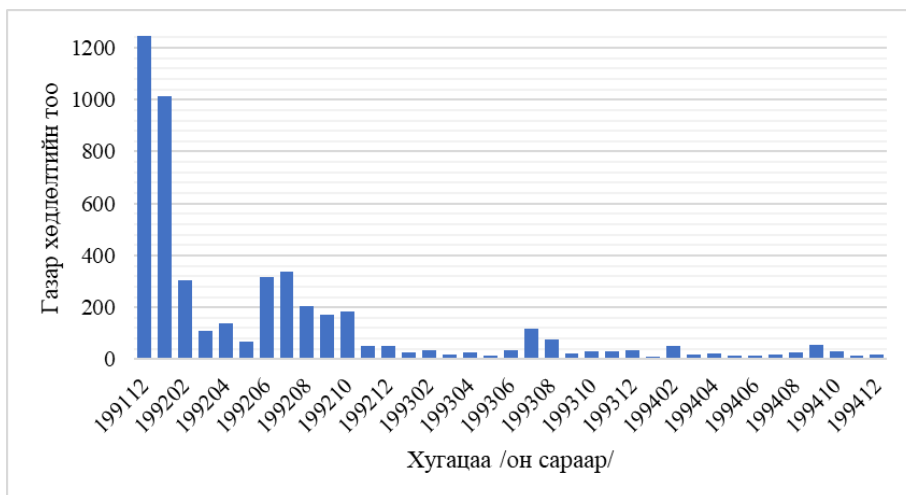
Зураг 2. 1964-2015 оны хооронд Бүсийн голын бүс нутагт болсон газар хөдлөлтийн тоон хамаарлын график (жилээр). Газар хөдлөлтийн тоо огцом өссөн жилүүдийг улаанаар, тасархай ногоон шугамаар Хатгал станц байгуулагдсан он (1974) болон техник технологийн шинэчлэлийн онуудыг (2004, 2008) тус тус тэмдэглэв.

1991 болон 1992 онуудын хувьд: 1991 оны 12 сарын 27-нд Бүсийн голд магнитуд 6.5-тай газар хөдлөлт болсон бөгөөд энэхүү газар хөдлөлийн давталт хөдлөлүүд нь 1992 оны 1 болон 2 дугаар саруудад олон тоогоор болсон байна.

Энэ газар хөдлөлийн давталт хөдлөлтийн тооны хувьд олон, урт удаан хугацаагаар буюу 1991-1994 оны хооронд үргэлжилсэн бөгөөд дээрх хугацаанд нийтдээ 4954 газар хөдлөлт бүртгэгдсэнээс 21.6% нь мэдэгдэм хүчтэй буюу магнитуд 3 болон түүнээс дээш хүчтэй газар хөдлөлт эзэлж байна. Дээрх газар хөдлөлтүүдийн 50 гаруй

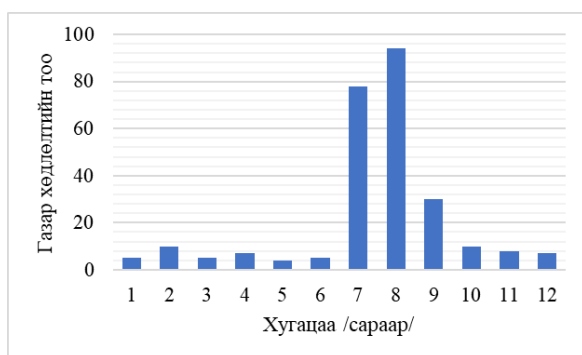
хувь нь тус хүчтэй газар хөдлөлт болсноос 2 сарын дотор буюу 1991/12/27 -1992/02/27-ны хооронд, 44 хувь нь нэг сарын дотор буюу 1991/12/27-1992/01/27 -ны хооронд болсон байна.

1991/12-1994/12 хооронд болсон газар хөдлөлтийн тооноос (Зураг 3) харахад 1992 оны 06-10 саруудад газар хөдлөлтийн тоо өсөж 170-337 болсон байна. Энэхүү газар хөдлөлтүүд нь 1991/12/27-нд Бүсийн голын газар хөдлөлтийн голомтын бүсэд болсон магнитуд 6.5-тай газар хөдлөлтөөс үүдэлтэй юм.



Зураг 3. 1991 оны 12 сараас 1994 оны 12 сарын хугацаанд Бүсийн голын бүс нутагт болсон газар хөдлөлтийн тоон хамаарлын график (он сараар).

2004 оны хувьд: Магнитуд болон хугацааны хамаарлын графикаас харахад 2004 онд бүртгэгдсэн газар хөдлөлтийн тоо өмнөх оныхоос нэг дахин өссөн нь харагдаж байна (Зураг 4).



Зураг 4. 2004 онд Бүсийн голын бүс нутагт болсон газар хөдлөлтийн тоон хамаарлын график (сараар).

Энэхүү өсөлт нь техник технологийн шинэчлэлтэй холбоотой байж болох талтай. Хатгал станцыг 2004 оны 6 сард бүрэн шинэчилж тоон бичлэгтэй станцаар сольж өргөтгөсөн нь газар хөдлөлт бүртгэх хүчин чадал нэмэгдэж тухайн бүс нутагт болсон сул газар хөдлөлтүүдийг хаялгүй бүртгэх нөхцөл бүрдсэн. Мөн 2004 оны 7 дугаар сарын 21-ны 13:27:11-д магнитуд 4.9-тэй газар хөдлөлт уг идэвхжилтийн бүсэд болсон бөгөөд энэхүү гол газар хөдлөлтөөс өмнө болон дараах өдрүүдэд магнитуд нь 4 хүрсэн газар хөдлөлтүүд хэд хэдэн удаа болсон нь тус хугацаанд бүртгэгдсэн

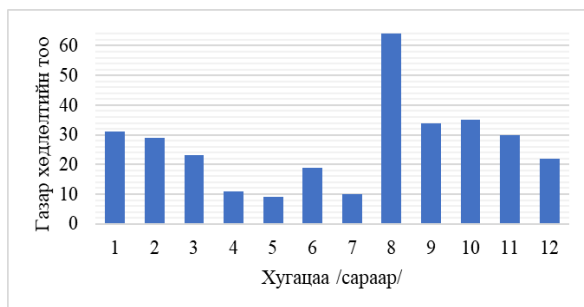
газар хөдлөлтийн тоонд нөлөөлж байна. 10-12 саруудад бүртгэгдсэн газар хөдлөлтийн тоо нь станцын шинэчлэл хийгдэхээс өмнө бүртгэгдэж байсан газар хөдлөлтийн тоотой адил түвшинд байгаа нь 7-9 саруудад бүртгэгдсэн газар хөдлөлтүүд нь станцын шинэчлэлтэй шууд хамааралгүй гэдэг нь харагдаж байна.

2008 оны хувьд: 2008 оны 12 сараас эхлэн “Хатгал” станцын сейсмометрийг Цахир толгойн энгэрт суурьлуулан мэдээлэлийг интернэтээр 24 цагийн турш шууд горимоор Үндэсний Мэдээллийн Төвд хүлээн авах болсоноор энэ бүс нутагт болсон сул газар хөдлөлтүүдийг цаг алдалгүй бүртгэж боловсруулах боломж бүрдсэн ба хойд бүс нутгийн газар хөдлөлийн идэвхжлийг тогтмол хянах боломжыг бүрдүүлж өгсөн.

Газар хөдлөлтийн тоо болон хугацааны хамаарлын графикаас харахад 2008 онд болсон газар хөдлөлтийн тоо нь өмнөх жилийнхээсээ нэг дахин өссөн нь харагдаж байна (Зураг 5).

Энэ нь 2008 оны 8 сарын 16-нд Бүсийн голд магнитуд нь 5.9 болон 5.3-тай газар хөдлөлтүүд болсонтой холбоотой.

Эдгээр газар хөдлөлтүүдийн давталт газар хөдлөлтүүд нь 2009 оны сүүл хүртэл ажиглагдсан байна.



Зураг 5. 2008 онд Бүсийн голын бүс нутагт болсон газар хөдлөлтийн тоон хамаарлын график (сараар).

Горимын судалгааг хийж гүйцэтгэхэд анхаарах зүйлийн нэг бол тухайн бүс нутагт алдалгүй бүртгэгдэх хамгийн бага магнитудыг тодорхойлох юм. Тус бүс нутагт хийгдсэн горимын судалгааны ажлууд дээр үндэслэн 2.2 болон түүнээс дээш хүчтэй газар хөдлөлтүүд бүрэн бүртгэгдэх боломжтой гэж үзсэн.

Тиймээс энэхүү судалгааны ажилдаа 1964-2015 оны хооронд болсон магнитуд нь 2.3 болон түүнээс дээш хүчтэй 4165 газар хөдлөлтийн хувьд анализ хийж газар хөдлөлтийн горимын үндсэн параметрууд болох газар хөдлөлийн идэвхжил буюу α , хүчтэй газар хөдлөлтийн давтагдал b -г тооцоолон гаргасан.

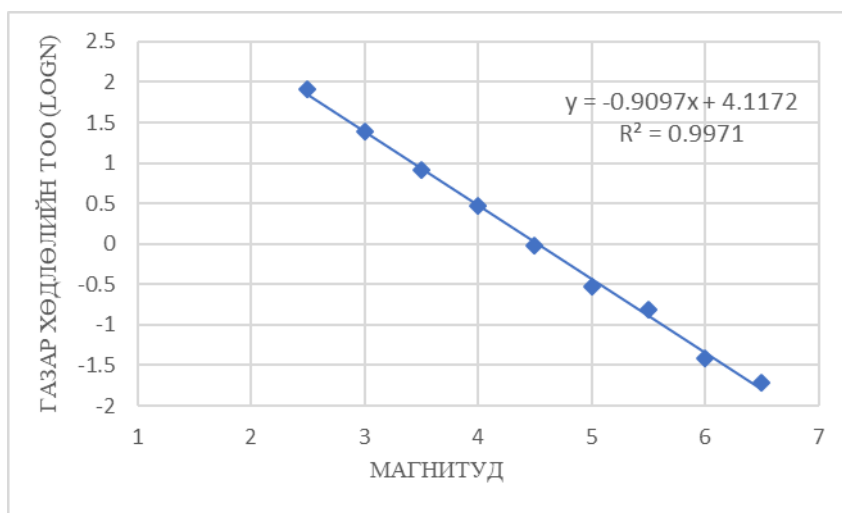
Горимын судалгааг хийж гүйцэтгэхэд анхаарах зүйлийн нэг бол тухайн бүс нутагт бүртгэгдэх хамгийн бага

магнитудыг тодорхойлох юм. Тус бүс нутагт хийгдсэн горимын судалгааны ажлууд дээр үндэслэн 2.5 болон түүнээс дээш хүчтэй газар хөдлөлтүүд бүрэн бүртгэгдэх боломжтой гэж үзсэн.

Тиймээс энэхүү судалгааны ажилдаа 1964-2015 оны хооронд болсон магнитуд нь 2.5 болон түүнээс дээш хүчтэй 4165 газар хөдлөлтийн хувьд анализ хийж газар хөдлөлтийн горимын үндсэн параметрууд болох газар хөдлөлийн идэвхжилийн утга α , хүчтэй газар хөдлөлтийн давтагдлын утга b -г тооцоолон гаргасан.

Судалгааны ажлын үр

Судалгааны талбайн нутаг дэвсгэрт 1964-2015 оны хооронд болсон 4165 газар хөдлөлтийн мэдээлэл дээр тооцоолол хийсэн. Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд Бүсийн голын бүс нутгийн газар хөдлөлтийн магнитуд давтамжийн утгыг тооцоолон гаргасан ба газар хөдлөлтийн давтагдал $b=0.91$ байгаа нь энэхүү бүс нутагт хүчтэй газар хөдлөлт тохиолдох магадлал бага боловч идэвхжилт их буюу $\alpha=4.12$ байна (Зураг 6). Энэ нь тус бүс нутагт хүчтэй газар хөдлөлтийн давтамжаас хамааралтайгаар өндөр идэвхжилтэй болохыг харуулж байна.



Зураг 6. Бүсийн гол орчмын бүс нутгийн газар хөдлөлтийн давтамжийн муруй (1970-2015 оны хоорондох мэдээллийг ашиглав)

Мөн тус бүс нутгийн хувьд газар хөдлөлтийн идэвхжил (α утга), хүчтэй газар хөдлөлтийн давтагдал (b утга)-ын утгуудыг тодорхой хугацаагаар ангилан тооцоолон гаргасан (Хүснэгт1, Хүснэгт 2). Хугацааны ангиллаа сонгохдоо тус бүс нутагт болсон хүчтэй газар хөдлөлт болон түүний давталт газар хөдлөлтүүд, газар хөдлөлт бүртгэх станцын техник технологийн шинэчлэл зэргийг харгалзан үзэж дараах байдлаар ангилсан. Үүнд:

- 1964-2015 онууд: Тус бүс нутагт болсон бүх газар хөдлөлтийг хамруулсан.
- 1970-2015 онууд: 1970 оноос хойших бүх газар хөдлөлтийг хамруулсан
- 1976-2015 онууд: Газар хөдлөл бүртгэх Хатгал станц 1976 оны 4 сараас эхлэн хэвийн үйл ажиллагаанд шилжин ажиллаж эхэлсэн.
- 1991-1994 онууд: 1991 оны 12 сарын 27-нд Бүсийн голд магнитуд 6.5-тай газар хөдлөлт болсон бөгөөд энэхүү газар хөдлөлийн давталт хөдлөлүүд нь 1992 оны 1 болон 2 дугаар саруудад олон тоогоор болсон (Зураг 3). Энэ газар хөдлөлтийн давталт хөдлөл тооны хувьд олон, урт удаан хугацаагаар буюу 1991-1994 оны хооронд үргэлжилсэн байна.
- 1995-2003 онууд: 1991 оны хүчтэй газар хөдлөлтийн давталт хөдлөлт нь дууссан гэж үзээд 1995 оноос эхлүүлсэн. 2004 онд Хатгал станцыг аналог станцаас тоон систем бүхий станцад шилжүүлсэн учраас 2003 он хүртэлх хугацааг авсан. Станцын бүртгэх хүчин чадал өөрчлөгдөөгүй хугацаа гэж үзсэн.
- 1995-2015 онууд: 1991 оны хүчтэй газар хөдлөлтийн давталт хөдлөлт нь дууссан гэж үзээд 1995 оноос эхлүүлсэн.
- 2004-2015 онууд: 2004 онд Хатгал станцад хийгдсэн техник технологийн өөрчлөлт хэр нөлөөлж байгаад анализ

хийх зорилгоор энэ хугацааг сонгосон

- 2008-2015 онууд: 2008 онд станцын сейсмометрийн суурийг станцын байрнаас 100 метр зайтай, газар нүхэн байр бэлдэж суурилуулсантай холбоотойгоор 2008 оноос эхлүүлсэн.

Бүсийн голын бүс нутгийн хувьд дээр дурьдсан хугацаануудаар ангилан тооцоолсон газар хөдлөлтийн давталт болон газар хөдлөлийн идэвхжилтийн утгуудыг нэгтгэн Хүснэгт 1-д харуулав.

Хүснэгт1. Бүсийн голын бүс нутгын газар хөдлөлтийн идэвхжилт (α) болон газар хөдлөлтийн давтагдалтын (b) утга.

д/д	д Сонгосон хугацаа	а утга	б утга	Алдааны утга (R^2)
1	1964-2015	4.1172	0.9097	0.9971
2	1970-2015	4.1499	0.9075	0.9963
3	1976-2015	4.2083	0.9183	0.9932
4	1991-1994	4.8785	0.8892	0.9571
5	1995-2003	4.4055	1.0931	0.9913
6	1995-2015	4.0327	0.896	0.9972
7	2004-2015	4.0611	0.8586	0.9948
8	2008-2015	3.8219	0.805	0.9843

Газар хөдлөлтийн идэвхжилт (α) болон газар хөдлөлтийн давтагдалтын (b) утгыг үнэн зөв тодорхойлоход нөлөөлөх бас нэг хүчин зүйл бол газар хөдлөлтийн мэдээллээ сонгож авсан хугацаа байдаг. Мэдээллийн сангийн үргэлжлэх хугацаа нь тухайн хугацаанд болох хамгийн их магнитудтай хөдлөлтийн давтагдах хугацаанаас их байх ёстой.

Дээрх ангилсан хугацаануудын хувьд хийсэн тооцооллын үр дүнгээс харахад 1970-2015 болон 2008-2015 онуудын хувьд дээрх нөхцөлийг хангахгүй байна. 1970-2015 оны хувьд 6.5-тай газар хөдлөлт 50 жилд 1 удаа болно гэсэн тооцоолол гарсан байна. 1970-2015 оны хооронд 46 жилийн үргэлжилсэн хугацаа байхад тус хугацаанд болох хүчтэй газар хөдлөлт нь 50 жилд 1 удаа болно гэж тодорхойлогдсон байна. Тиймээс энэхүү

мэдээллийн санг сонгож авсан хугацаа богино байна. Мөн 2008-2015 оны хооронд 8 жил байхад тус хугацаанд болох хүчтэй газар хөдлөлтийн давтагдах хугацаа нь 10 жил гэж гарсан байна.

Бүсийн голын бүс нутгийн хувьд дээр дурдсан хугацаануудаар хийсэн тооцооллын үр дүнгүүдийн хувьд тухайн хугацаанд болох хамгийн их магнитудтай газар хөдлөлтийн давтагдах хугацаануудыг нэгтгэн Хүснэгт 2-т харуулав.

Хүснэгт 2. Бүсийн голын бүс нутгийн газар хөдлөлтийн идэвхжилт (α) болон газар хөдлөлтийн давтагдалтын (b) утга

д/д	д Сонгосон хугацаа	Тухайн хугацаанд болох хамгийн их магнитудтай газар хөдлөлтийн давтагдах хугацаа
1	1964-2015 (52 жил)	6.5-тай газар хөдлөлт 50 жилд 1 удаа
2	1970-2015 (46 жил)	6.5-тай газар хөдлөлт 50 жилд 1 удаа
3	1976-2015 (39 жил)	6.5-тай газар хөдлөлт 30 жилд 1 удаа
4	1991-1994 (4 жил)	6.5-тай газар хөдлөлт 3 жилд 1 удаа
5	1995-2003 (9 жил)	4.5-тай газар хөдлөлт 5 жилд 1 удаа
6	1995-2015 (21 жил)	6-тай газар хөдлөлт 20 жилд 1 удаа
7	2004-2015 (12 жил)	6-тай газар хөдлөлт 10 жилд 1 удаа
8	2008-2015 (8 жил)	6-тай газар хөдлөлт 10 жилд 1 удаа

Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд Бүсийн голын бүс нутгийн газар хөдлөлтийн магнитуд давтамжийн утгыг тооцоолон гаргасан ба газар хөдлөлтийн давтагдалтын дундаж утга 0.93 байгаа нь энэхүү бүс нутагт хүчтэй газар хөдлөлт тохиолдох магадлал бага боловч идэвхжилт их буюу 4.28 байна (Хүснэгт 1). Энэ нь тус бүс нутагт хүчтэй газар хөдлөлтийн давтамжаас хамааралтайгаар өндөр идэвхжилтэй болохыг харуулж байна.

Дүгнэлт

Тус бүс нутагт болсон хүчтэй газар хөдлөлт болон түүний давталт газар

хөдлөлтүүд, газар хөдлөлт бүртгэх станцын техник технологийн шинэчлэл зэргийг харгалзан үзэж газар хөдлөлтийн идэвхжил (α утга), хүчтэй газар хөдлөлтийн давтагдал (b утга) -ын утгуудыг тооцоолон үзэхэд идэвх болон давтагдал нь огцом өөрчлөлтгүй хэвийн түвшинд явагдсан нь харагдаж байна.

Харин 1991-1994 оны хооронд идэвх нь өссөн нь харагдаж байна. Энэ нь 1991 оны 12 сарын 27-ны хүчтэй хөдлөлтийн дараах онуудын давтагдал болон идэвхийн утгуудын өөрчлөлтөөс хамаарч байна. Харин энэ хугацаанаас хойш утга нь бууралттай харагдаж байна.

1995-2003 оны хувьд хүчтэй газар хөдлөлтийн давтагдал (b) нь өсөж 1.1 хүрсэн байна. Тус хугацаанд ямар нэг хүчтэй газар хөдлөлт болоогүй мөн станцын бүртгэх хүчин чадал өөрчлөгдөөгүй үе юм. Тиймээс энэ хугацааны мэдээллээр тухайн бүс нутгийн газар хөдлөлийн горимыг үнэлэх боломжтой гэж үзэж байна. Магнитуд давтамжийн утгыг тооцож үзэхэд газар хөдлөлийн давтагдалт нь 1.1 байгаа нь энэхүү бүс нутагт хүчтэй хөдлөлт болох магадлалтай мөн идэвхжилт нь их буюу 4.4 байна.

Бүсийн голын бүс нутгийн газар хөдлөлтийн магнитуд давтамжийн утгыг тооцоолон гаргасан ба газар хөдлөлтийн давтагдалт $=0.93$ байгаа нь энэхүү бүс нутагт хүчтэй газар хөдлөлт тохиолдох магадлал бага боловч идэвхжилт их буюу $=4.28$ байна. Энэ нь тус бүс нутагт хүчтэй газар хөдлөлтийн давтамжаас хамааралтайгаар өндөр идэвхжилтэй болохыг харуулж байна.

Ном зүй

М.Адьяа (1986). К вопросу о сейсмическоё режиме прихубсугуль”. Шинжлэх Ухааны Академи, Физик Техникийн Хүрээлэнгийн Бүтээл – 25, 125-189.

- М.Адьяа, Д.Анхцэцэг, Д.Мөнгөнсүрэн, М.Өлзийбат (2010). Сейсмический режим территории монголии. Современная геодинамика и опасные природные процессы в центральной Азии 2006-2015.
- М.Адьяа, И.Балжинням, Г.Баяр, Т.Дугармаа, Д.Мөнхөө, Л.Сэлэнгэ, Б.Цэмбэл (1974). 1973 онд Монголд болсон газар хөдлөл. Шинжлэх Ухааны Академи, Физик Техникийн Хүрээлэнгийн Бүтээл-13, 221-229.
- М.Адьяа, И.Балжинням, Л.Сэлэнгэ (1985). Землетрясения в Монголии в 1983 году. Шинжлэх Ухааны Академи, Физик Техникийн Хүрээлэнгийн Бүтээл – 25, 100-107.
- И.Балжинням, М.Адьяа, Л.Сэлэнгэ (1986). Землетрясения Монголии. Шинжлэх Ухааны Академи, Физик Техникийн Хүрээлэнгийн Бүтээл – 25, 152-161.
- Д.Мөнхөө “Монголын хүчтэй газар хөдлөлтийн изосейст, магнитудаар голомтын хэмжээнд өгсөн үнэлгээ” (1986). ШУА ФТХ Бүтээл №25
- Д.Мөнхөө, Т.Дугармаа “Монгол орны газар хөдлөлийн горим” (1972). ШУА ФМХ Бүтээл № 10,11
- Angelo De Santis, Gianfranco Cianchini, Paolo Favali, Laura Beranzoli, and Enzo Boschi (2011). The Gutenberg–Richter Law and Entropy of Earthquakes: Two Case Studies in Central Italy. BSSA, vol-101, 1386-1395.
- Baljinnyam I., Bayasgalan A., Borisov B.A., Cisternas A., Dem'yanovich B.A., Ganbaatar L., Kochetkov V.M., Kurushin R.A., Molnar P., Philip P., and Vashchilov Y.Y., (1993). Ruptures of Major Earthquakes and Active Deformation in Mongolia and its Surroundings. The Geological Society of America, 181, 64.
- Gutenberg B., and Richter C.F (1944). Frequency Earthquakes in California. Bulletin of the Seismological Society of America, 34, 1985-1988.
- Kuzmichev, A.B(2004). The tectonic history of the Tuva-Mongolian Massif: Early Baikalian, late Baikalian, and early Caledonian stages. Probel Publishing House, Moscow, 192
- Majig A., Dorjsuren A., Tsagaan B., Gangaadorj B., Chimedtseren B., Danzansan E., Dashdondog M., Adiya M., Daram M., Rentsen N., Chimed O., Lodon S., Tsembel B., Munkhuu U., Khukhuudei U. and with DASE/LDG team., (2003). Map of "ONE CENTURY OF SEISMICITY IN MONGOLIA (1900 - 2000)". Research Centre of Astronomy & Geophysics of the Mongolian Academy of Sciences (RCAG), Mongolia and Laboratoire de Télédétection et Risque Sismique, BP12, Bruyères le Chatel, France.
- Ulziibat M., (2006). The 2003 Chuya sequence (North Altay range): Tectonic context and seismological study. University of Nice Sophia Antipolis, PhD Thesis, 200 pages.

ХЭВИЙН АЖИЛЛАГААНЫ ТӨЛӨВ ШАЛГАХ СИСТЕМИЙГ ЗОХИОН БҮТЭЭЖ UB4M СТАНЦ ДЭЭР ТУРШСАН ДҮНГЭЭС

А. Энхтүвшин, А. Нармандах, Б. Мөнхбаяр, Ж. Баяраа,
Г. Төгөлдөр, М. Өлзийжаргал, М. Өлзийбат

ШУА-ийн Одон орон, Геофизикийн хүрээлэн
enkhtuvshin@iag.ac.mn

Хураангуй. ХАТ (хэвийн ажиллагааны төлөв шалгах төхөөрөмж) гэж газар хөдлөл бүртгэх станцын нүхэн байр ба түүний орчны температур, чийгшлийн мэдээлэл, нарны зайн дэлгэцийн цэнэглэлт, хэрэглээний горим, мэдээлэл дамжуулах хүлээн авах системийн ажиллагааны хэвийн байдал зэргийг хянах, зарим нэгэн параметруудийг удирдах зэрэг үйлдэл хийдэг техник ба програм хангамжийн цогцыг ойлгоно.

Энэхүү өгүүлэлд ХАТ шалгах төхөөрөмжийг сейсмик станцуудад суурилуулах хэрэгцээ шаардлагад үндэслэн, өөрсдийн нөхцөл байдал боломж зэрэгт тулгуурлан угсарч хээрийн нөхцөлд туршин, үр дүнг хүлээн авч байгаа тухай авч үзнэ

Түлхүүр үг. ХАТ, ATMEGA микроконтроллер, программ хангамж, мэдрүүр

Оршил

Газар хөдлөлт бүртгэх хээрийн станц нь 2-3м гүн нүхэн байранд суурилагддаг учир хөрсний усанд автах, температур ба чийгшлийн өөрчлөлтөнд орох, тоног төхөөрөмжийг хулгайлах, эвдэн сүйтгэх зэрэг байгалийн болон хүний хүчин зүйлсээс хамааран станцын тасралтгүй хэвийн үйл ажиллагааны горим алдагдаж мэдээлэл дамжуулалт зогсох, тасалдах аюул нүүрлэдэг байна.

Сүүлийн жилүүдэд сейсмометр усанд автаж ажиллах боломжгүй болох, нарны зайн дэлгэц, аккумулятор, цэнэг тохируулагч, цэнэглэгч кабелуудыг хулгайд алдсан тохиолдлууд хэд хэдэн удаа гарч байна. Эдгээр нөхцөл байдлуудын аль нэг нь үүсэхтэй зэрэг тухайн нөхцөл байдлын тухай мэдээллийг шуурхай мэдсэнээр хариу арга хэмжээг шуурхай авч үүсэх хохирлыг бага байлгах нэгэн шийдэл нь ХАТ ашиглах явдал юм.

Иймд ХАТ шалгах төхөөрөмжийг ашиглан газар хөдлөл бүртгэх станцын хэвийн үйл ажиллагаа ямар нэгэн гадны нөлөөллөөс шалтгаалан зогсох, гацах,

эвдрэх, хулгайлах зэрэг эрсдэлүүдээс сэргийлэх боломжтой юм.

ХАТ

ХАТ төхөөрөмж нь тухайн газар хөдлөлтийн хээрийн станцын нүхэн байрны дотор байрлах сейсмометр, тоон хөрвүүлэгч, сүлжээний төхөөрөмжүүдийн хэвийн ажиллагааны нөхцөл, гадна байрлах төхөөрөмжүүд болох нарны зай, нүхэн байрны тагны төлөвийг тасралтгүй хянаж, хүлээн авах төвд мэдээлэх болон тухайн цэг дээрээ дуут ба гэрлэн дохио өгөх, зарим тохиолдолд хээрийн станц руу заавар илгээх, ирсэн зааварт харгалзах үйлдлийг гүйцэтгэх боломжтойгоор хийгдсэн програм, техник хангамж ба сүлжээ бүхий цогц систем юм.

ХАТ-ын гол үүрэг нь газар хөдлөлт ХАТ-ын гол үүрэг нь газар хөдлөлт бүртгэх станцын мэдээлэл ба үйл ажиллагаанд нөлөөлөхгүйгээр өөрт хамааралтай үйлдлүүдээ гүйцэтгэх явдал юм. Хамааралтай үйлдлүүдийг доор жагсааж харуулав. Үүнд:

- Нарны зайн дэлгэц сууринаасаа хөндийрөх нөхцөл үүссэнийг

- мэдээлэх
- Хэрэглэгчдийн тэжээлийн горимыг хянах, дахин ачаалах
- Нүхэн байрны таг нээгдэх, хаагдахад мэдээлэх
- Нүхэн байрны чийгшил, температурыг хэмжих
- Ус хуримтлагдахыг мэдээлэх, усыг юүлэх
- Мэдээлэл дамжуулалт тасралтыг шалгаж, харгалзах төхөөрөмжийг дахин ачаалах
- Станцад халдлага гарах үед холбогдох хүмүүс болон сахиулд мэдээлэх
- Станцын ажиллагаанд сөргөөр нөлөөлөх хүчин зүйл үүсэхэд хүрээлэнд мэдээлэх, анхааруулах, мөн тухайн эгшин дэх параметруудийг хадгалж авах.
- Газар хөдлөлт бүртгэх хээрийн станцын сахиултай харилцах

Эдгээр үйлдлүүдийг бүрэн гүйцэтгэж чадахуйц ХАТ-ийн системийг, өөрсдийн нөхцөл байдал, нөөц бололцоонд тулгуурлан зохион бүтээж, үр дүнг нь амьдралд шууд нэвтрүүлэхийг зорин ажилласан бөгөөд туршилтаар гарсан зарим үр дүнг тайлагнаж байна.

ХАТ системийн судлагдсан байдал

ХАТ-тай ижил төстэй системүүд, тоног төхөөрөмжүүд байдаг боловч тэдгээр нь ажиллагааны зориулалт, гүйцэтгэх үйлдлүүд, удирдлагын програм хангамжууд, өргөтгөх боломж зэргээсээ хамаарч өөр өөр байдаг. Жишээлбэл: Гэрийн автоматжуулалтын системийг (Home Automation System) ХАТ төстэй систем хэмээн ойлгож болно. Энэ төрлийн системүүд маш олон төрөл байдаг боловч ахуйн зориулалттай учраас зөвхөн гэр ахуйд ба эсвэл албан тасалгаанд ажилладаг.

Өөр нэг төстэй төхөөрөмж бол үйлдвэрлэлийн автоматжуулалтад ашигладаг PLC төхөөрөмж юм. PLC төхөөрөмжүүд нь нэмэлтээр олон

төрлийн модулийг залгаж өргөтгөх боломж нь өндөр хэдий ч, түүнийг програмчилахад тусгай зориулалтын програм хангамжийн ажилладаг. Хийцийн хувьд DIN Rail (тусгай зам) дээр суухаар хийгдсэн байдаг.

Энэ төрлийн төхөөрөмжүүд нь харьцангуйгаар үнэтэй, овор хэмжээ том байдаг бөгөөд програм хангамжийн хувьд зарим нэгэн хязгаарлалтуудтай байдаг.

Сейсмик станцын тоон хөрвүүлэгч бүтцэд орчны температур, хүчдэл зэргийг хэмжих хянах үүрэгтэй хэсэг байдаг бөгөөд үүнийг ашиглаж болох боловч мэдээллийг нь дамжуулах, дэлгэц дээр харуулах, зарим төрлийн тухайлбал нүхэн байрны чийгшлийн хэмжээ, мөн хээрийн станц руу команд илгээх зэрэг боломж байхгүй тул ашиглахад хүндрэлтэй байдаг.

Одоогийн байдлаар ООГХ төвд FMC (Facility Management Control амжиж анхааруулах системийн байгууламжийн хяналтын систем) ба Crystal System (DASE-ийн станцуудын ажиллагаа ба байгууламжийн хяналтын систем) зэрэг “ХАТ”-ийн системүүд ажиллаж байна (Зураг 1) . Энэ хоёр систем нь өөр өөрийн онцлог ба давуу талуудтай байдаг.

ХАТ системийн гүйцэтгэх үүрэг

ХАТ системүүдийг ерөнхийд нь авч үзвэл хээрийн станц дээрх хэмжилтийн утгуудыг дэлгэц дээр дүрсэлж үзүүлэх, дохиолол өгөх, тодорхой хугацаагаар мэдэгдлүүдийг хадгалах, шаардлагатай тохиолдолд хээрийн станц руу команд илгээх үндсэн функцтэйгээр хийгдсэн байдаг.

ХАТ-ын гол үүрэг нь газар хөдлөлт бүртгэх станцын мэдээлэл ба үйл ажиллагаанд нөлөөлөхгүйгээр дараах үйлдлүүдийг гүйцэтгэх явдал юм. Үүнд:

- Нарны зайн дэлгэц сууринаасаа хөндийрөх нөхцөл үүссэнийг мэдээлэх

- Хэрэглэгчдийн тэжээлийн горимыг хянах, дахин ачаалах
- Нүхэн байрны таг нээгдэх, хаагдахад мэдээлэх
- Нүхэн байрны чийгшил, температурыг хэмжих
- Ус хуримтлагдахыг мэдээллэх, усыг юүлэх
- Мэдээлэл дамжуулалт тасралтыг шалгаж, харгалзах төхөөрөмжийг дахин ачаалах
- Станцад халдлага гарах үед холбогдох хүмүүс болон сахиулд мэдээлэх
- Станцын ажиллагаанд сөргөөр нөлөөлөх хүчин зүйл үүсэхэд хүрээлэнд мэдээлэх, анхааруулах, мөн тухайн эгшин дэх параметруудийг хадгалж авах.
- Газар хөдлөлт бүртгэх хээрийн станцын сахиултай харилцах

ХАТ системийн бүтэц ажиллагаа

Эхлээд ХАТ-ын системийн бүтцийг тайлбарлая. ХАТ-ын систем үндсэн гурван хэсгээс тогтоно. Нэгдүгээр хэсэг нь хээрийн станц дээр ажиллаж,



a)



b)

Зураг 1. a) FMC ба b) Crystal System-ийн хяналтын дэлгэц

мэдээллүүдийг хүлээн авах, өгөгдсөн форматад хувиргаж дамжуулахад бэлэн болгох, ирсэн командын болон үүссэн нөхцөлийн дагуу хэрэглэгчдийг залгаж салгах үйлдлийг гүйцэтгэнэ. Хоёрдугаар хэсэг нь мэдээллийг дамжуулах ба хүлээн авах систем, өгөгдсөн форматын дагуу хадгалах үйлдлийг гүйцэтгэнэ. Гуравдугаар хэсэг нь ирсэн мэдээллийг дүрсэлж харуулах, анхааруулга өгөх, хээрийн станц руу команд илгээх зэрэг удирдлага болон хяналттай холбоотой үйлдлүүдийг хийнэ (Зураг 2).

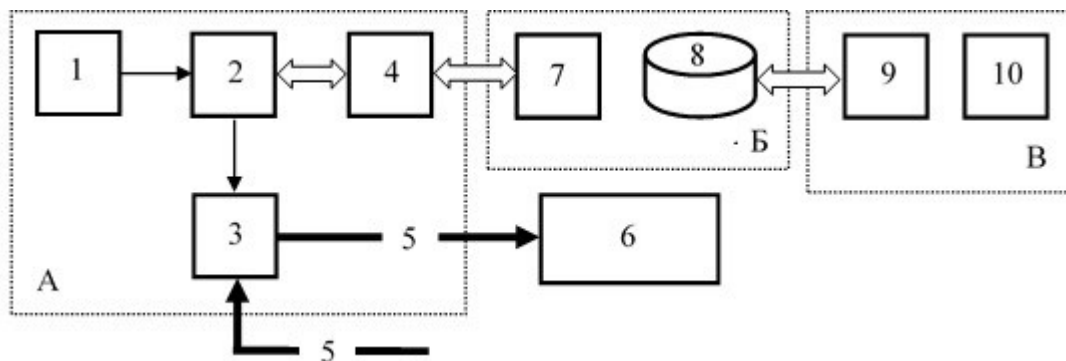
Мэдээлэл хүлээн авах, хувиргах, команд биелүүлэх хэсэг буюу ХАТ төхөөрөмж нь ATMEGA микроконтроллер дээр тулгуурлан хийгдсэн. Бид хээрийн станц дээр ажиллах ХАТ төхөөрөмжүүдийг хэд хэдэн хувилбараар хийхдээ ATMEGA микроконтроллер бүхий Arduino UNO, Nano зэрэг хавтангуудыг ашиглаж байсан. Микроконтроллерийг, програмлалын C++ хэл ашиглан бичсэн.

Хэвийн ажиллагааны үед ХАТ-ын төхөөрөмж нь хэмжиж авсан утгуудыг багцлан 10 мин тутамд дамжуулж, серверт хадгалж байхаар хийгдсэн бөгөөд станцад ямар нэгэн гэмтэл ба халдлага учирсан тохиолдолд гэрлэн болон дуут анхааруулгыг газар (станц) дээр нь шууд өгөх ба сүлжээгээр дамжин програм хангамжийн тусламжтайгаар хүрээлэн дээрх ажиглалтын компьютерын дэлгэц дээр яаралтай анхааруулга байдлаар өгөгдөнө.

Хээрийн станц дээр ажиллаж байгаа ХАТ төхөөрөмжийн ажиллагааны алгоритмыг (Зураг 3) -т харуулав. (Отгонбаяр. Т, 2013), (Отгонбаяр. Т, 2013).

ХАТ системийн туршилт

Газар хөдлөл бүртгэх станцуудын хэвийн үйл ажиллагааг хангах, мэдээлэл бүрдүүлэлт ба боловсруулалтын системийг шинэчлэх зорилгоор ХАТ-ын системийг зохион бүтээж, (Rui Santos,



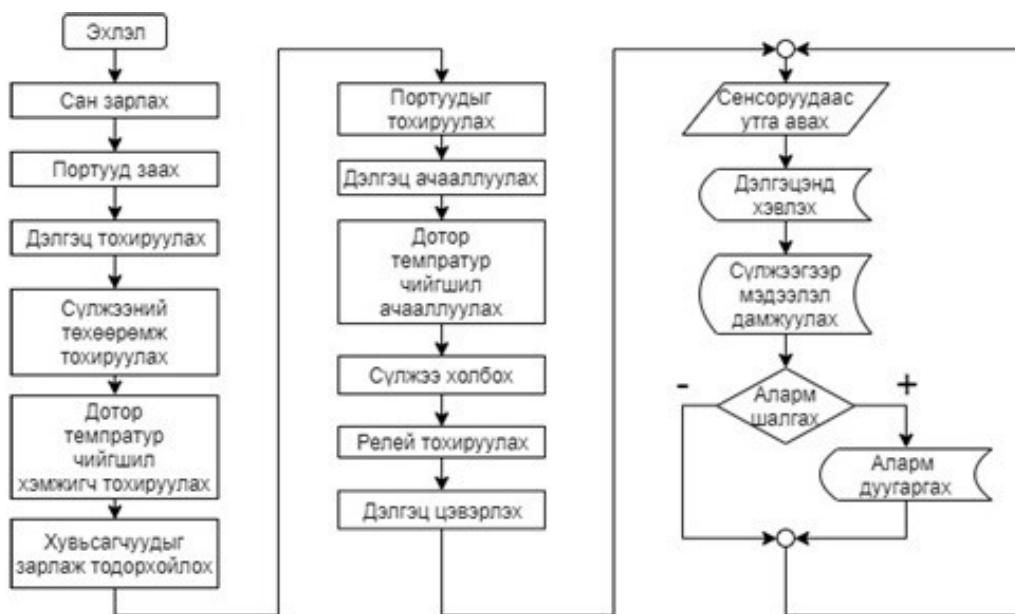
Зураг.2 ХАТ-ын систем. А-Мэдээлэл хүлээн авах, хувиргах, команд биелүүлэх хэсэг, Б-Мэдээлэл дамжуулах, хадгалах хэсэг, В-Удирдлага, хяналтын хэсэг, 1-Мэдрүүрүүд, 2-Микроконтроллер, 3-Релей, 4-Сүлжээний хувиргуур, 5- Тэжээлийн шугам, 6- Хэрэглэгч, 7-Сүлжээний тоног төхөөрөмжүүд, 8-Хатуу диск, 9-Хяналтын програм бүхий компьютер, 10-Дэлгэц

2015), (Rui Santos and Sara Santos, 2018), (Santos, Rui Santos and Sara, 2018), (Rui Santos, 2015) угсарч туршин, станцууд дээр ажиллуулж турших ажлыг ССВМ, UB4M, U06M станцууд дээр явуулсан. Энэ тохиолдол болгон өөр өөрийн онцлогтой.

Эдгээрийн дотроос онцлон UB4M станц дээр ХАТ-ын төхөөрөмжийг туршсан тухай тайлбарлая. UB4M станц дээр суурилуулсан ХАТ төхөөрөмжийг гаднах байдлыг харуулав (Зураг 4).

UB4M станц дээр суурилуулсан ХАТ төхөөрөмжийн гүйцэтгэх үйдлүүдийг доор харуулав. ХАТ-ийн төхөөрөмжийн гүйцэтгэж байгаа үүрэг:

- Нүхэн байрны ёроол хэсэг дэх усны төвшинг мэдрэх, түүнийг гадагшлуулах
- Нарны зайн дэлгэц сууринаасаа хөндийрсөн эсэхийг мэдрэх, дохиолох
- Нүхэн байрны тагны хаалганы төлвийг мэдрэх, дохиолох
- Гадна ба дотно орчны температур болон чийгшил хэмжих
- 3G router, router modem, digitizer зэргийн хэрэглэж байгаа хүчдэл, гүйдэл ба чадлыг хэмжих
- 3G router, router modem зэрэг төхөөрөмжүүдийг заавар ирэх үед дахин ачааллах



Зураг 3. UB4M станц дээрх ХАТ төхөөрөмжийн ажиллагааны алгоритм

- Анхааруулах дохио дуугаргах ба яаралтай анхааруулга өгөх
- Дотоод тоолуур болон хугацаанууд
- Сүлжээний төлвийн утгуудыг дамжуулах
- Манаачын хяналт
- Анхны утга хүлээж авах (тохируулах утга)



Зураг 4. UB4M станц дээрх ХАТ төхөөрөмжийн гаднах байдал

Хэмжилтийн үр дүн

UB4M станц дээр суурилуулсан ХАТ төхөөрөмжийн ажиллагааг хянах ажиллагааг Одон Орон, Геофизикийн Хүрээлэн дээр тасралтгүй явуулж байна. Тус станц дээр ХАТ төхөөрөмжийг суурилуулснаас хойш нэг жил гаран болж байгаа бөгөөд турших явцад гарсан үр дүнг сонирхолтой үр дүнг доор харуулав.

Өмнө нь тухайн станцын нүхэн байранд хөрсний ус нэвчиж дүүрсэн явдал тохиолдож байсан. Харин туршилтын журмаар ХАТ систем суурилуулсны дараа буюу 2020.07.10-ны өдөр ус нэвчин орсон тухай мэдээлэл хяналтын компьютерын дэлгэц дээр анхааруулга байдлаар гарсан байсан бөгөөд лог файлд энэ тухай бичигдсэн байсан. Үүнийг зураг. 5-д улаанаар хүрээлж харуулав. Үүсэн файлаас ус шавхах үйлдэл хоног гаран буюу 31 цаг гаран үргэлжилснийг харж болно. Гэхдээ энэ үйлдэл тасралтгүй явагдаагүй.

Өөрөөр хэлбэл нэвчсэн усыг шахаж дууссаны дараа шахуургыг зогсоож, усны төвшин ихсэхэд дахин ажиллаж байсан.

Станцын нүхэн байр руу ус орох явдал ба түүнийг арилгах үйлдэл 2019.08.12 өдөр бас давтагдсан. 2020.08.18 өдөр UB4M станцын мэдээлэл дамжуулалт тасарсан тохиолдол гарсан. Шалтгаан нь сүлжээний төхөөрөмж гацсанаас үүдэлтэй байсан бөгөөд энэ үед ХАТ төхөөрөмж сүлжээний төхөөрөмжийг зааврын дагуу бие даан дахин ачаалж, богино хугацаанд станцын мэдээлэл дамжуулалтыг сэргээж хэвийн ажиллагаанд оруулсан. Үүнийг лог файлын зураг. 6 дээр харуулав.

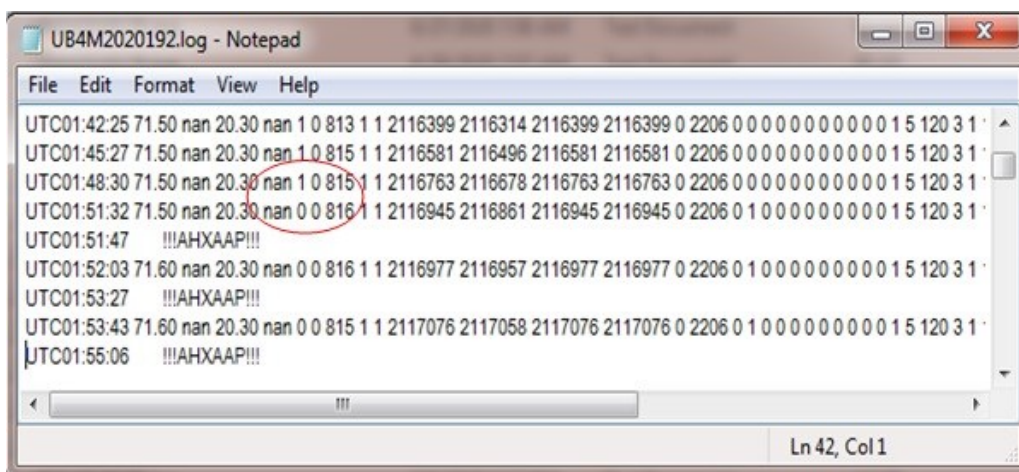
Нарны зайн дэлгэц хулгайлах оролдлого өөр станц дээр гарсан бөгөөд уг станц дээр ХАТ төхөөрөмж суурилуулсан байсан тул дуут ба гэрлэн дохиолол ажилласан тул хулгайч нэн даруй зугтсан байсан.

Дүгнэлт

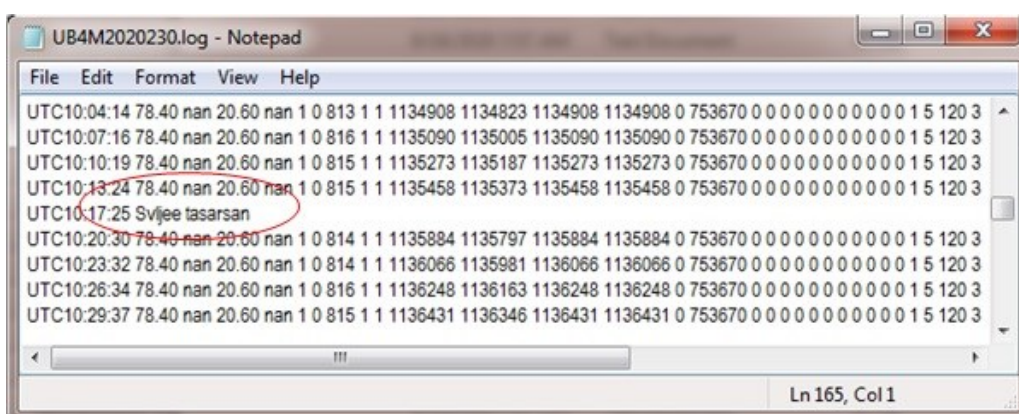
Газар хөдлөл бүртгэх UB4M станц дээр ХАТ төхөөрөмж суурилуулан туршилтын журмаар ажиллуулах явцад тохиолдсон дээрх явдлууд нь ХАТ системийн ажиллагааны ашигтай, үр дүнтэй байгааг илтгэн харуулж байна.

Системийн сайжруулалтыг тасралтгүй явуулж байсан бөгөөд газар хөдлөл бүртгэх хээрийн станцын нүхэн байрны онцлогт тохируулан зарим зүйлийг газар дээр нь өөрчлөх шаардлага тулгарч, түүнийг тухай бүрд нь шийдвэрлэж байсан. Иймд өөр станцуудад ХАТ төхөөрөмж суурилуулахад хялбар байх нөхцөл байдлыг бүрдүүлэх шаардлагатай гэсэн дүгнэлтэд хүргэж байна.

Мөн уг систем нь ижил төстэй системүүдтэй харьцуулахад цаашид хөгжүүлэх, өргөтгөх боломж, өртөг зэргээрээ өрсөлдөхүйц бүтээгдэхүүн болсон гэж үзэж байна.



Зураг 5. UB4M станцын лог файл дээр станц руу ус орж ирж байгааг бүртгэсэн байдал



Зураг 6. UB4M станцын лог файл дээр сүлжээний тасралтыг бүртгэсэн байдал

Ашигласан материал, эх сурвалж

- Rui Santos. (2015). Arduino projects.
 Rui Santos. (2015). Home automation Using ESP8266”, 3rd edition, .
 Rui Santos and Sara Santos. (2018). Ultimate guide for arduino sensors/modules”,.
 Santos, Rui Santos and Sara. (2018). ESP32

- Web server with arduino IDE.
 Отгонбаяр. Т. (2012). Объект хандалтат программчлал. Улаанбаатар.
 Отгонбаяр. Т. (2012). Объект хандалтат программчлал. Улаанбаатар.
 Отгонбаяр. Т. (2013). Өгөгдлийн бүтэц ба алгоритм. Улаанбаатар.

Abstract. SOH (State of Heath) is a device that monitors seismic stations vaults temperature and ambient temperature, humidity information, solar panels charging, application mode, normal operation of data transmission system, and also controls some parameters. SOH consists of a set of hardware and software. This article describes the assembly of SOH equipment based on the need to install it at seismic stations, based on its own conditions and capabilities, as well as field tests and obtaining results.

Keywords: SOH, ATMEGA microcontroller, software, sensors

ЭРИНИЙ ХУВЬСАЛТЫН СОДОН ЦЭГИЙН АЗИМУТЫГ НАРНЫ ХЭМЖИЛТЭЭР ТОДОРХОЙЛОХ

Т.Насан-Очир¹, Ш.Цэрэндүг¹, Г.Баянжаргал¹, Э.Батмагнай², С. Ганцогт¹

¹ШУА-ийн Одон орон, Геофизикийн хүрээлэн

²ETH, Zurich, Switzerland

nasanochir@iag.ac.mn

Хураангуй. Энэ өгүүллэгт Монгол орны нутаг дээрх эриний хувьсалтын 36 цэг дэх содон цэгийн азимутыг 2020 оны нарны ажиглалтын утгуудаар тооцоолсон болно. Нарны хэмжилтийг Lemi-204 багажаар гүйцэтгэв. Содон цэгүүдийн азимутыг тодорхойлох арга нь Г.Г.Беннетийн 1980 оны алгоритм дээр суурилдаг. Бид энэ алгоритмыг ашиглан код бичиж дээрх содон цэгүүдийн азимутыг тодорхойлов. Эдгээр содон цэгүүдийн азимутыг ашиглан 2020 оны эриний хувьсалтын цэгүүд дээрх геосоронзон орны элементүүдийг тодорхойлох боломжтой болсон.

Түлхүүр үг. Эриний хувьсалт, нарны үзэгдэх өнцөг

Оршил

Өнгөрсөн зуунд дэлхийн нисэх хүчинд геосоронзон орны хазайлтын нарийвчилсан картыг өргөн ашигладаг байсан. Манай оронд 1950-аад оноос хөдөө орон нутаг, сумын төвүүдэд нисэх буудлууд байгуулагдаж, улмаар дэлхийн соронзон орныг навигацийн зориулалтаар ашиглах болж, соронзон орныг нарийвчлан судлах шаардлага үүсэж, ИНЕГ, ШУА-тай хамтран Монгол улсын нутагт геосоронзон орны хазайлтын өнцгийн өөрчлөлтийг нарийвчлан тодорхойлох ажиллагаа эхлүүлжээ.

Энэ цагаас хойш Монголын нутагт геосоронзон орны эриний хувьсалтын судалгааг хийж, соронзон орны хазайлтын зураглалыг 5 жилийн давтамжтай шинэчилж байна. Уг зорилгоор 2020 онд Монгол орны нутагт эриний хувьсалтын 36 цэгт геосоронзон орны хэмжилтийг гүйцэтгээд байна.

Тухайн цэгийн геосоронзон орны хазайлтын өнцгийн утгыг олохдоо хөдөлгөөнгүй сонгосон содон цэгийн азимутыг мэдэх шаардлагатай юм. Энэ содон цэгийн азимутыг нарны

ажиглалтаар тодорхойлдог.

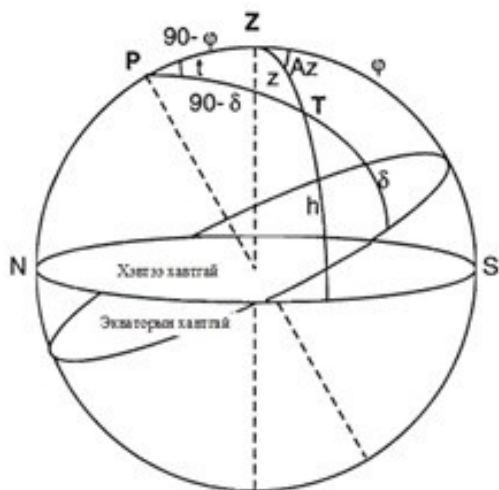
Энэ өгүүллэгийн зорилго нь 2020 онд Монголын нутаг дэвсгэр дээрх эриний хувьсалтын 36 цэгт хийгдсэн 145 нарны хэмжилтийн мэдээллийг ашиглан, содон цэгүүдийн азимутыг тодорхойлоход оршино. Эриний хувьсалтын цэгүүдийн байрлалыг зураг 1-т үзүүлэв.

Онолын үндэс

Дэлхийн эргэлдэх хөдөлгөөний улмаас газар дээрх хөдөлгөөнгүй цэгээс нарыг ажиглахад шилжиж байгаа мэт үзэгддэг. Энэ үзэгдлийг ашиглан дэлхий дээрх хөдөлгөөнгүй цэгтэй харьцуулж нарыг ажиглах байдлаар дурын хөдөлгөөнгүй цэгүүдийн азимутыг тодорхойлж болдог (Jerzy Jankowski, Christian Sucksdorff., 1996).

Бид энэ өгүүллэгт эриний хувьсалтын цэгээс нарыг ажиглаж содон цэгийн азимутыг тодорхойлсон болно.

Эриний хувьсалтын цэгээс содон цэг рүү чиглэсэн газарзүйн хазайлтын өнцгийг азимут гэж нэрлэдэг. Азимутын өнцгийг хойд туйлаас цагийн зүүний дагуу хэмждэг. Геосоронзон орны судалгаанд содон цэгийн азимутын өнцгийг ихэвчлэн нарны ажиглагдах азимутын өнцөг Az-аар тодорхойлдог.



Зураг 1. A_z -нарны азимутын бөмбөлөг гурвалжин өнцөг, Z - Зенит буюу нарнаас зенит хүртэлх зай, δ -нарны хазайлтын өнцөг, t -нарны цагийн өнцөг буюу меридианы өнцөг, $(90-\delta)$ - P туйлаас нарны өнцөг хүртэлх зай, $(90-\varphi)$ -ажиглалтын цэгийн өргөрөг, хэвтээ хавтгай дээрх S -өмнөд ба N -хойд чиглэл, T - нарны байрлал.

Доорх зурагт A_z -аар нарны ажиглагдах азимутын бөмбөлөг гурвалжин өнцгийг тэмдэглэв.

$$\sin z \cos A_z = -\cos \varphi \sin \delta + \sin \varphi \sin t \quad (1)$$

$$\sin z \sin A_z = \cos \delta + \sin t \quad (2)$$

(1) ба (2)-тэгшитгэлээс нарны азимут A_z -г тодорхойлдог. (2)-тэгшитгэлийг (1)-тэгшитгэлд хуваагаад цэгцлэн бичвэл доорх тэгшитгэл гарна.

$$A_z = \arctan \left[\frac{\sin t}{\sin \varphi \cos t - \cos \varphi \tan \delta} \right] \quad (3)$$

δ -нарны хазайлтын өнцгийг астрономийн цаглабараар тодорхойлдог. φ -эриний хувьсалтын хэмжилт хийж байгаа цэгийн өргөрөг, t -нарны цагийн өнцгийг олохдоо Гринвичийн цагийн өнцөг(GHA) дээр уртрагийг нэмдэг. Доорх тэгшитгэлд нарны хазайлтын өнцгийн ерөнхий хамаарлыг үзүүлэв.

$$\delta = \arcsin(\sin L \sin \varepsilon) \quad (4)$$

L -нарны үзэгдэх уртраг, ε -нарны эклиптийн замаас хазайх хазайлт. Нарны хазайлт болон хөөрөлтийн

тооцоонд Г.Г.Беннет 1980-онд зохиосон доорх орбитын параметруудийг ашигладаг (Jerzy Jankowski, Christian Sucksdorff.,1996).

$$\begin{aligned} M &= 358.475 + 35999.05T - \\ &- 360 \operatorname{int} \left[\frac{358.475 + 35999.5T}{360} \right] \\ V &= 63 + 22518T - 360 \operatorname{int} \left[\frac{63 + 22518T}{360} \right] \\ Q &= 332 + 33718T - 360 \operatorname{int} \left[\frac{332 + 33718T}{360} \right] \\ J &= 222 + 32964T - 360 \operatorname{int} \left[\frac{222 + 32964T}{360} \right] \\ \Omega &= 101 + 1934T - 360 \operatorname{int} \left[\frac{101 + 1934T}{360} \right] \quad (5) \end{aligned}$$

Нарны үзэгдэх уртраг нь доорх нийлбэрүүдээр илэрхийлэгдэх ба бутархай хэсгийг нь авч (4) томъёонд орлуулдаг(Jerzy Jankowski, Christian Sucksdorff.,1996).

$$\begin{aligned} L &= L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6 + L_7 \\ L &= L - 360 \operatorname{int}(L/360) \quad (6) \end{aligned}$$

L_1 -нь нарны үзэгдэх дундаж уртраг ба доорх илэрхийллээр тооцоолдог.

$$\begin{aligned} L_1 &= 279.69019 + 36000.76892T - \\ &- 360 \operatorname{int} \left[\frac{279.69019 + 36000.76892T}{360} \right] \quad (7) \end{aligned}$$

Нарны байрлал T -г доорх томъёогоор илэрхийлдэг.

$$T = \frac{JD + UT - 2415020}{36525} \quad (8)$$

T -нарны байрлал, UT -нь олон улсын цаг, JD - Жулианы өдөр, 36525-нэгэн зуун дахь өдрийн тоо; 1900-оны 1 дүгээр сарын 1 өдрийн олон улсын (UT) 00 цагт Жулианы өдрийн утга 2415020-той тэнцдэг.

Астрономийн тоололд Жулианы өдрийг МЭӨ 4713 оны 1 дүгээр сарын 1-ээс эхэлж тооцоолдог. Үүнийг доорх

томьёогоор илэрхийлдэг (Jerzy Jankowski, Christian Sucksdorff.,1996).

$$JD = \text{int}(365.25F) + \text{int}(30.6001(G+1)) + D - \text{int}\left(\frac{F}{100}\right) + \text{int}\left(\frac{F}{400}\right) + 1720996.5 \quad (9)$$

Энд сар нь 3-аас бага бол $F = \text{жил} - 1$ ба $G = \text{сар} + 12$, бусад тохиолдолд $F = \text{жил}$, $G = \text{сар}$, $D = \text{өдөр}$ гэж авдаг.

L_2 - г төвийн тэгшитгэл гэх ба доорх илэрхийллээр бичигдэнэ.

$$L_2 = (1.91945 - 0.00479T)\sin M + 0.02\sin 2M + 0.00029\sin 3M \quad (10)$$

Энд T -нь (8) тэгшитгэлд бичигдсэн нарны байрлал, M нь (5)-томьёонд бичигдсэн Г.Г.Беннетийн параметр болно.

L_3 -нь Сарны нөлөөг тооцсон нэмэлт гишүүн гэх ба доорх илэрхийллээр бичигддэг.

$$L_3 = 0.0017\cos(261 + 445267T) \quad (11)$$

Энд T -нь (8) тэгшитгэлд бичигдсэн нарны байрлал.

L_4 -Сугар гаригийн нөлөөг тооцсон нэмэлт гишүүн, үүнийг доорх тэгшитгэлээр илэрхийлдэг.

$$L_4 = 0.00134\cos(90 + V) + 0.00154\cos(90 + 2V) + 0.00069\cos(258 + 2V - M) + 0.00043\cos(78 + 3V - M) + 0.00028\cos(51 + 3V - 2M) \quad (12)$$

V ба M нь (5) томьёонд бичигдсэн Г.Г.Беннетийн параметрууд.

L_5 -нь Ангараг гаригийн нөлөөг тооцсон нэмэлт гишүүн:

$$L_5 = 0.00057\cos(90 + Q) + 0.00049\cos(306 + Q - M) \quad (13)$$

Q ба M нь (5) томьёонд бичигдсэн Г.Г.Беннетийн параметрууд.

Бархасбадь гаригийн нөлөөг тооцсон нэмэлт гишүүн:

$$L_6 = 0.002\cos(91 + J) + 0.00076\cos(270 + 2J) + 0.00072\cos(175 + J - M) + 0.00045\cos(293 + 2J - M) \quad (14)$$

J ба M нь (5) томьёонд бичигдсэн Г.Г.Беннетийн параметрууд. Уртраг дахь нутацийн нөлөө:

$$L_7 = 0.0047\cos(90 + \Omega) + 0.00035\cos(295 + 2M) \quad (15)$$

Ω ба M нь (5) томьёонд бичигдсэн Г.Г.Беннетийн параметрууд.

(4) тэгшитгэлд бичигдсэн ε -эклиптикийн замаас хазайх нарны хазайлт нь доорх томьёогоор илэрхийлэгддэг.

$$\varepsilon = 23.45229 - 0.01301T + 0.00256\cos\Omega \quad (16)$$

Ω -нь (5) томьёонд бичигдсэн Г.Г.Беннетийн параметр, T -нь (8) тэгшитгэлд бичигдсэн нарны байрлал болно.

Мөн (3)-тэгшитгэлд бичигдсэн нарны цаг t -нь доорх тэгшитгэлээр илэрхийлэгддэг.

$$t = GHA + \lambda \quad (17)$$

Энд λ нь газарзүйн уртраг буюу локал цагийн өнцөг юм. (GHA)-нь Гринвичийн цагийн өнцөг юм. Үүнийг доорх томьёогоор илэрхийлж бичдэг.

$$GHA = UT + 99.6913 + 36000.76892T + 0.917L_7 - \alpha \quad (18)$$

L_7 -нь (15)-тэгшитгэл бичигдсэн уртраг дахь нутацийн нөлөө, UT -олон улсын цаг, T -нь нарны байрлал, α -г нарны хөөрөлт гэнэ.

Нарны хөөрөлтийг дараах томьёогоор илэрхийлдэг.

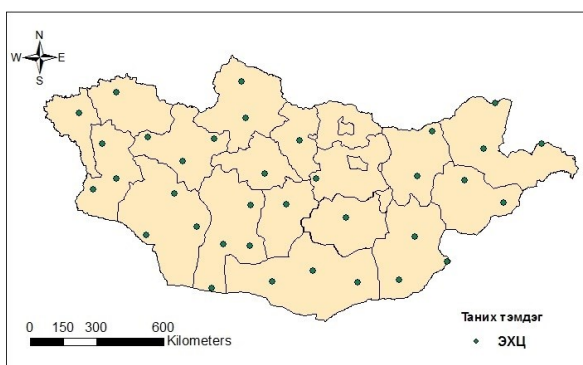
$$\alpha = \arctan(\sin L \cos \varepsilon \cos L) \quad (19)$$

Эцэст нь томьёо (3) –аар нарны азимут

A_Z -ыг тодорхойлох боломжтой боллоо. Бид нарны азимут A_Z -ыг дээр бичигдсэн бүх нөхцөлүүдийг тооцсон код бичиж, тодорхойлсон болно. Нарны азимут A_Z -ийг олсноор доорх хялбар илэрхийллээр содон цэгийн азимутыг олдог.

$$A_{zm} = A + (A_z - A_{sun}) \quad (20)$$

Энд A -нь ажиглалт хийж байгаа тухайн цэгийн азимут, A_{sun} - нь нарны хэмжилтийн утгуудын дундаж болно. Содон цэгийн азимутыг (20)-томьёогоор тодорхойлох боломжтой юм.



Зураг 2. Монгол орны эриний хувьсалтын цэгүүд, 2020 он

Судалгааны аргачлал

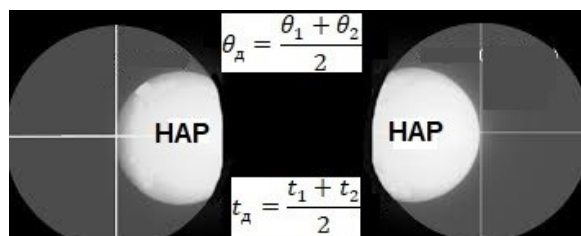
2020-онд Монгол орны нутагт жигд тархсан геосоронзон орны эриний хувьсалтын 36 цэгт нарны ажиглалтын хэмжилтийг LEMI-204 багажаар гүйцэтгэв. Цэгүүдийн байрлалыг зураг 2-т үзүүлэв.

Нарны хэмжилтийг нар өндөрт хөөрсөн их үдийн үеэр хийх тохиромжгүй байх ба өглөө, оройн цагаар нарны хөөрөлт намхан үед гүйцэтгэх нь илүү тохиромжтой байдаг. Учир нь нарны үзэгдэх өнцөг бага байх нь хэмжилт хийх хугацааг богиносгож, хэмжилтийг чанартай, алдаа багатай хийх боломжийг олгодог. Нэг удаагийн нарны хэмжилтийн үргэлжлэх хугацаа 10 минутаас хэтрэхгүй гүйцэтгэх шаардлага тавигддаг (L.R. Newitt, C.E. Barton, J.Bitterly., 1996).

Бид цэг тус бүр дээр 4-5 давтан хэмжилтийг дунджаар 5 минутын

хугацаанд хийсэн бөгөөд нийт 145 хэмжилтийн мэдээллийг уг судалгаанд ашиглав.

Хэмжилт хийхдээ нарны дугуйн баруун талд хэмжигчийн хуваарийг утгуулах байдлаар байрлуулаад нарны дугуй хэмжигчийн хуваарьтай давхцах моментод нарны байрлалын өнцөг ба цагийг тэмдэглэж авна. Улмаар нарны



Зураг 3. Нарны хэмжилтийн схем

дугуй хэмжигчийн хуваариас мултрах моментод нарны байрлалын өнцөг ба хугацааг тэмдэглэдэг (Luiz Muniz Barreto., 1996). Ийм дарааллаар хэмжилтийг 10 удаа хийж, нарны байрлалын өнцөг ба хугацааг бүртгэж авдаг.

Энэ хэмжилтийн схемийг зураг 3-т үзүүлэв.

Ингэж дундажласан утгууд нь (20)-тэгшитгэлийн A_{sun} -нарны хэмжилтийн утгуудын дундаж болно. Мөн (20)-тэгшитгэлийн A -нь нарны хэмжилт хийж байгаа эриний хувьсалтын цэгийн азимутын утга болно. (20)-тэгшитгэлийн A_Z -нарны азимутыг дээрх нөхцөлүүдийг тооцсон алгоритмаар код бичиж цэг нэг бүрд тодорхойлсон. Бид содон цэгийн азимутыг (20)-тэгшитгэлд бичигдсэн илэрхийллээр бодож, үр дүнг хүснэгт 1-д бичив.

Үр дүн ба хэлэлцүүлэг

Эриний хувьсалтын цэгүүд дээр (зураг 2-т үзүүлсэн) 2020 онд хийгдсэн нарны хэмжилтийн утгуудаар содон цэгийн азимутыг тодорхойлж, үр дүнг хүснэгт 1 үзүүлэв.

Алдархаан, Алтай хот, Баянхонгор хот, Булган хот, Ховдын Булган сум, Даланзадгад, Мандалговь, Ханбумбат,

Ховд, Чингис хаан зэрэг нисэх буудлууд дээрх эриний хувьсалтын цэгүүдийн байрлалд өөрчлөлт ороогүй бөгөөд 2015 ба 2020 оны содон цэгийн азимутын өнцгийн утгуудын өөрчлөлт нь 30 секундээс бага хэвийн байв.

Мөн Ховдын Булган, Хэнтийн Дадал, Ховдын Мөст, Өмнөговийн Ноён, Завханы Ургамал, Дорнодын Халхгол, Баянхонгорын Шинэжинст, Сүхбаатарын Эрдэнэцагаан зэрэг сумуудад болон Сэгс цагаан богдын эриний хувьсалтын цэгүүдийн байрлалд өөрчлөлт нь ороогүй. Эдгээр цэгүүд дээр содон цэгийн азимутын утгуудад өөрчлөлт 30 секунд орчим байсан. Баруун-Урт, Өлгий, Замын-Үүд, Улаангом хотуудад болон Говь-Алтайн Алтай, Эрдэнэ, Дорноговийн Хатанбулаг, Өвөрхангайн Богд, Хөвсгөлийн Ринчинлхүмбэ, Дорнодын Чулуунхороот, Төв аймгийн Эрдэнэсант сумуудын эриний хувьсалтын цэгүүд дээр

сумын газар олголт хийгдсэн, шинээр сайжруулсан авто зам тавигдсан, дулааны шугам шинээр тавьсан зэрэг шалтгаанаар цэгүүд устсан тул эдгээр цэгүүдийг шилжүүлэв.

Мөн эриний хувьсалтын цэгийн нягтралыг нэмэх зорилгоор Сүхбаатарын Түвшин ширээ, Баянхонгорын Баянлиг, Завханы Тосонцэнгэл сумуудад шинээр цэг байгуулж, содон цэгийн азимутыг тодорхойлсон.

Бид эдгээр содон цэгүүдийн азимутын утгуудыг ашиглан тухайн цэгүүд дээрх геосоронзон орны хазайлтын өнцгийн утга болон бусад элементүүдийг утгуудыг тооцоолоход ашиглах болно.

Дүгнэлт

Энэ ажлаар 2020 онд эриний хувьсалтын цэгүүд дээр хийгдсэн нарны хэмжилтийн утгуудаар содон цэгийн азимутыг тодорхойлов. Эдгээр цэгүүд дээрх содон цэгийн азимутын өнцгийн утга нь 2015-оныхоос 30 секундээс хэтрэхгүй зөрөөтэй байгаа тул геосоронзон орны бусад элементүүдийг тодорхойлох судалгаанд ашиглах боломжтой гэж дүгнэж байна.

Нарны хэмжилтийн энэ аргаас гадна сүүлийн үед шинжлэх ухаан технологи хөгжсөн улсуудад дифференциал GPS ашиглан дурын 2 цэгийн азимутыг тодорхойлдог арга дэлгэрч, богино хугацаанд өндөр нарийвчлалтай олон цэгийн мэдээллийг бүртгэж авах дэвшилтэт технологи нэвтэрсэн байна. Манай орны хувьд эриний хувьсалтын судалгаанд энэ технологийг нэвтрүүлэх шаардлага байна.

Ном зүй

Jerzy Jankowski, Christian Sucksdorff.,1996, "Guide for magnetic measurements and observatory practice", International Association of Geomagnetism and Aeronomy, Warszawa, Poland, ISBN: 0-9650686-2-5, P118-124.

Luiz Muniz Barreto., 1996, Methods of Azimuth Determination at a Magnetic Repeat

Хүснэгт 1. Эриний хувьсалтын цэгийн нэр, байрлал, содон цэгийн азимут

№	Эх цэгийн нэрс	Өргөрөг [град]	Уртраг [град]	Өндөр [м]	Азимут [град]
1	Алдархаан	47.7136	96.5267	1745	100.6037658
2	Алтай сум	44.6256	94.9286	1455	28.00326268
3	Алтай хот	46.3769	96.2339	2183	167.6456225
4	Арвайхээр	46.2597	102.792	1809	120.2938765
5	Баруун-Урт	46.97	113.288	1109	121.6224975
6	Баянлиг сум	44.54	100.829	1341	27.34078228
7	Баянхонгор хот	46.175	100.704	1858	79.18926599
8	Богд сум	44.6742	102.176	1518	52.54949699
9	Булган хот	48.8536	103.486	1289	109.6685515
10	Булган сум	46.1036	91.5808	1190	142.7011171
11	Дадал сум	49.0367	111.647	947	49.40118779
12	Даланзадгал	43.6067	104.369	1455	21.76056348
13	Замын-Үүд	43.7664	111.839	959	26.4164269
14	Мандагговь	45.7428	106.264	1392	155.0328286
15	Мөрөн хот	49.6636	100.09	1304	63.5639904
16	Мөст сум	46.6806	92.8072	2040	119.1776689
17	Ноён сум	43.1483	102.132	1868	14.40571011
18	Өлгий хот	48.9897	89.9231	1728	136.718132
19	Ринчинлхүмбэ	51.1142	99.6636	1579	112.3623909
20	Сайншанд хот	44.8772	110.119	938	33.97254732
21	Сэгс цагаан богд	42.7592	98.8131	1588	176.0629863
22	Тосонцэнгэл	48.7394	98.2739	1709	146.6693903
23	Улаангом хот	50.0636	91.9386	914	130.5957788
24	Ургамал сум	48.5161	94.2869	1269	69.22550854
25	Халдгол сум	47.9906	118.109	605	179.1181288
26	Ханбулаг	43.1378	106.843	1198	16.53165141
27	Хатанбулаг	43.167	109.144	1122	159.1177861
28	Ховд хот	47.9639	91.623	1448	9.886687828
29	Цэцэрлэг	47.4831	101.447	1754	144.6593701
30	Чингис	47.3067	110.596	1142	145.2656955
31	Чойбалсан	48.1367	114.630	740	41.3946975
32	Чулуунхороот	49.8767	115.699	617	49.2457184
33	Шинэжинст	44.5469	99.275	2216	45.94048008
34	Эрдэнэсант	47.3367	104.504	1342	78.14453699
35	Эрдэнэ сум	45.1647	97.7006	2453	120.4298701
36	Эрдэнэцагаан	45.9064	115.360	1098	14.82999671

Station: A Comparison, J. Geomag. Geoelectr., vol. 48, P.1523-1530.

L.R. Newitt, C.E. Barton, J.Bitterly., 1996, "Guide for magnetic repeat station surveys" International Association of Geomagnetism and Aeronomy, ISBN: 0-9650686-1-7, P33-41

Abstract. In this paper, azimuth mark on 36 points of secular variation in Mongolia territory were determined by observing the Sun in 2020. The observing the Sun were done by theodolite LEMI-204. The method to calculate azimuth marks are based on the algorithm by G. G. Bennett (1980). We write also a code obtaining azimuth mark by this algorithm. The magnetic declination and other geomagnetic elements in 2020 will be defined by the azimuth mark.

Keywords: *Era evolution, visible angle of the sun*

ХҮЧТЭЙ СОРОНЗОН ШУУРГАНЫ СУДАЛГАА

Б. Амаржаргал¹, Ү.Сүхбаатар¹, Xiuhong Han²

ШУА-ийн Одон орон, Геофизикийн хүрээлэн

² *Hebei GEO University, Shijiazhuang, Hebei*

amaraa9890@yahoo.de

Хураангуй. 2015 оны 3 сарын 17-ны өдөр ажиглагдсан хүчтэй соронзон шуурганд судалгаа хийж, шуурганы үеийн конвекцийн урсгал ба туйлын оройн хэсгийн өөрчлөлт, цэнэгт мандлын параметруудийн өөрчлөлтийг цаг хугацааны болон орон зайн хувьслын өндөр нарийвчлалтай ажиглалтыг үзүүлэв. Судалгаанд Super DAR Auroral Radar Network (SuperDARN), GPS-ийн мэдээлэл, соронзон оргилын мэдээлэл, хиймэл дагуулуудын мэдээллүүдийг тус тус үндэслэсэн болно.

Түлхүүр үг. Соронзон шуурга, электроны нийт агууламж (TEC), Гариг хоорондын соронзон орон (ГХСО), Туйл орчмын супер радаруудын сүлжээ (Super Dual Auroral Radar Network –SuperDARN)

Оршил

Соронзон шуурганы динамикийг судлах олон аргууд байдаг. Бид 1980-аад онуудад ОХУ-ын Эрхүү хот дахь Нардэлхийн физикийн хүрээлэнд боловсруулсан магнитограммын урвуу арга (ТИМ)-аар дэлхийн туйл орчмын болон дунд өргөргийн соронзон оргилуудад бүртгэгдсэн соронзон шуурга, буснилын мэдээлэлд үндэслэн соронзон, цэнэгт мандлуудын цахилгаан соронзон орон, энергийн болон орчны физик шинж чанаруудад нарны салхины параметрууд (динамик даралт, хурд, нягт, гариг хоорондын орчны соронзон орны байгуулагчид)-ын өөрчлөлт хэрхэн нөлөөлж байгааг судалж ирсэн. Энэ судалгааны аргазүйн талаар ООГХ-гийн тайланд тодорхой тусгасан байдаг (Сүхбаатар, 2016).

Сүүлийн жилүүдэд эрдэмтэд дэлхийн соронзон оргилын мэдээллээс гадна шинэ арга болох “SuperDARN” туйл орчмын радарын сүлжээ станцуудын мэдээллийг боловсруулалтад ашиглах боллоо. (Ruohoniemi, 2000). Судалгааны ажилдаа соронзон оргилуудын, GPS-ийн мэдээлэл болон SuperDURN радарын сүлжээ станцын мэдээллийг ашиглан

хүчтэй соронзон шуурганы судалгаа хийхийг зорилоо. Энд Гэгээн Патрикийн гэж нэрлэгдэх 2015 оны 3 сарын 17-нд ажиглагдсан маш хүчтэй соронзон шуурганы тохиолдлыг ашигласан. Энэ ажил нь хүчтэй шуурганы судалгааны эхлэл юм.

Онолын үндэс

Нарны салхи дэлхийн соронзон оронтой харилцан үйлчлэлцсэний улмаас соронзон мандалд их хэмжээний плазмуудын шилжилтийг үүсгэдэг.

Нарны салхины цахилгаан орон гариг хоорондын соронзон орон (ГХСО)-той харилцан үйлчлэлцсэний дүнд цэнэгт мандалд босоо чиглэлтэй плазмын хөдөлгөөн үүсэхийг (ExB) цэнэгт мандал дахь конвекцийн үзэгдэл гэнэ. Цэнэгт мандлын конвекц нь тогтвортой байх ба туйл орчмын дээд өргөргийн 60-80° цэнэгт мандал дахь плазмуудын конвекц маш хүчтэй өөрчлөгдөж байдаг. ГХСО, үндсэндээ соронзон орны босоо байгуулагч Bz нь соронзон мандал, цэнэгт мандлын холбоонд гол үүрэг гүйцэтгэдэг бөгөөд өдрийн талдаа соронзон орны эсрэг чиглэсэн бол соронзон мандал нээлттэй гэж үздэг. Энэ үед соронзон орны хүчний шугамууд

тасарч нарны салхи өдрийн талаас шөнийн тал руу соронзон орныг зөөвөрлөнө. Үүнийг өдрийн талын соронзон хүчний шугамын дахин нэгдэх процесс гэх ба соронзон мандлын сүүл хэсэг буюу шөнийн талд энерги хуримтлагдах үед хүчний шугам тасарч мөн соронзон орны хүчний шугам дахин нэгдэх үзэгдэл явагддаг. Эдгээр плазмууд дэлхий рүү шидэгдэхдээ дээд болон доод туйлын орой хэсгээр туйлын туяаны бүс рүү нэвтрэн орж ирдэг. (Dunguy,1961).

Гадаад соронзон орны гол үүсгүүр нь наран дээр явагдаж байгаа идэвхт процессууд бөгөөд үүний, нэг нь, нарны титэм дэх тэсрэлтийн улмаас өндөр хурд (200 ÷ 800 км/с)- тай шидэгдсэн өндөр нягттай цэнэглэгдсэн бөөмс (Coronal Mass Ejection – CME), нөгөө нь, наран дээр үүссэн толбоноос гаралтай өндөр хурд бүхий муж (Co-rotating Interaction Region – CIR)-аас гарч буй бөөмс бүхий плазмын урсгал бөгөөд үүнийг “нарны салхи” гэж нэрлэдэг. Нарны салхи нь гариг хоорондын орчноор дамжин дэлхийн соронзон мандлыг хүчтэй шахсанаар соронзон давхаргад олон төрлийн буснилыг үүсгэдэг.

Соронзон буснилыг ажиглагдаж байгаа шинж чанараас нь хамааруулан огцом импульс (sudden impuls–SI), шуурганы огцом эхлэл (storm sudden commencement–SSC буюу sudden commencement–SC) гэж ангилдаг. Огцом импульс нь CME-ийн нөлөөгөөр үүсэх бөгөөд эрчим нь бага үед ихэвчлэн соронзон эгэл шуурга (substorm, суббурия) үүсгэж дэлхийн хойд, урд туйлын орчимд тод ажиглагддаг (McPherron, 2020).

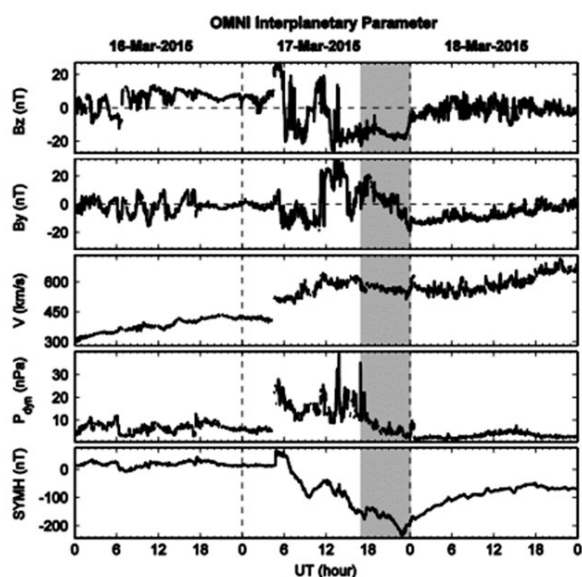
Судалгааны арга зүй, аргачлал, хэмжилт

Гэгээн Патрикийн шуурга буюу 2015 оны 3-р сарын 17-ны өдөр ажиглагдсан Нарны идэвхжлийн 24 циклийн маш хүчтэй

соронзон шуурганд (Kusano, 2015) дүн шинжилгээ хийлээ.

А. Нарны салхины параметр. Наран дээр болсон тэсрэлтийн улмаас 2015 оны 3 сарын 17-нд дэлхийн гадаргуу дээр Гэгээн Патрикийн гэж нэрлэгдсэн маш хүчтэй соронзон шуурга болсон. Гариг хоорондын соронзон орон (ГХСО) хүчтэй өөрчлөгдөж соронзон орны босоо байгуулагч B_z эсрэг утгаасаа эерэг утга руу, е.х., чиглэл нь дэлхийн соронзон орны эсрэг чиглэлээс чиглэлийн дагуу өөрчлөгдсөн. Нарны салхины плазмын нягт хүчтэй өөрчлөгдөж $N_p \sim 35 \text{ см}^{-3}$ хүрч, 05:00UT үед нарны салхины динамик даралт $P \sim 15 \text{ нПа}$ хүртэл өссөн. 04:46UT-нд нарны салхины хурд $V = 400 \text{ км/с}$ -ээс 500 км/с хүрсэн. ГХСО-ны босоо байгуулагч B_z 06:00UT цагт хойноос урагш шилжиж байна. Шуурганы гол фаз 07:00UT үед хамгийн их утгандаа хүрч (SYM-H $\sim 230 \text{ нТл}$), авралын индекс 1600 нТл гаруй болтол өссөн.

Б. Олон улсын хиймэл дагуул-OMNI (<https://omniweb.gsfc.nasa.gov/>)-ын мэдээллийг (Зураг 1) -д харуулав.

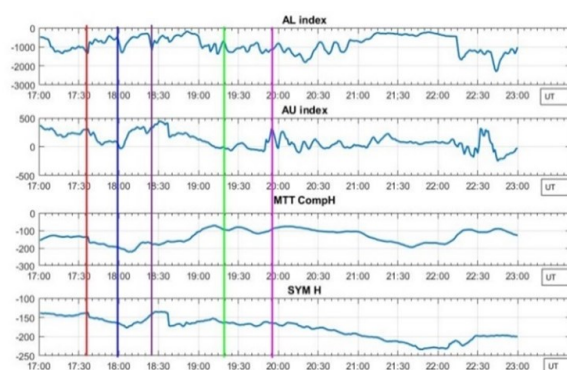


Зураг 1. Гариг хоорондын соронзон орны параметрууд: ГХСО орны байгуулагч - B_z, B_y , нарны салхины хурд V , SYMH - соронзон идэвхжлийн индекс (Kusano, 2015)

Зургаас харахад 2015.03.16-ны 06:00UT цагт огцом эхлэлтэй импульс SSC ажиглагдаж, нарны салхины хурд V 600 км/с хүрч, нарны салхины хүчтэй даралтын улмаас гариг хоорондын соронзон орны байгуулагч эерэг утгатай ажиглагдаж байна. Шуурганы огцом эхлэлийн SSC-ийн дараагаар 2015.03.16-ны 07:00UT цагт соронзон идэвхжилийн индекс SYM/H нь багасаж 23:00UT хамгийн бага утгадаа хүрээд буцаад ихсэж 03 сарын 18-ны 18:00UT цагт хэвийн түвшинд хүрч байна. Энэ хугацаа нь (2015.03.17-ны 07:00 UT-аас 2015.03.18-ны 18:00 UT) Патрикийн соронзон шуурганы үргэлжлэх хугацаа юм.

В. Таван толгой соронзон оргил. Энэ цэгийн газар зүйн байрлал нь хойд өргөргийн $\phi = 47^{\circ}53.1357$, зүүн уртрагийн $\lambda = 106^{\circ}20.4941$. Геосоронзон солбицлын системд геосоронзон өргөрөг 38.12N ба уртраг нь 179.30E. Соронзон оргилд соронзон орны үнэмлэхүй утгыг хэмжих Украин улсад үйлдвэрлэсэн DI магнитометр Леми-204, соронзон орны хувьслыг бүртгэх Леми-30 магнитометр ашигладаг. Таван толгой соронзон оргил (МТТ)-д ажиглагдсан соронзон хувьслын ажиглалт харуулав (Зураг 2).

Соронзон шуурганы эрчмийг экваторын цагираг гүйдлээр илэрхийлнэ.



Зураг 2. Таван толгой соронзон оргилд ажиглагдсан соронзон шуурга. Соронзон орны хэвтээ байгуулагч Н. Шуурганы үед ажиглагдсан туйлын соронзон идэвхжлийн индекс - AU, AL болон соронзон идэвхжлийн индекс - SYM H.

Энэ идэвхжилийн индексээс шуурганы өрнөлийг харахад шуурга огцом үсрэлт бүхий эхлэлтэй, шуурганы өрнөлийн үе нь 2 огцом импульс бүхий үсрэлттэй бөгөөд утга нь -240 нТл хүрсэн гол фазаас бүрдэж байна. SSC-ийн өөрчлөлт нь соронзон заагийн гүйдлийн зүүн чиглэснээр тодорхойлогдох ба цагираг гүйдлийн нөлөөгөөр сэргэлтийн фаз хэвийн түвшиндээ хүрнэ. Энэ үед туйлын идэвхжилийн индекс AE (auroral electrojet) хамгийн их эрчим 1200 нТл хүрсэн.

Үр дүн, дүгнэлт

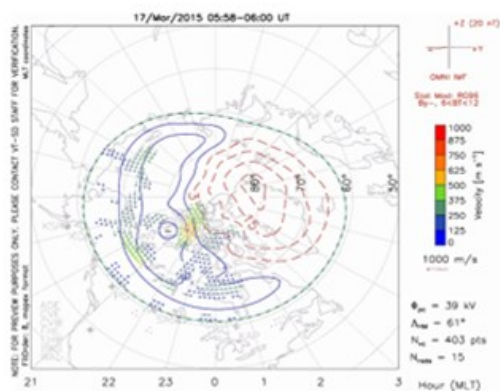
1. Цэнэгт мандал дахь конвекцийн тусгал

2018 оноос манай соронзон судлалын салбар цэнэгт мандлын электроны бүрэн агууламжийг (TEC, total electron content $TECU = 10^{16} \text{el/m}^2$) бүртгэх станцыг суурилуулан шуурганы үед маш хүчтэй буснилд орсон цэнэгт мандлын төлөв байдлыг судлах судалгааг хийж эхэллээ.

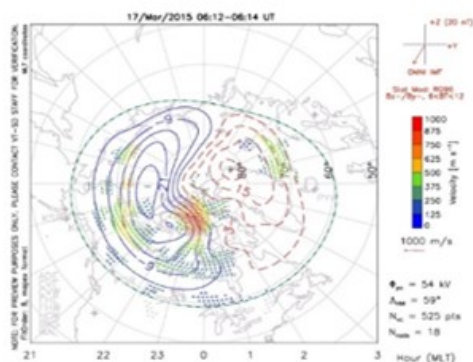
Бид цэнэгт мандлын динамик, процессын судалгаанд олон улсын загвар – IRI, NeQuick, хойд болон өмнөд туйлуудыг холбосон радарын сүлжээ станц болох SuperDARN-ны мэдээллээр соронзон шуурганы үеийн цэнэгт мандлын плазмын конвекц, электроны нийт агууламжийг тодорхойлж соронзон шуурга эхлэх, өрнөх, үргэлжлэх, шуурганы үе буцаж сэргэх үеийн цэнэгт мандлын төлөв байдлыг судаллаа (Зураг 3).

Сүүлийн зураг дээр улаан өнгөөр хар цагирган дотор конвекцийн үзэгдэл маш хүчтэй явагдаж байгаа нь ажиглагдлаа. Судалгааны үр дүнгээс харахад соронзон туйл орчмын бүсэд плазм богино хугацаанд өндөр хурдтай баруун шилжиж энэ орчныг экватор руу өргөтгөж туйлын туяа дундаж өргөрөг рүү ажиглагдах магадлал ихсэж байна. Нарнаас ирэх их энергитэй бөөмс нь

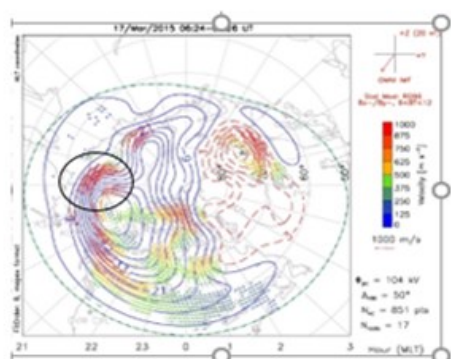
дэлхий рүү дамжих гол суваг бол хойд болон урд туйлын бүсүүд байдаг. Ийм учраас хойд болон урд туйлын дээд өргөргийн туйл орчмын авторын бүс судалгааны гол муж юм.



а



б

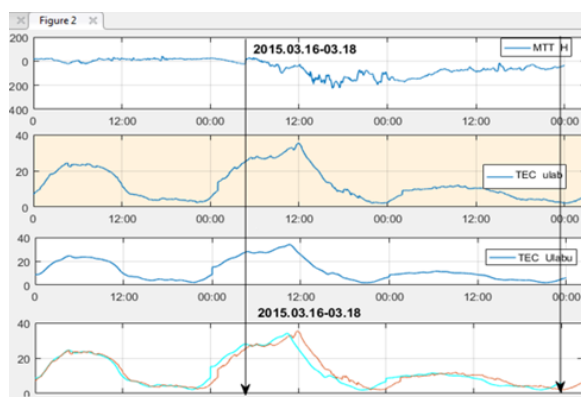


в

Зураг 3. 2015,03,17 ны өдрийн SuperDARN-радарын мэдээллээр конвекцийн урсгал ажиглагдсан байдал. а. Шуурга эхлэхийн өмнөх цэнэгт мандлын төлөв, б. Шуурганы өрнөлийн үеийн төлөв, в. Шуурганы дараах цэнэгт мандлын сэргэлтийн үеийн төлөв

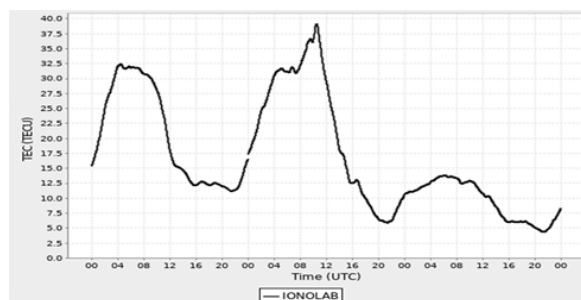
2. Цэнэгт мандлын электроны нийт агууламж (TEC)

Газарт суурилласан GPS-ийн сүлжээ станцын ажиглалтаар цэнэгт мандлыг зайнаас тандаж электрон агууламжийг тодорхойлох мэдээлийн санг бүррдүүлэх судалгааны ажлыг ООГХ-ийн астрономийн салбарын эрдэмтэд (Sh. Amajargal 1, 2016) амжилттай хийж ирсэн ба энэ мэдээллээр бид Улаанбаатар хотын ULAB станцын мэдээллээр соронзон шуурганы үе дэх TEC-ийг тодорхойллоо (Зураг 4).



Зураг 4. Соронзон оргилын хэвтээ байгуулагч H , Улаанбаатар сүлжээ ULAB станцын Электроны нийт агууламж-ЭНА, 2 хар зураасний хооронд 2015.03.17-ны 00:00UT-2015.03.19 ны-00:00UT

Хувьсах соронзон орны судалгааны нэг хэсэг нь цэнэгт мандлын төлөв байдлыг тодорхойлох бөгөөд IRI-2016 загварыг ашиглан электроны нийт агууламжийн судалгааг хийлээ (Зураг 5). <https://cddis.nasa.gov/>



Зураг 5. Электроны нийт агууламж 2015.03.17-ны 00:00UT-2015.03.19 ны-00:00UT

Огцом импульс бүхий хүчтэй соронзон шуурганы үед ЭНА нь 2015.03.17 нд

12:00UT нд хамгийн их утга 40TEC хүрч, үүний дараа 2015.03.18 нд буцаж хэвийн утгандаа буюу 12TEC болсон нь соронзон шуурганы үед цэнэгт мандал хүчтэй буснилд ордгийг харуулж байна.

Дүгнэлт

Судалгааны үр дүнгээс харахад соронзон туйл орчмын бүсэд плазм богино хугацаанд өндөр хурдтай баруун шилжиж энэ орчныг экватор руу өргөтгөж туйлын туяа дундаж өргөрөг рүү ажиглагдах магадлал ихсэж байна. Нарнаас ирэх их энергитэй бөөмс нь дэлхий рүү шидэгдэж соронзон оргилуудад соронзон хувьсалаар ажиглагддаг.

Соронзон оргилуудын мэдээлэл, цэнэгт мандлын станцын мэдээлэлд тулгуурлан нарнаас дэлхийн хүртэлх физик холбооны тухай судалгааны ажил хийгдэж байгаа нь дэлхий даяар өргөжиж байгаа “сансрын цаг уур” хөтөлбөрт олон улсын эрдэмтэдтэй хамтран оролцох өргөн боломж нээгдэж байгаа юм.

Талархал

ШУА-ийн ООГХ-н соронзон судлалын салбарын хамт олон, олон улсын SuperDARN радарын сүлжээ <http://vt.superdarn.org/>, олон улсын соронзон оргилуудын мэдээлэл <https://intermagnet.org>, <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/>, <https://omniweb.gsfc.nasa.gov/>, -д талархал илэрхийлье.

Abstract

In this work we studied multi-instrument observation the St.Patrick's Day geomagnetic storm of 2015. We show the high-resolution observations of the temporal and spatial evolution of the convection flow and polar cap patch during the St. Patrick Storm on 17 March 2015 made by the Super Dual Auroral Radar Network (SuperDARN), the Global Positioning System (GPS), respectively.

Keywords: Magnetic storm, total electron content (TEC), interplanetary magnetic field (IRF), Super Dual Auroral Radar Network - SuperDARN

Ном зүй

- Dungey, J.W. (1961). Interplanetary magnetic field and auroral zones. *Physical review letters*, 6-47.
- Kusano, Y. K. (2015). No Major Solar Flares but the Largest Geomagnetic Storm in the Present Solar Cycle. *Space weather*, 365-367.
- Liu, J. (2016). Profiles of ionospheric storm-enhanced density. *JGR Space physics*, 727-744.
- McPherron, R. L. (2020). Early Studies in Solar Wind Coupling and Substorms. *JGR Space physics*, 1-17.
- Oksavik, Y. J. (2018). GPS Scintillations and Losses of Signal Lock at High Latitudes During the 2015 St. Patrick's Day Storm. *JGR Space physics*, 123.
- Ruohoniemi, S. G. (2000). Electrostatic potential patterns in the high-latitude ionosphere constrained by SuperDARN measurements. *JGR space physics*, 23.005-23.014.
- Sh. Amarjargal 1, D. B. (2016). Space geodetic activities at the Astronomical Observatory of Mongolia. *Journal of Geotetic Science*, 111-119.
- Сүхбаатар, Ү. (2016). Дэлхийн соронзон орон ба геомандлын физик 2004-2016.

GPS ИОНОСФЕР МЭДЭЭГЭЭР САНСАРЫН ЦАГ АГААРЫГ СУДАЛСАН ЗАРИМ ҮР ДҮНГҮҮД

Д.Баатархүү, Ш.Амаржаргал

ШУА-ийн Одон орон, Геофизикийн хүрээлэн

baatarkhuu@iag.ac.mn

Хураангуй. Энэхүү ажилд сансрын цаг агаарыг тодорхойлогч нар болон геосоронзон идэвхжил нь Дэлхийн ионосферийн давхаргад хэрхэн нөлөөлж байдгийг GPS дохио тархалтын хугацааны сааталд дүн шинжилгээ хийж харууллаа. Бид энэ судалгаанд 4-н GNSS (Global Navigation Satellite System) суурин станцын 2008-2016 оныг хамарсан хос давтамжийн мэдээ ашигласан бөгөөд 15 минутын электроны нийт агууламжийн дундаж утгаар байгуулсан урт хугацааны цуваанд статистик шинжилгээ хийсэн болно. Ионосфер дэх электроны агууламжийн үет хэлбэлзлийг Нарны идэвхжил (толбоны тоо) болон Нарны F10.7 урсгалтай харьцуулж хамаарлын коэффициент 0.73 ба 0.7 байгааг тодорхойллоо. Мөн электроны хэмжээ хавар, намартаа их утгаа авахын зэрэгцээ хаврын тэнцлийн үеийн электроны хэмжээ намрынхаас их байж хагас жилийн аномалийг илтгэж байна. Электроны агууламжийн гэнэтийн өөрчлөлтийг 2015 оны 3 сарын 17-ны супер геосоронзон шуурга, 2017 оны 9 сарын 6-9-ны хооронд болсон нарны хүчтэй тэсрэлтүүд, нарны титмийн масс шидэгдэлтээс үүдэлтэй геосоронзон шуургын үеийн мэдээгээр шинжиллээ. Энэ үед манай өргөргийн GPS станцуудын (ULAB 47.86N, 107.06E, HOVD 48.00N, 91.66E, CHOB 48.08N, 114.53E, DALN 43.56N, 104.42) бүртгэсэн электроны агууламж огцом ихсэж 35 нэгж хүрч дараагийн өдөрт нь огцом буурч 10 нэгж хүрч байгаа нь ионосфер дэх электроны агууламж эдгээр үзэгдлүүдийг илтгэгч нэгэн параметр мөн болохыг харуулж байна.

Түлхүүр үг: GPS, TEC, ЭНА, Ионосфер, сансрын цаг агаар, электроны нийт агууламж, нар, нарны идэвхжилт, геосоронзон шуурга

Оршил

Сансрын цаг агаарын (СЦА) гол эх үүсвэрт Нар буюу нарны идэвхтэй динамик үзэгдлүүд, манай Дэлхий болон бусад гариг эрхэсүүдэд нөлөөлж буй хүчин зүйлүүд ордог. Түүний үндсэн шалтгаан нь нарны дэлбэрэлтийн үйл ажиллагаа юм. (Mansoori, 2018). Нарны салхи болох СЦА нь Дэлхийн магнетосфер, ионосфер, термосфер давхаргууд болон сансар/газарт суурилсан технологийн системийн үйл ажиллагаанд нөлөөлөхөөс гадна хүчтэй хувьсал нь хүний амь нас, эрүүл мэндэд ч аюул учруулж болзошгүй байдаг. (Yasyukevich, 2018).

Дэлхийн ионосферийн давхарга нь агаар мандлын хамгийн дээд хэсэг болох

50-1000км-т орших иончлогдсон бүс бөгөөд түүний шинж чанарыг тодорхойлдог чухал параметруудийн нэг нь электроны нийт агууламж (ЭНА) юм. ЭНА-д дараах хүчин зүйлүүд голлон нөлөөлдөг: нарны салхи, нарны идэвхжилтийн өөрчлөлт, нарны тэсрэлт, нарны титмийн масс шидэлт, нарны энергитэй бөөмс, өндөр эрчмийн хэт ягаан цацраг, геосоронзон шуурга (Berdermann, 2018). Иончлолтын хэмжээ газарзүйн байрлал, цаг хугацаанаас хамаардаг бөгөөд экваторын, нам, дунд өргөргийн болон туйлын бүсэд харилцан адилгүй байдаг.

Сүүлийн үед дунд өргөргийн ионосферийн судалгаа олон улсад эрчимтэй явагдаж байна (Eltrass, 2015),

(Ansari, 2019). Нам өргөрөгт (геосоронзон экватороос хоёр тийш -20 ба +20 хооронд) экваторын аномаль ажиглагддаг. Энэ аномаль нь геосоронзон экваторт электроны нягтын хэмжээ онцгой их байдгаас улбаатай. Дунд өргөрөг бага хувьсалтай, харин дээд өргөрөгт, ялангуяа, 60-70 хооронд (туйлын туяа үзэгдэх бүсэд) нам өргөргийн хувьслаас ч илүү нөлөө бүхий богино хугацааны хувьсал ажиглагддаг (ШУА, Одон Орон Геофизикийн Хүрээлэн, тайлан, 2005-2007). Манай орны нутаг дэвсгэр ионосферийн дунд өргөргийн бүсэд хамаарагддаг. Бид Одон орон геофизикийн хүрээлэнгийн IGS-ULAB (47.86N, 107.06E), HOVD (48.00N, 91.66E), CHOB (48.08N, 114.53E) and DALN (43.56N, 104.42) гэсэн GNSS/GPS станцуудын ажиглалтын мэдээг ашиглан ЭНА-ийн хэмжээ, өөрчлөлтүүдийг тодорхойлон, Нар-Дэлхийн харилцан үйлчлэлийн нөлөөг ионосферийн төлөв байдлаар дамжуулан судалж байна. (Sh.Amarjargal, 2016). Энэ судалгаанд бид Олон улсын SOHO (Solar and Heliospheric Observatory- Нар Гелиосферийн Ажиглалтын Төв), SIDC (Solar Influences Data analysis Center – Нарны нөлөөллийн Дата анализын Төв), WDC-Kyoto (World Data Center-Kyoto, Киотогийн Дэлхийн Дата Төв) зэрэг төвүүдийн өгөгдлийг ашиглан харьцуулалт хийсэн болно.

Судалгааны арга зүй

Электроны нийт агууламжийн арга

Ионосферт агуулагдах иончлогдсон бөөмс болон чөлөөт электронууд радио долгионы тархалтанд хамгийн их нөлөө үзүүлдэг. ЭНА-ийг ионосферийн давхаргад перпендикуляр байрласан нэг метр квадрат хөндлөн огтлолтой цилиндр хоолойд агуулагдах электроны нийт тоогоор тодорхойлдог (Gebreselasse, 2017), (Jacobi, 2016). Түүний 1016electrons/m^2 хэмжээг ЭНА-ийн нэг нэгжээр тооцон 1TECU гэж

тэмдэглэнэ ($1\text{TECU}=1016\text{electrons/m}^2$, ЭНАн). ЭНА-ийг GPS-ийн хувьд псевдозай (P) ба фазын (F) ажиглалтуудын аль алианаар нь тодорхойлох ба псевдозайгаар тодорхойлсон ЭНА нь үнэмлэхүй (Тэгшитгэл 1), харин фазын хэмжилтээс тооцоолсон нь харьцангуй утга илэрхийлдэг (Тэгшитгэл 2), (Sh.Amarjargal, 2016), (Gebreselasse, 2017).

$$TEC_P = \frac{1}{40.3} \frac{f_2^2 f_1^2}{f_2^2 - f_1^2} (P_2 - P_1 - b_r + b_s) \quad (1)$$

$$TEC_\phi = \frac{1}{40.3} \frac{f_2^2 f_1^2}{f_2^2 - f_1^2} [(\phi_1 - \phi_2) - \varepsilon_{\phi 12} - b_r + b_s - \lambda_1 N_1 - \lambda_2 N_2] \quad (2)$$

энд L1 ба L2 нь f_1 ба f_2 давтамж дээр хийсэн зөөгч фазын хэмжилт, 1 ба 2 нь f_1 ба f_2 давтамжинд харгалзах долгионы урт, $f_1=15.7542$ ГГц ба $f_2=12.2760$ ГГц - GPS-ийн зөөгч дохионы давтамжууд. GPS техникээр байршил тодорхойлоход хамгийн том алдааны эх үүсвэр нь ионосфер юм. Харин ионосфер нь радио дохионы хувьд дисперси чанартай тул энэ чанарт нь суурилан хоёр-давтамж ашиглан дохио тархалтанд үзүүлэх ионосферийн саатлыг тодорхойлж болдог. Энэ саатлын хэмжээ дохио тархалтын зам дагуу интегралчилсан электроны нийт агууламжтай (ЭНА) пропорциональ байна (ШУА, Одон Орон Геофизикийн Хүрээлэн, тайлан, 2005-2007).

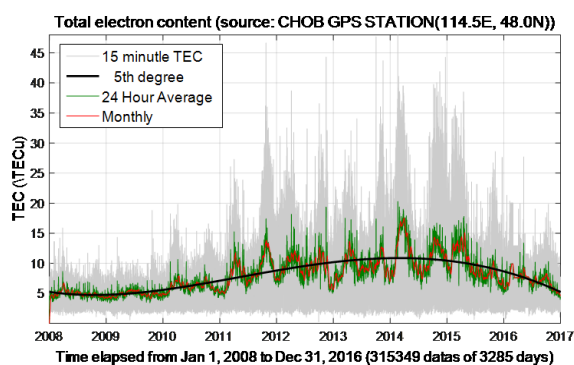
Электроны нийт агууламжийн өөрчлөлт

Бид CHOB GPS станцын 2008-2016 онуудын ажиглалтаас ионосфер дэх ЭНА-г тодорхойлж түүний 15 минутын дунджаар хугацааны цуваа (Зураг 1) байгуулж статистик үнэлгээ хийж өдрийн болон сарын явц, өөрчлөлтүүдийг тооцоолон гаргасан.

CHOB GPS станцын ЭНА-ийн хэмжээ 2008-2013 оны хооронд аажмаар өсч

2013, 2014 онд хамгийн их утгандаа хүрээд 2015, 2016 онуудад буурч байгаа нь Зураг 1-ээс тодорхой харагдаж байна.

Мөн ЭНА-ийн хэмжээ 182,5 хоног буюу 6 сарын хугацаатай идэвхжиж, хавар болон намрын тэнцлийн үеүдэд их утга авч байна. Ийм дүр зураг ерөнхийдөө нам болон дунд өргөргийн өөр станцуудад ч мөн ажиглагддаг (Patel, 2017), (Ansari, 2019), (Lastovicka, 2017) (Jacobi, 2016). Үүний зэрэгцээ, жил бүр хаврын ЭНА утга нь намрыхаасаа 2 дахин их байгаа нь олон жилийн мэдээнээс ажиглагдаж байна.



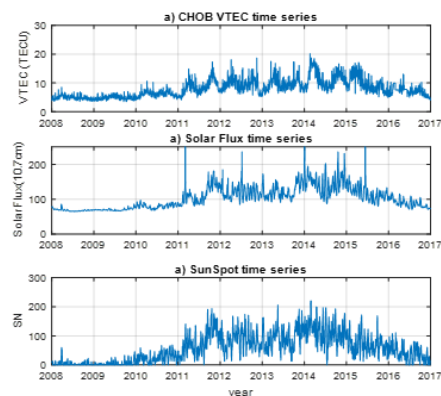
Зураг 1. CHOB GPS станцийн 2008-2016 оны ЭНА-ийн явц

Электроны нийт агууламжийн утганд нөлөөлөх зарим хүчин зүйл

а. Нарны идэвхжилт, Нарны 10.7см-ийн урсгал

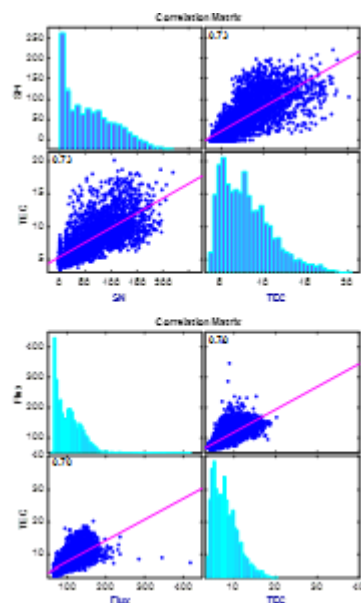
Ионосферийн хэвийн төлөв байдлын долгисол нарны 11 жилийн идэвхжилийн циклтэй шууд хамааралтай байна. Нарны 11 жилийн циклээр нарны идэвхжилийг илтгэгч индексийг нарны толбоны тоогоор илэрхийлдэг. Толбоны тооны ихсэлт нь наран дээрх тэсрэлт, титмийн масс шидэлтийг (ТМШ) үүсгэдэг бөгөөд үүнийг ионосферийн хэвийн төлөв байдлын өөрчлөлтийг таамаглахад ашигладаг. ЭНА хэмжээг Нарны 10.7 см долгионы урттай цацаргалт (Solar flux, F10.7cm) болон Нарны толбоны мэдээтэй харьцуулж Зураг 2-г харууллаа. Энд 2008-2016 оны хооронд нийт 9 жилийн хугацаанд ЭНА-ийн өдрийн дундаж утгыг ашигласан

болно. ЭНА-ийн явц нь F10.7 болон Нарны 11 жилийн идэвхжилийн графиктай фазаараа давхцаж 2008-2013 оны хооронд өсч, 2013, 2014 онд хамгийн их утгадаа хүрээд түүнээс хойш 2015, 2016 онуудад буурч байгаа нь эдгээр параметруудын шууд холбоотойг харуулж байна (Зураг 2).



Зураг 2. ЭНА, F10.7, Нарны толбо хоорондын хамаарал

Судалгаанд сонгосон хугацааны явцад ЭНА болон Нарны толбоны хамаарлын коэффициент 0.73, харин ЭНА болон F10.7 хамаарлын коэффициент 0.70 байгаа нь (Зураг 3) эдгээр үзэгдлүүдийн хоорондын хамаарал харьцангуй өндөр байгааг илтгэнэ.



Зураг 3. ЭНА болон Нарны толбо (НТ), ЭНА болон F10.7 хоорондын хамаарлын муруй

б. 2015 оны 3 сарын 17-ны супер геосоронзон шуурга

Геосоронзон шуурга гэж сансрын цаг агаарын хүчтэй үйлчлэлээс Дэлхийн соронзон мандалд түр зуурын өөрчлөлт үүсэхийг хэлдэг. Геосоронзон шуурга нь хиймэл дагуул болон сансрын хөлөг дэх цахилгааны хэвийн ажиллагааг алдагдуулах, хэсэг хугацаагаар байршил тодорхойлох дагуул болон өндөр давтамжийн холбоог саатуулах нөлөөтэйгээс гадна сансрын цаг агаарын орчинд нилээд хэмжээний долгиол үүсгэдэг. Геосоронзон шуургыг судлах хэмжилтийн олон техник аргууд байдаг боловч GPS-ээр тодорхойлсон ЭНА нь соронзон шуургыг судлах хамгийн энгийн ажиллагаатай, хямд арга болдог. Наран дээрх хүчтэй тэсрэлтээс нарны титмийн масс шидэлт явагддаг. Үүнээс үүдэлтэй нарны салхины цохих долгион буюу соронзон орны үүл Дэлхийн соронзон оронд 2-оос 3 өдрийн дараа ихэвчлэн орж ирдэг (Mansoori, 2018), (Wu, 2016). Гэвч Нарны тэсрэлт болгонд ТМШ явагддаггүй, харин ТМШ болсон үед заавал тэсрэлт болсон байдаг. Үүний үр дүнд дэлхийд геосоронзон нөлөөлөл явагддаг.

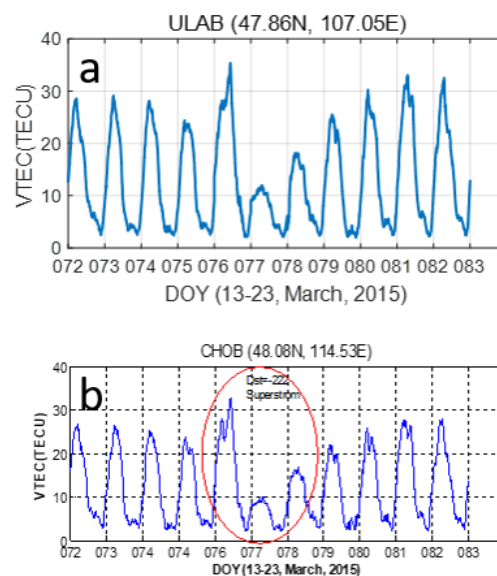
Геосоронзон шуургыг Олон улсад Dst, Kp, Ap, AE зэрэг индексээр хэмждэг. Энэ өдөр Dst индекс -223nT хүрч хүчтэй геосоронзон шуурга болсон (Зураг 4). Зураг 4, 5-д Нарны 24 дэх циклийн хугацаанд “St. Patrick’s day” буюу 2015 оны 3 сарын 17 нд үүссэн хүчтэй супер геосоронзон шуурганы үеийн Dst илтгэгч болон ЭНА-ийн хэмжээг тус тус харууллаа. Шуурганы эх үүсвэрийг 2015



Зураг 4. 2015 оны 3 сарын 17-ны супер геосоронзон шуурга, Dst=-223nT (Киотогийн Дэлхийн Дата Төв)

оны 3-р сарын 15-нд болсон нарны идэвхжлээс харж болно. Тухайн өдөр олон улсын цагаар 2:10 (UT) минутад SOHO/LASCO C3-станцуудад нарны титмийн масс шидэлт бүртгэгдэж C9.1/1F ангиллын нарны тэсрэлт (S22W25) болон хэд хэдэн II/IV хэлбэрийн радио гялбаа үүссэн байна. (Wu, 2016), (Yasyukevich, 2018).

Энэ хүчтэй шуурганы үед манай GPS/GNSS станцуудын бүртгэсэн ЭНА утгад аномаль максимум үүсч 35 ЭНАн хүрч дараагийн өдөр нь огцом буурч 10 ЭНАн болсон нь хоёр станц дээр ажиглагдсан (3 сарын 17, 18 буюу жилийн 076, 077 өдрүүд; Зураг 5).



Зураг 5. 2015 оны 3 сарын 17-ны супер соронзон шуурганы үеийн ЭНА-ийн хувьсал ULAB, CHOB станцууд дээр

в. 2017 оны 9 сарын 6-9-нд болсон Нарны хүчтэй тэсрэлт

Нарны радиацийн болон түүний Дэлхийтэй харьцангуй байршлын аливаа хувьсал нь электроны нийт агууламжийн цаг хугацааны болоод орон зайн их хэмжээний динамикийг бий болгодог.

Үүнд өдрийн, өргөргийн, нарны циклийн хувьслууд орно. Өдрийн цикл нь Нар, Дэлхийн харьцангуй байршил өдрийн туршид хугацааны хамааралтайгаар өөрчлөгдөж байдгаас

үүнтэй шууд хамааралтайгаар ионжилтын хэмжээ хувьсаж байдаг. 2017 оны 9 сарын 6 нд Наран дээр хоёр төрлийн хүчтэй тэсрэлт ойрхон хугацаанд болж титмын масс шидэлт явагдсан. Эхний X2.2 ангиллын хүчтэй тэсрэлт нь 08:57UT минутанд эхлээд оргил үе 09:10UT цагт, дараагийнх нь X9.3 маш хүчтэй тэсрэлт 11:53UT минутанд эхлээд 12:02UT минутанд оргил үе болж өнгөрсөн. X ангиллын тэсрэлтийн дараа M ангиллын тэсрэлтүүд болж Нарны радио гялбаанууд дагалдсан (Хүснэгт 1), (Yasyukevich, 2018), (Berdermann, 2018). Бид энэ үеийн ЭНА-ийн өөрчлөлтийг тооцоолж гаргахад нарны тэсрэлт болсон мөч бүрт ЭНА утга нэмэгдсэн байна (Хүснэг 2).

Хүснэгт 1. Нарны тэсрэлтүүд (Yasyukevich, 2018)

Он сар	Ангилал	Эхлэх (UT)	Мах (UT)
06/09/2017	X2.2	08:57	09:10
06/09/2017	X9.3	11:53	12:02
06/09/2017	M2.5	15:51	15:56
06/09/2017	M1.4	19:21	19:30
06/09/2017	M1.2	23:33	23:39

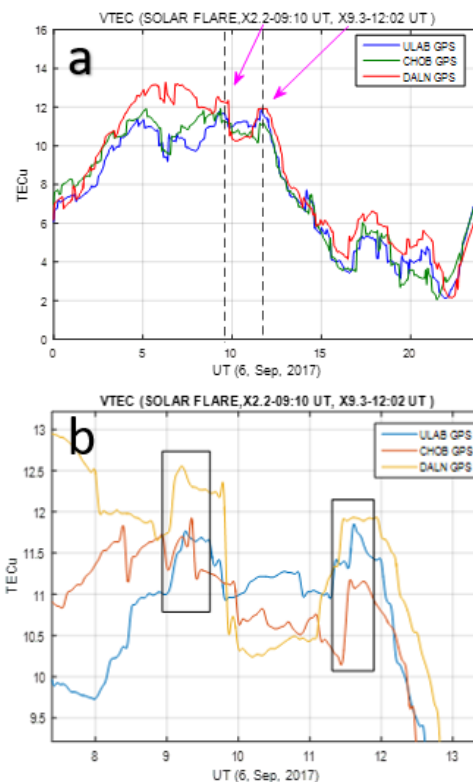
Хүснэгт 2. Нарны тэсрэлтийн үед ЭНА-ийн нэмэгдсэн хэмжээ

GNSS Станцууд	X2.2	X9.3
ULAB (47.86N, 107.06E)	0.7TECU	0.9TECU
CHOB (48.08N, 114.53E)	0.4TECU	1.05TECU
DALN (43.56N, 104.42)	0.8TECU	1.5TECU

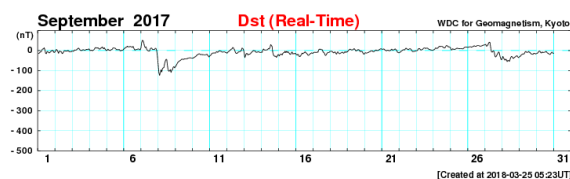
Зураг 6(a)-д 2017 оны 9 сарын 6-ны өдрийн ЭНА-ийн өөрчлөлтийг, (b)-д тухайн өдөр болсон Нарны хүчтэй тэсрэлтүүдийн үед ЭНА өөрчлөлт 0.4-1.5 ЭНАн орчим нэмэгдсэн хэсгийг томруулж харууллаа.

9 сарын 6-ны X ангиллын энэ хүчтэй тэсрэлт 9 сарын 8-ны өдөр Дэлхийн соронзон оронд орж ирсэн нь (Зураг 7)

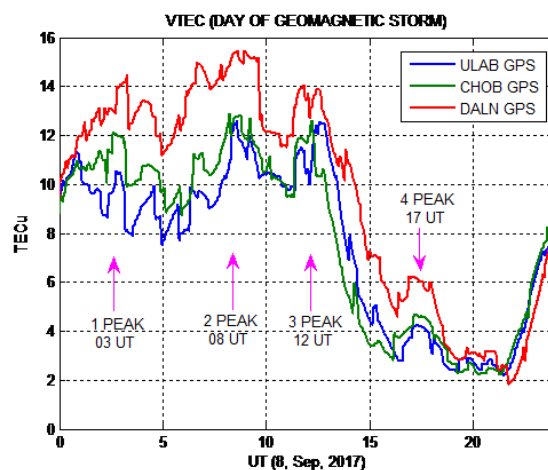
GPS ЭНА-ийн хэмжээнд (Зураг 8) харагдаж байна.



Зураг 6. (a) 2017 оны 9 сарын 6-нд болсон нарны хүчтэй тэсрэлтийн үеийн ЭНА, (b) томруулсан хэсэг

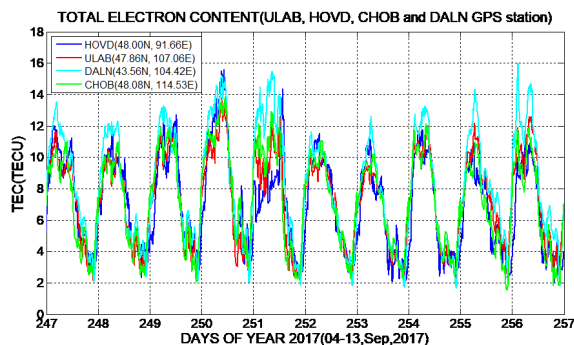


Зураг 7. 2017 оны 9 сарын 8-нд болсон геосоронзон шуурга, Dst=-110nT



Зураг 8. 2017 оны 9 сарын 8-нд болсон геосоронзон шуурга

Зураг 9-д харуулснаар 2017 оны 9 сарын 8-ны геосоронзон шуурганы үед ЭНА өөрчлөлт нь ~3-4 ЭНАн нэмэгдээд дараагийн өдөр 9-нд нь 4-5 ЭНАн-ээр буурсан байна.



Зураг 9. 2017 оны 9 сарын 4-10 хооронд болсон сансрын хүчтэй цаг агаарын нөлөө GPS станцуудад.

Дүгнэлт ба Хэлэлцүүлэг

GPS ажиглалтын мэдээнээс тодорхойлсон ЭНА-ийн урт хугацааны болон гэнэтийн өөрчлөлтийн судалгаанаас бид дараахь дүгнэлтийг хийлээ:

- ЭНА-ийн 2008-2016 оныг хамарсан явц нь Нарны F10.7 урсгал болон толбоны явцтай давхцаж 0.73 ба 0.7 хамаарлын коэффициентийг тус тус өгч байна. ЭНА-ийн явцад ч мөн 11 жилийн идэвхжлийн үе байна.
- ЭНА-ийн урт хугацааны идэвхжлийн үе нь 2013, 2014 онуудад ажиглагдаж байна. - ЭНА-ийн улирлын хэлбэлзэл нь 6 сарын үетэй бөгөөд хавар болон намрын тэнцлийн үед их утгаа авч байна.
- Хавар, намартаа их утгаа авдаг ч, хаврын тэнцлийн үеийн ЭНА-ийн утга нь намрыхаасаа ойролцоогоор 2 дахин их байна.
- Хүчтэй геосоронзон шуурганы үед ЭНА-ийн утганд илэрч байгаа аномаль нь тухайн үзэгдлийн үед ихсээд үзэгдлийн дараа огцом буурах байдлаар илэрхийлэгдэж байна.

ЭНА-ийн жилийн явцаас, 1 болон 6, 7 саруудад буураад 3 болон 9 саруудад ихсэх улирлын хувьсал тодорхой харагдаж байна. Хаврын ЭНА-ын их утга нь намрын сарынхаасаа 2 дахин их байгаа нь олон жилийн мэдээнд ажиглагдлаа (Зураг 1).

Энэ хагас жилийн аномалийг дээд агаар мандлын температурын хэлбэлзэлтэй хамааралтай гэж үздэг. Нарны хүчтэй тэсрэлтүүд ЭНА-ийн хэмжээг 0.4-1.5 ЭНА нэгжээр өөрчлөх боломжтой нь харагдаж байна (Хүснэгт 2, Зураг 6).

Хүчтэй геосоронзон шуурганы үед ионосфер дэх электроны хэмжээ огцом нэмэгдээд дараагийн өдөр электроноо алдах үзэгдэл болж байна. Энэ нь тухайн өдөр нарнаас ирж байгаа энергитэй бөөмс ионосферт харилцан үйлчилснээс болж электроны нягт өөрчлөгдөж байгаатай холбоотойг харуулсан.

Ном зүй

- Ansari, K. (2019). Empirical Orthogonal Function analysis and modeling of ionospheric TEC over South Korean region. *Acta Astronautica*, 313-324.
- Berdermann, J. (2018). Ionospheric Response to the X9.3 Flare on 6 September 2017. *Space Weather*, 10.1029/2018SW001933.
- Eltrass, A. S. (2015). *The Mid-Latitude Ionosphere*. PhD Thesis, Blacksburg, Virginia.
- Gebreselasse, H. (2017). Global Variations of Ionospheric Total Electron Content (TEC) Derived from GPS. *Research Article*, 141-161.
- Jacobi, C. (2016). Delayed response of the global total electron content to. *Adv. Radio Sci*, 175-180.
- Lastovicka, J. (2017). Long-term trends in the total electron content. *Geophys. Res. Lett.*, 8168-8172.
- Mansoori, A. A. (2018). Effect of Geomagnetic Storms of Different Solar Origin on. *AIP Conference Proceedings*.
- Patel, N. K. (2017). GPS-TEC Variation during Low to High Solar Activity Period

- (2010-2014) under the Northern Crest of Indian Equatorial Ionization Anomaly Region. Positioning, 8,13-35.
- Sh.Amarjargal. (2016). Space geodetic activities at the Astronomical. DE GRUYTER OPEN, J. Geod. Sci.6:111–120.
- Sun, Y.-Y. (2019). Global Distribution of Persistence of Total Electron. Atmosphere, 10,297.
- Wu, C.-C. (2016). The first super geomagnetic storm of solar cycle 24: “The St. Patrick’s day event (17 March 2015)”. Earth, Planets and Space, 68-151.
- Yasyukevich, Y. A. (2018). The 6 September 2017 X-Class Solar Flares and Their Impacts. Space Weather, 10.1029/2018SW001932.
- (2005-2007). ШУА, Одон Орон Геофизикийн Хүрээлэн, тайлан. Улаанбаатар.

Abstract. This work is focused on the correlation of the ionosphere TEC (Total Electron Content) with solar and geomagnetic activities of the space weather at mid-latitude region. In our analysis we used 15 min and daily averaged TEC values obtained from dual frequency GNSS (Global Navigation Satellite System) observations at 4 permanent stations for the period of 2008 to 2016. Statistical analyses were performed on 15 min averaged TEC long-term time series, which revealed the semiannual anomaly and high correlation with the Sun activities. Correlation coefficients of TEC (daily averaged) and Sunspot, and Solar flux (10.7) indices are 0.73 and 0.7 respectively, for our data. Sudden changes in TEC with super geomagnetic storm induced by the extreme solar flare of the early March 2015 and September 2017 events were investigated on four continuous GPS/GNSS stations ULAB (47.86N, 107.06E), HOVD (48.00N, 91.66E), CHOB (48.08N, 114.53E) and DALN (43.56N, 104.42). The result shows that GPS derived TEC behaves as indicator of these events showing sudden increase in TEC up to 35 TECU during the event and decrease up to 10 TECU after the event.

Keywords: GPS, TEC, ionosphere, space weather, total electronic content, sun, solar activity, geomagnetic storm

НАРНЫ ИДЭВХЖИЛИЙН 25 ДУГААР ЦИКЛИЙН ЭХНИЙ ТЭСРЭЛТҮҮД

Б.Батбаяр, Д.Батмөнх, Д.Мөнхманлай

ШУА-ийн Одон орон, Геофизикийн хүрээлэн
batbayar@iag.ac.mn

Хураангуй. Нарны идэвхжилийн 24 дугаар цикл 2019 оны сүүлчээр төгсөж 25 дугаар шинэ цикл эхэлж эхний тэсрэлтүүд 2020 онд ажиглагдсан юм. NOAA 12770 идэвхт мужид ажиглагдсан 2020 оны 8-р сарын 08-ны C1.5 ангиллын тэсрэлтийг “Хүрэл тогоот” Одон Орон Судлах Оргилын Коронограф дурангаар устөрөгчийн H-альфа шугам дээр ажиглаж, түүний зарим параметруудийг тодорхойлох зорилго тавьсан юм. Сансрын GOES, SDO болон SOHO станцын авсан мэдээллээс тэсрэлтийн геометр хэмжээ, тэсрэлтийн үргэлжлэх хугацааг тодорхойлон дахин хуваарилалтын хурд (reconnection rate), тэсрэлтийн явцад чөлөөлөгдөх энерги, чөлөөлөгдөх энергийн хурд болон эмисс хэмжүүр зэргийг тооцоолов. Титмийн соронзон орны нягт $B \approx (16:54)G$, тэсрэлтийн голлох урт $L = 4.5 \times 10^9 \text{cm}$ гэсэн урьдчилсан утгуудаар тооцоолоход “reconnection” хурд $MA \approx 0.01-0.02$ байна.

Тулхуур үг: Нарны идэвхжилийн цикл; нарны тэсрэлт; нарны magnetic reconnection.

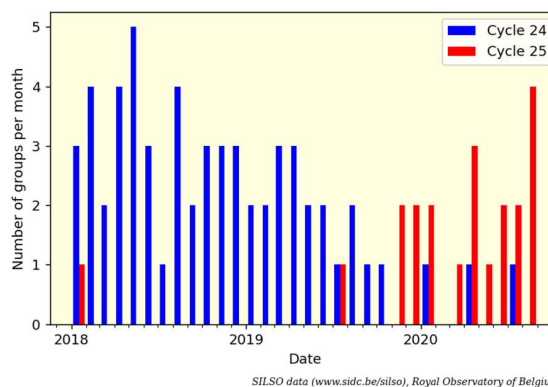
Оршил

Нарны идэвхжилийн далайц, үргэлжлэх үеийг тодорхойлдог үзүүлэлтүүд бол нарны толбо, тэсрэлтийн тоо болон соронзон орноор холбогдсон бусад идэвхт үзэгдлүүд юм. Нарны идэвхжилийн циклийн урт дунджаар 11 жил байдаг бөгөөд өнгөрсөн хугацаанд хамгийн урт нь 14, богино нь 9 жил байсан. Харин 24-р цикл 11 жил үргэлжилсэн байна. 2019-2020 оны хооронд 24-р циклийн толбонууд дуусаж, 25-р циклийн эхний толбонууд гарч ирсэн байна. www.sidc.be/silso сайтад үзүүлсэн Зураг 1-ээс харахад шинэ цикл 2019 оны сүүлчээр эхэлсэн болох нь тодорхой байна.

Нарны идэвхжил нь соронзон орноор холбогдсон, агаар мандлын орон зайн бүхий л хэмжээсийг хамарсан олон төрлийн үзэгдлүүдийн нийлмэл иж бүрдэл бөгөөд нэг нь нөгөөгийнхөө үүслийн шалтгаан, үр дагавар болдог уялдаа бүхий үзэгдлүүдээр

тодорхойлогдоно. Тэдгээрийн нэг нь Нарны тэсрэлт юм. Шинэ циклийн эхний тэсрэлтүүдийн ажиглалтын дүнг 1-р хүснэгтэд харуулав. Эхний гурван тэсрэлт (5-р сарын 29-ны) нарны гадаргуу хавтгайн ирмэг орчимд болсон тул тэсрэлтийн ихэнх параметруудийг тодорхойлох боломжгүй байна (Зураг 2).

Нарны гадаргуугийн хавтгай дээр гарч ирсэн NOAA 12770 идэвхт мужид хоёр тэсрэлт (2020-08-08, 2020-08-15) болсон.



Зураг 1. Шинэ болон хуучин циклийн бүлэг толбонуудын үүссэн цаг хугацаа ба тоо хэмжээ (www.sidc.be/silso).

2020 оны 8-р сарын 08-ны тэсрэлтийн зургийг “Хүрэл тогоот” Одон Орон Судлах Оргилын Коронограф дурангаар устөрөгчийн Н-альфа шугам дээр авч боловруулсан болон олон улсын SDO ба SOHO сансрын станцын бүртгэсэн мэдээллийн зарим дүнг энэхүү ажилд тусгасан юм (хүснэгт 1).



Зураг 2. SDO/AIA 171A 2020 оны 5-р сарын 29-ны тэсрэлт нь Нарны гадаргуу хавтгайн ирмэгт буюу координатын N32E89 цэгт тохиолдсон байна. Эх сурвалж: <https://sdo.gsfc.nasa.gov/data/aiami/>.

Хүснэгт 1. Нарны идэвхжилийн 25-р циклийн эхний тэсрэлтүүд. “Хүрэл тогоот” Одон орны оргилд ажигласан тэсрэлтийг улаанаар тодруулсан байна.

Үзэгдлийн №	Байрлал	Балл	Эхлэл, УТ	Оргил, УТ	Төгсгөл, УТ
20200529_0718	N32E89	M1.2	07:18:00	07:24:00	07:54:00
20200529_1041	N32E89	C9.4	10:41:00	10:46:00	10:50:00
20200529_1403	N32E89	C1.1	14:03:00	14:22:00	14:41:00
20200808_0342	N24E21 NOAA 12770	C1.5	03:42:00	03:49:00	04:15:00
20200815_0632	NOAA 12770 N26W71	C2.1	06:32:00	06:47:00	07:00:00

Тооцооллын томъёонууд

Нарны тэсрэлт нь 10-20 минутад 10^{32} эрг орчим энерги ялгаруулж цахилгаан соронзон долгионы бүхий л мужид цацраг гаргаж өнгөт мандал, титэм зэрэг агаар мандлын орон зайг хамарна. Эрчим ихтэй тэсрэлтийн үүслийн механизмыг соронзон оронд хуримтлагдсан энерги соронзон орны бүтэц эвдэрч шинэчлэгдэхэд (*magnetic reconnection - соронзон шугамын дахин холбогдолт*) энерги олон янзын хэлбэрт (цацраг, дулаан, масс шидэлт, долгион тархалт, их энергитэй бөөмсийн урсгал зэрэг) шилжин орчинд тархах үзэгдлээр тайлбарлаж байна.

Тэсрэлтийн явцад чөлөөлөгдөх энерги E_{flare} нь нарны агаар мандалд хадгалагдсан соронзон орны энергид тодорхойлогдоно. (Shibata, K. & Magara, T., 2011), (Nagashima, K. & Yokoyama, T., 2006), (Isobe, H., Takasaki, H. & Shibata, K., 2005) ажлуудаас дараах томъёонуудыг авч тооцооллыг үйлдэв.

$$E_{flare} = \frac{B^2}{8\pi} L^3 \approx 10^{33} \left(\frac{B}{10^3 G} \right)^2 \left(\frac{L}{3 \times 10^3 cm} \right)^3 \text{ erg.} \quad (1)$$

В- Нарны титмийн соронзон орны голлох (*characteristic, онцлох*) нягт, L- тэсрэлтийн голлох урт.

Чөлөөлөгдөх энергийн хурд:

$$\frac{dE}{dt} = \frac{v_i B^2 L^2}{4\pi} \sim 4 \times 10^{28} \left(\frac{v_i}{100 km s^{-1}} \right) \left(\frac{B}{100 G} \right)^2 \times \left(\frac{L}{2 \times 10^9} \right)^2 \text{ erg s}^{-1} \quad (2)$$

Соронзон шугамын дахин хуваарилалтын (M_A) хурдыг $v_i = L/4t_{flare}$ (*inflow velocity*) болон Альфен хурд $v_A = B/\sqrt{4\pi\rho}$ хоёрын харьцаагаар тодорхойлно. Ийнхүү титмийн бөөмсийн нягт, тэсрэлтийн голлох урт, соронзон урсгалын нягт болон тэсрэлтийн үргэлжлэх хугацаа (t_{flare}) зэргийг ажиглалтаас тодорхойлсноор дахин хуваарилалтын хурд $M_A = v_i/v_A$ -ийг тооцоолж харьцуулсан үнэлгээ хийдэг. Титмийн соронзон орон (B), температур (T) болон бөөмсийн агууламжаар эмисс хэмжүүрийг (n_0) дараах томъёогоор тооцоолно.

$$EM \approx 10^{48} \left(\frac{B}{50 G} \right)^{-5} \times \left(\frac{n_0}{10^9 cm^{-3}} \right)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{T}{10^7} \right)^{\frac{17}{2}} cm^{-3} \quad (3)$$

Ажиглалт, хэмжилт

Нарны гадаргуу дээр тэсрэлтийн голлох уртыг (L) тодорхойлж болох анхны тэсрэлт

бол 2020 оны 8-р сарын 08-ны NOAA 12770 идэвхт мужид үүссэн C1.5 ангиллын тэсрэлт юм. Энэхүү тэсрэлтийг цахилгаан соронзон цацрагийн хэд хэдэн долгионы уртад сансрын SDO станц дээр авсныг “Хүрэл тогоот” Одон Орон Судлалын Оргилд устөрөгчийн H_{α} шугам дээр авсан зурагтай харьцуулан харууллаа (3-р зураг). Эдгээр нь нарны агаар мандлын янз бүрийн өндөрт тэсрэлт хэрхэн явагдаж байгааг харуулна. Тухайлбал, H_{α} зураг өнгөт мандлын түвшин (зураг 3г) болон $Hell\lambda 304A$ завсрын бүсэд дэх үйл явцыг (зураг 3а), $FeXVI\lambda 335A$; $FeXVIII\lambda 94A$ титэм ба тэсрэлтийн халуун плазм дахь физик нөхцөлийг (зураг 3б,в) харуулж байна. Нарны агаар мандлын өндрийн аль ч түвшинд тэсрэлтийн ерөнхий геометр хэлбэр (L хэмжээс) өөрчлөгдөхгүй байгаа боловч эрчимийн чадал, соронзон орны нарийн бүтэц, температур өөр өөр байна. Жишээ нь, титмийн орчинд (10^6-10^7K) тэсрэлт нэлэнхийдээ үргэлжилсэн (3б, 3в-р зураг) байхад, өнгөт мандал, завсрын бүс (10^4-10^5K) зэрэгт хоорондоо холбоогүй мэт тод цэгүүд (3а, 3г) дүрсээр ажиглагдана.

Тэсрэлт үргэлжилсэн хугацаа (t_{flare}), соронзон орон (B), хэмжээ (L), эрчим зэргийг ажиглалтаас тодорхойлж болно.

Хүснэгт 1-ээс $t_{flare} = 420сек$ буюу эхлэл үеэс оргил үе хүртэлх хугацааг авна. Титмийн нягт ихэнх тохиолдолд $\rho \approx 1.67 \times 10^{-15} г \cdot см^{-3}$. Тэсрэлт титэмд эхэлж явагддаг тул рентген муж дахь SXR зургийг ашиглан голлох уртыг (L) тодорхойлно. Үүнийг олохын тулд $HelX\lambda 171A$ шугам дээр авсан зургийг ашиглав (www.SolarMonitor.org). Нарны бөмбөрцөг гадаргуу дээр байгуулсан координатын системийг ашиглан L -ийг олох боломжтой (4-р зураг).

Харьцуулсан дүн шинжилгээ хийх зорилгоор гурван тохиолдол сонгон авч тооцоолсон бөгөөд

$$L_{1,2,3}(arcsec) = 69.43; 62.17; 30.16$$

болно.

Дараа нь шугаман хэмжээ рүү нарны радиусын утгаар

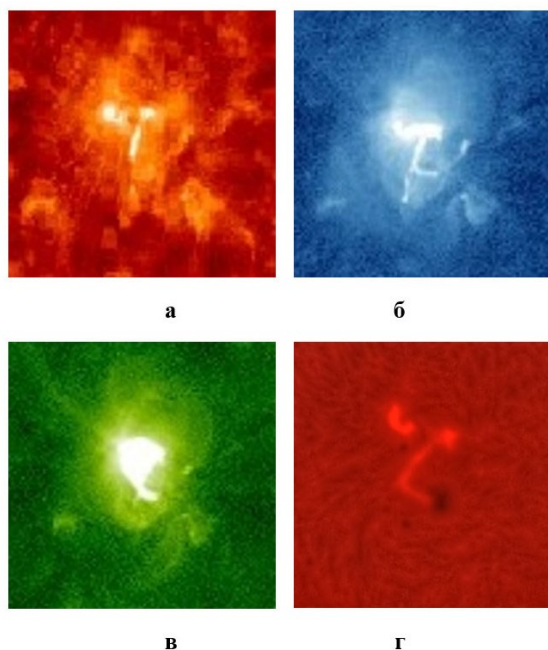
$$L = (arcsec)/960 \times 696000км$$

шилжинэ. Эцэст нь

$$L_{1,2,3}(cm) \approx 5.03 \times 10^9;$$

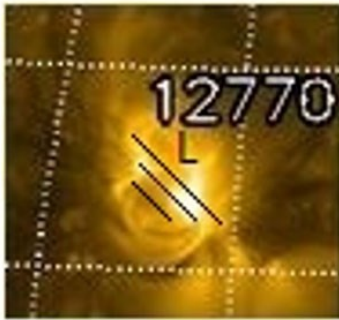
$$4.5 \times 10^9; 2.19 \times 10^9.$$

3-р зурагтай харьцуулж үзэхэд хамгийн алдаа багатай байж болох геометр хэмжээ бол 4.5×10^9 буюу L_2 юм.



Зураг 3. 2020 оны 8-р сарын 08-нд NOAA 12770 идэвхт мужид ажиглагдсан тэсрэлт. а- $Hell\lambda 304A$ (Chromosphere & transition region); б- $FeXVI\lambda 335A$; в- $FeXVIII\lambda 94A$ (Corona & hot flare plasma); эдгээр нь долгионы хэд хэдэн мужид сансрын SDO станцаас авсан оргил үеийн зургууд; г- $Ha\lambda 6563A$, 03:50:44UT, “Хүрэл тогоот” Одон орон судлах оргилд авсан тэсрэлт, өнгөт мандлын зураг.

Соронзон орны хувьд (Nagashima, K. & Yokoyama, T., 2006), (Isobe, H., Takasaki, H. & Shibata, K., 2005) зэрэг ажлаас үзэхэд C ангиллын тэсрэлтүүд



Зураг 4. Тэсрэлтийн голлох уртыг (L) гурван тохиолдолд сонгон авсан байдал (хар зураасаар тэмдэглэсэн). www.SolarMonitor.org сайтаас координат бүхий зургийг ашиглав

ихэвчлэн дунджаар $B \approx 10-100G$ үед, Х ангиллын тэсрэлтүүд $B > 200G$ үед үүсдэг байна.

Үр дүн, дүгнэлт

20200808_0342 тэсрэлтийн талаар сансрын SDO болон SOHO станцын авсан мэдээллээс тэсрэлтийн геометр хэмжээ, тэсрэлтийн үргэлжлэх хугацааг тодорхойлон дахин хуваарилалтын хурд (reconnection rate-RR), тэсрэлтийн явцад чөлөөлөгдөх энерги, чөлөөлөгдөх энергийн хурд болон эмисс хэмжүүр зэргийг (1)-(3) томъёогоор тооцоолов. Тэсрэлтийн голлох уртыг 4-р зурагт байгуулсан гурван тохиолдол (алдааны хүрээг

үнэлэхийн тулд ингэж авсан), соронзон урсгалын нягтыг гэсэн хоёр утга дээр авч тооцооллыг гүйцэтгэсэн.

Тооцооллын дүнг 2-р хүснэгтээр харуулав. Эдгээр тооцоо нь соронзон орныг ажиглалтаас тодорхойлсон тохиолдолд харьцуулалт хийх загвар болох юм. Тэсрэлтийн загварыг сонгон авахад буюу RR-ийн утга хязгаарлалт, шалгуур болж өгдөг. секундийн тэсрэлтийг Кулоны мөргөлдөөний онолоор тайлбарлах боломжгүй нь тодорхой болсон бөгөөд ‘magnetic reconnection’ онол хүлээн зөвшөөрөгдөж, түүгээр зохиосон тэсрэлтийн олон загварт үнэлгээ хийхэд -ийн утга чухал байдаг. Олон зохиогчид Х, М, С ангиллын тэсрэлтүүд дээр хурдыг тодорхойлсон байдгийг 3-р хүснэгтээр харууллаа.

(Yokoyama, T., Akita, K., Morimoto, T., Inoue, K. and Newmark, J., 2001) ажилд соронзон орныг температур, бөөмсийн нягтын тодорхой завсарт тохирох томъёог гаргасан байна.

$$B \approx (16\pi nkT)^{1/2} = (12 - 40)[G] \times$$

$$(L/1.5 \times 10^5 \text{ км})^{-1/4} \quad \text{Энд}$$

$$n = (0.8 \div 2.6) \times 10^{10} \text{ см}^{-3} (L/1.5 \times 10^5 \text{ км})^{-1/2}$$

Хүснэгт 2. 2020 оны 8-р сарын 08-нд NOAA 12770 идэвхт мужид ажиглагдсан C1.5 ангиллын тэсрэлтийн параметрууд

B(G)	50			100		
	L(10 ⁹ см)	5.03	4.5	2.19	5.03	4.5
E _{flare} (10 ²¹ эрг)	1.269	0.911	0.104	5.075	3.643	0.416
dE/dt (10 ²⁸ эрг/с)	1.898	1.363	0.156	7.592	5.451	0.622
v _i (км/сек)	29.96	26.83	13.02	29.96	26.83	13.02
v _A (10 ³ км/сек)	3.451	3.451	3.451	6.903	6.903	6.903
M _A (10 ⁻³)	8.681	7.773	3.771	4.34	3.887	1.885
EM см ⁻³ (10 ⁴⁹)	5.065	3.873	0.669	24.7	18.89	3.26
t _{flare} , сек	420					

$T=2.7\div 4.2MK$ гэж үзсэн байна. Тэгвэл $L=4.5\times 10^9\text{см}$ тохиолдолд $B\approx(16\div 54)G$ гарна. 4-р хүснэгтэд тооцооллын дүнг харуулав. 3-р хүснэгтэд дурдсан зарим үр дүнтэй эрэмбээр тохирч байна. Ялангуяа (Ohyama, M. and Shibata, K., 1998) ажилд судалсан тэсрэлттэй төсөөтэй байна. Эцэст нь дүгнэхэд 20200808_0342 тэсрэлт өнгөт мандал ($H\alpha$), завсрын бүс ($\lambda 304A$), титэм ($FeXVII\lambda 335A$; $FeXVIII\lambda 94A$) зэргийг бүхэлд нь хамарч харьцангуй бага хугацаанд эрчимтэй болсон байна. Харьцуулсан судалгаа, 4-р хүснэгтээр харуулсан тооцооллоос үзэхэд, титмийн соронзон орны нягт $B\approx(15\div 54)G$, тэсрэлтийн голлох урт $L=4.5\times 10^9\text{см}$ гэсэн урьдчилсан утгуудаар тооцоолоход “magnetic reconnection” хурд $M_A\approx 0.01-0.02$ байна.

Хүснэгт 3. M_A утгууд

(Dere, 1996)	0.001-0.1
(Tsuneta, 1996)	0.07
(Tsuneta S. M., 1997)	0.06
(Ohyama, 1998)	0.02
(Ohyama M. &., 1997)	0.0002-0.13
(Yokoyama, 2001)	0.001-0.03
(Isobe H. S., 2002)	0.001-0.01

Хүснэгт 4. $L=4.5\times 10^9\text{см}$, $t_{flare}=420\text{сек}$

$B(G)$	16	26	36	46	54
M_A	0.0243	0.0149	0.0108	0.00845	0.00719
V_i (км/)	26.83	26.83	26.83	26.83	26.83
$V_A(10^4\text{км/})$	0.1104	0.1795	0.2485	0.3175	0.3728

Талархал

Энэхүү ажлыг Монголын Шинжлэх Ухаан, Технологийн Сангийн № 2020/30 төслийн санхүүжилтээр гүйцэтгэсэн юм. Нарны судалгааны GOES, SOHO, SDO сансрын станцууд тасралтгүй бүртгэсэн олон сувгийн үнэт мэдээллээ өөрсдийн web хуудсаараа дамжуулан судлаачдад нээлтэй байдаг юм.

Ном зүй

Dere, K. (1996). The rate of magnetic reconnection observed in the solar atmosphere .

ApJ, 472, 864.

Isobe, H., Takasaki, H. & Shibata, K. (2005). Measurement of the energy release rate and the reconnection rate in solar flares. *ApJ*, 632, 1184-1195.

Isobe, H., Yokoyama, T., Shimojo, M., Morimoto, T., Kozu, H., Eto, S. Narukage, N. and Shibata, K. (2002). Reconnection rate in the decay phase of a long duration event flare on 1997 May 12. *ApJ*, 566, 528.

Nagashima, K. & Yokoyama, T. (2006). Statistical study of the reconnection rate in solar flares observed with Yohkoh. *ApJ*, 647, 654-661.

Ohyama, M. & Shibata, K. (1997). Preflare heating and mass motion in a solar flare associated with hot plasma ejection: 1993 November 11 C9.7 flare. *PASJ*, 49, 249.

Ohyama, M. and Shibata, K. (1998). X-ray plasma ejection associated with an impulsive flare on 1992 October 5. *ApJ*, 499, 934.

Shibata, K. & Magara, T. (2011). Solar Flares: Magnetohydrodynamic Processes. *Rev. Solar Phys.* 8, 6.

Tsuneta, S. (1996). Structure and dynamics of magnetic reconnection in a solar flare. *ApJ*, 456, 840.

Tsuneta, S., Masuda, S., Kosugi, T. and Sato J. (1997). Hot and superhot plasmas above an impulsive flare loop. *ApJ*, 478, 787.

Yokoyama, T., Akita, K., Morimoto, T., Inoue, K. and Newmark, J. (2001). Clear evidence of reconnection inflow of a solar flare. *ApJ*, 546, L69.

THE FIRST FLARES OF THE 25TH CYCLE OF SOLAR ACTIVITY

B.Batbayar, D.Batmunkh & D.Munkhmanlai

Department of Astrophysics, Institute of Astronomy & Geophysics of MAS

Abstract. The 24th solar cycle ended at the end of 2019, the 25th new cycle began, and the first flares were observed in 2020. Observations of a C1.5 flare in the active region NOAA 12770 of August 8, 2020 were carried out at the Coronagraph solar telescope of the Khurel Togoot Astronomical Observatory. The aim of the study was to determine some parameters of the flare. Using data from GOES, SDO and SOHO stations, we determined the characteristic size of the flare, the timescale of the flare and the reconnection rate, the energy release rate, the amount of energy released during the flare, and the emission measure. The reconnection rate is $M_A \approx 0.01-0.02$ if we take the coronal magnetic density as $B \approx (16 \div 54)G$, as well as the characteristic size of the flare $L = 4.5 \times 10^9 \text{ cm}$.

НАРНЫ ТИТМИЙН FeXIV ИОНЫ НОГООН ШУГАМЫН АЖИГЛАЛТЫН ЗАРИМ ҮР ДҮН

Б.Банзрагч, Д.Батмөнх, Б.Энхзул, Д.Ундрах

ШУА-ийн Одон орон, Геофизикийн хүрээлэн
banzragch@iag.ac.mn

Хураангуй. Нарны титмийн FeXIV ионы энергийн түвшний хувьд тогтонги төлөвийн тэгшитгэл, ионизацийн тэнцвэрийн тэгшитгэлийн системийг бодож, тэдгээр түвшний мензелийн коэффициентууд болон суурьшилтын тоон утгыг тодорхойлдог. Мензелийн коэффициентуудийн харьцаа (b_7/b_1) нэгээс ялгаа бүхий утгатай байгаа нь Нарны титэм дэх FeXIV ионы энергийн түвшний суурьшилт термодинамикийн тэнцвэрт байдлаас ихээхэн хол байгааг гэрчилдэг. Энэ өгүүлэлд тогтонги төлөвийн тэгшитгэлийг FeXIV ионы хувьд шийдэх тооцооллын зохистой хэлбэрт хувиргаж алгоритм зохиоход дөхөм болгосон бөгөөд ажиглалтын спектрийн шугамын хэлбэрт хийсэн боловсруулалтын зарим үр дүнгээс товчоолж байна. Нарны титмийн цацаргалтын тод шугамуудын нэг бол FeXIV ионы энергийн түвшингүүдийн хувьд хориотой $3p^2P_{1/2}^0 - 3p^2P_{3/2}^0$ шилжилтээр үүсэх $\lambda 5303\text{\AA}$ долгионы урттай цацаргалтын шугам юм. Энэхүү шугамыг Одон орон, геофизикийн хүрээлэнгийн Одон орон судлах оргилын Коронограф дурангаар Нарны хиймэл хиртэлт үүсгэн авсан юм. Нарны тэргэл хавтгайн хүрээ дагуу таван градусын зайтай авсан ажиглалтын спектрээс шугамын хагас өргөн болон эквивалент өргөнийг тодорхойлов. Эдгээр нь ажиглагчийн харааны чиглэлийн дагуух нийт цацрагийн тоон хэмжээгээр тодорхойлогдох бөгөөд үр дүнгээс харахад титэм дэх тухайн ионы тархац агууламж нь орон зай болон Нарны идэвхжилээс хамааран жигд биш байна.

Түлхүүр үг. Нарны титэм, цацаргалтын шугам, шугамын профиль.

Оршил

Герман улсын Карл Цейсс фирмд зохион бүтээсэн коронограф дурангаар 1967 оноос “Хүрэл тогоот”-ын Одон оронг судлах оргилд Нарны титмийн FeXIV ионы $\lambda 5303\text{\AA}$, FeX ионы $\lambda 6374\text{\AA}$ шугамуудыг ажиглаж ирсэн. Коронограф дурангийн объективийн диаметр 20 см, эквивалент фокус зай 400 см. Эдгээр шугамуудыг $16.4\text{\AA}/\text{мм}$ дисперс бүхий дифракцан спектрограф ашиглан бүртгэж авсан.

Атом болон ионы загварын сонголт, тэдгээрийн энергийн түвшин хооронд болох шилжилтүүдийн магадлалын нарийвчилгаа, плазмын орчинд лаборатори-системд шилжүүлэх буюу

энергийг дундажлах зэрэг үйлдлийг хэрхэн гүйцэтгэснээс бодлогын үр дүн болон онол, ажиглалтын нийлэмж ихээхэн хамаардаг.

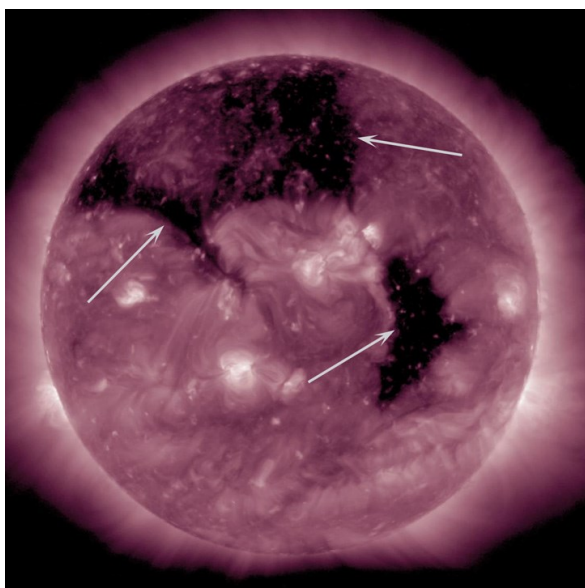
Олон судлаачдын ажилд FeXIV ионы энергийн түвшин, долгионы уртууд, цацраг болон мөргөлдөөнөөр шилжих үзэгдлүүдийн хурд зэрэг атом-өгөгдлийг тооцоолж, Нарны плазмын үзэгдэлд хэрэглэх тохиромжтой томьёонуудыг гарган авч дүн шинжилгээ хийсэн байна.

Эдгээр атом-өгөгдлүүд, томьёонуудыг ашиглан 1967-1968 онуудад бүртгэн авсан Нарны титмийн FeXIV ионы $\lambda 5303\text{\AA}$ ажиглалтын шугамд тооцоо шинжилгээ хийж титмийн физик нөхцөлийг судлах зорилгоор энергийн

түвшингүүдийн хувьд FeXIV ионы загварыг сонгон авч тогтонги төлөвийн тэгшитгэлийн системийг ионизацийн тэнцвэрийн тэгшитгэлтэй хамтруулан тооцоолсон дүнг ажиглалтын баримттай харьцуулах замаар Нарны титмийн физик нөхцөлийн талаар тодорхой дүгнэлт хийж болно.

Онолын үндэс

Нарны агаар мандлын хамгийн дээд давхаргыг Нарны титэм гэнэ. Титэм, өнгөт мандал хоёр 200 км орчим зузаантай дамжуур мужаар тусгаарлагдаж байдаг. Титэм нь маш их сийрэгжсэн халуун плазм. Түүний температур 1-2 сая градус (хамгийн халуун мужид 20 сая градус хүрнэ гэж үздэг) боловч, нягт нь 15^{-10} - 16^{-10} г/см³. Нягт багатайн улмаас титмийн гэрэлтэлт маш сул, түүнийг зөвхөн Нарны тэргэл



Зураг 1. SDO сансрын станцаас FeXIV ионы $\lambda 221$ долгионы урт дээр авсан зураг. 2015.09.08. (Эх сурвалж: <https://sdo.gsfc.nasa.gov/gallery/main/item/658>)

халхлагдсан үед, жишээлбэл, Нарны бүтэн хиртэлтийн үед, эсвэл коронограф, коронometr зэрэг хиймэл хиртэлт үүсгэдэг дурангаар ажиглах боломжтой.

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 харуулдаг. Тогтонги төлөвийн тэгшитгэлийг хурдаар интеграл авч лаборатори-системд шилжүүлсний дараа тодорхой энергийн (u) түвшний хувьд [1] дараах хэлбэрээр бичиж болно.

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

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

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

A_{uj}, B_{uj}, B_{ju} - Эйнштейн коэффициентүүд,

C_{uj}, C_{ju} - мөргөлдөөний хурдууд, n_e - электрон концентрац.

Тооцоолол болон задлан шинжилгээ хийхэд хялбар болгох зорилгоор энергийн түвшин дэх суурьшилтын тоог (n_i) локаль термодинамикийн тэнцвэрийн үеийн тоотой (n_i^*) харьцуулсан харьцаа буюу Мензелийн коэффициентоор ($b_i = \frac{n_i}{n_i^*}$) илэрхийлж зарим хувиргалт хийсний дараа энэ дээрх (1) тэгшитгэл дараах хэлбэртэй болно.

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

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

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

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

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

$$P_{cj} = A_{cj} \omega_c \beta_{c1} \left(1 + \frac{f_{cj}^e}{\alpha_{cj}} + \epsilon_{cj} \right),$$

$$P_{jc} = A_{cj} \omega_c \beta_{c1} \left(\frac{f_{jc}^a}{\alpha_{cj} \beta_{cj}} + \epsilon_{cj} \right).$$

$$\alpha_{ku} = \frac{2h\nu_{ku}^3}{c^2}, \quad \beta_{ku} = e^{-\frac{h\nu_{ku}}{kT}}, \quad \epsilon_{uj} = n_e \frac{C_{uj}}{A_{uj}},$$

$$P_c = \sum_{j=1}^N P_{cj}$$

Бусад нь өргөн хэрэглэж заншсан тэмдэглэгээ.

Хоёрдугаар төрлийн үйлчлэлээр энергийн дээд түвшингээс шилжих зөвшөөрөгдсөн болон хориотой шилжилтүүдийн хурдыг [2],[3] тодорхойлбол:

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

$$P(y) = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} [1 - ye^y E_1(y)],$$

$$E_1(y) = \int_y^\infty e^{-y} \frac{dy}{y}$$

Хориотой шугамын [4] хувьд:

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

Оптик зузаан нэгээс их тохиолдолд (1)

тэгшитгэлийн системд байгаа \bar{J}_{ju}^a эрчимийг цацраг зөөлтийн тэгшитгэлээс суурьшилт (n_i)- гээр илэрхийлэн буцаж орлуулна. Энэ тохиолдолд шугаман бус интеграл эсвэл дифференциаль тэгшитгэлийг бодоход хүрнэ. Хэрэв

дундаж эрчим \bar{J}_{ju}^a мэдэгдэж байвал дээрх системээс (b_i/b_1) харьцааг олж болно. Тухайн тооцоонд дундаж эрчимийг диллюц D хэмжигдэхүүнийг ашиглан

илэрхийлж шугамчлан бодно. Нарны титмийн оптик зузаан нимгэн гэж үзэж байгаа тул эрчимд үзүүлэх тэрхүү суурьшилтын нөлөөг тооцохгүй. Иймд

(2) системээс b_i/b_1 харьцааг олж дараа нь n_i/N_T -г тодорхойлно. N_T – FeXIV ионы нийт тоо.

Нарны титмийн FeXIV ионы ногоон шугамын ажиглалтаас

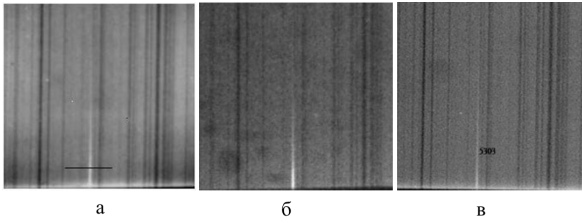
Нарны коронограф дурангаар титмийн спектрийн шугамуудыг бүртгэн авч титмийн физик нөхцөл буюу физик параметруудийг тодорхойлох боломжтой.

Нарны титмийн цацаргалтын тод шугамуудын нэг λ 5303Å бол FeXIV ионы энергийн түвшингүүдийн хувьд хориотой ($^2P_{1/2}^0 - ^2P_{3/2}^0$) шилжилтээр үүсэх спектрийн шугам юм.

Оптик зузаан багатай плазм орчинд бодис, цацраг хоёрын харилцан үйлчлэл сул байдаг тул цацраг зөөлтийн тэгшитгэл (ЦЗТ), тогтонги төлөвийн тэгшитгэлүүдийн (ТТТ) системийг хамтад нь бодох шаардлага гарахгүй. Иймд зөвхөн ТТТ системийн шийдэлтийг гүйцэтгэнэ.

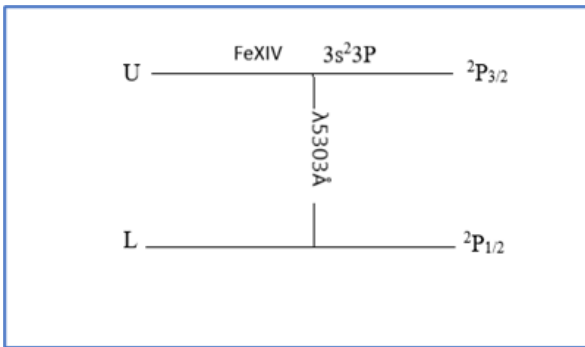
Эхний удаад харьцангуй эрчим ихтэй λ 5303Å шугамыг сонгон авч энергийн долоон түвшинтэй FeXIV ионы хувьд спектрийн шугамын тооцоог хийж ажиглалттай харьцуулж болно.

Хэдийгээр орчин үед спектрийг тоон төхөөрөмж ашиглан бүртгэж байгаа боловч гэрэл зургийн хальсанд авсан спектр нь чанараар дутахгүй бөгөөд дахин давтагдахгүй гэдгээрээ ач холбогдолтой юм. 35 мм-ийн гэрэл зургийн хальсанд авсан FeXIV ионы λ 5303Å шугамын спектрийг (Зураг 2)-д 1968, 1974, 1979 оны ажиглалтын жишээгээр үзүүлээ (тод цагаанаар харагдаж байна).



Зураг 2. FeXIV ионы 5303Å шугам: а. 1968-06-26 (Нарны идэвхжлийн максимум), б. 1974-08-05 (минимум), в. 1979-09-12 (максимум).

Иймд FeXIV ионы $\lambda 5303\text{\AA}$ шугамын үүслийн тухайн тооцоо нь Нарны титмийн ерөнхий физик төлөв байдлыг харуулна. Хальсан дээр Нарны радиус 18.5 мм бөгөөд спектрийн өндөр 0.595R (≈ 11 мм) болно. Харин FeXIV ионы $\lambda 5303\text{\AA}$ шугам (Зураг 2)-д 1.2R өндөр хүртэл ажиглагдаж байна.



Зураг 3. FeXIV ионы $\lambda 5303\text{\AA}$ урттай хориотой шугам

График 1, График 2 дээр Нарны төвөөс янз бүрийн зайд FeXIV ионы $\lambda 5303\text{\AA}$ шугамын эрчимийн хэлбэр хэрхэн өөрчлөгдөж байгааг харууллаа.

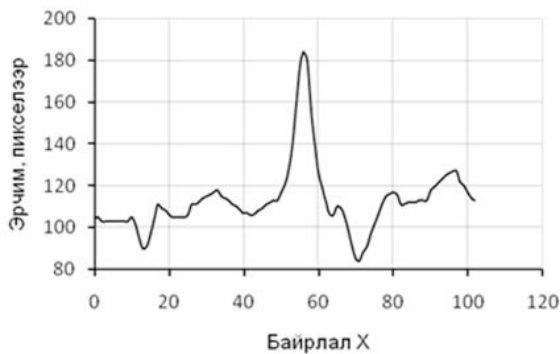


График 1. Зураг 2а дахь спектрт хэвтээ зураасаар тэмдэглэсэн өндөр дэх шугамын эрчимийн хэлбэр

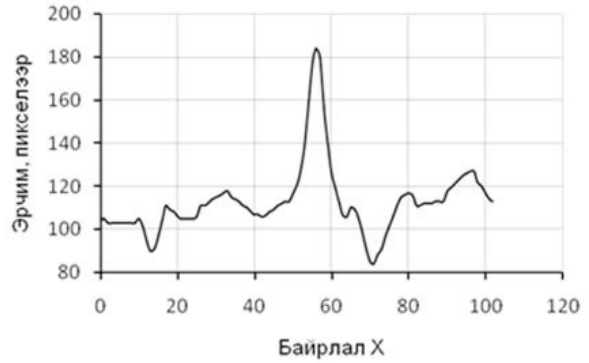
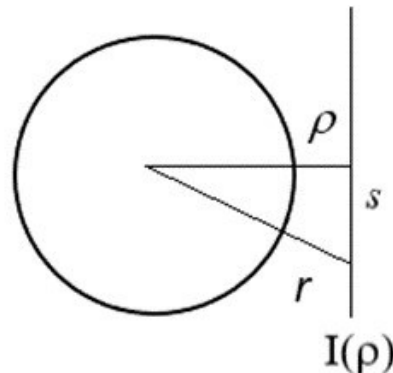


График 2. Нарны титмийн хувьд янз бүрийн өндөрт бий болсон шугамын эрчимийн хэлбэр.

Нарны төвөөс холдох тусам шугамын төвийн эрчим эрс багасах боловч шугамын захын хэлбэр жигд бус өөрчлөгдөж байна. Энэ нь хажуугийн сулавтар шугам болон тасралтгүй спектрийн нөлөөтэй, эсвэл турбулент хөдөлгөөнтэй холбоотой юм. S

чиглэлийн дагуух $I(\rho)$ нь $I(\rho) = W_\lambda \cdot I_c$ гэж тодорхойлогдох бөгөөд континуумын эрчим $I_c = 4\pi\sigma DF(\lambda)n_e$, энд дилуц $D = 1/2[1 - (1 - \rho^{-2})^{1/2}]$, электрон сарнилын хөндлөн огтлол $\sigma = 6.65 \times 10^{-25} \text{ см}^2$, Нарны дундаж цацаргалт

$F(5303) = 2.8 \times 10^{14} \text{ эрг}/(\text{см}^2 \text{сек стер см})$ [MNRAS, 1964, v128, p73], электрон нягт $n_e \approx 2.0 \times 10^9 \text{ см}^{-3}$. Энэ тохиолдолд $I(\rho) = W_\lambda \cdot 2.34$ болно.



Зураг 4. Харааны дагуу ажиглагдаж байгаа эрчим $I(r)$ болон Нарны төвөөс r зай дахь цэгт $I(\rho)$.

ρ зайд шугамын профиль дахь квантын тоог ажиглалтын эквивалент өргөнөөр $K(\rho) = 2.34W_\lambda/hv$ гэж тодорхойлно. Онолын тооцоо буюу ГТТ бодолтын үр дүнтэй харьцуулж дүн шинжилгээ хийхийн тулд $K(\rho)$ -ийг $K(r)$ уруу шилжүүлэх ёстой. Үүнийг [6], [8] ажилд өгөгдсөн хувиргалт ёсоор (Зураг 4)

$$K(r) = -\frac{1}{\pi R_0} \int_r^\infty \frac{\partial K(\rho)}{\partial \rho} \frac{1}{\sqrt{\rho^2 - r^2}} d\rho \quad (3.1)$$

Ийнхүү ажиглалтын W_λ -ийг ашиглан $K(r)$ тодорхойлно. Нарны радиус $R_0 = 696\,342$ км.

Нөгөө талаас $K(r) = n_U A_{UL}$ учир U түвшин

дэх ионы суурьшилтын n_U тоог олж болно. Томъёо (3.1)-д байгаа $\partial K(\rho)/\partial \rho$ дэх $K(\rho)$ -ийг зарим функцээр дүрслэн

интеграл авч $K(r)$ -ийг олох ёстой. Байгуулсан графикаас ажиглагдаж байгаа эквивалент өргөнийг

$$W_{5303}(\rho) \approx 6.18 + 0.87/\rho \quad \text{гэж олвол}$$

$$K(\rho) = p(14.46 + 2.04/\rho)/hv \quad \text{болно.}$$

Томъёо (3.1)-д орлуулахын тулд түүний уламжлалыг авах ба энэ нь $\partial K(\rho)/\partial \rho = -C \times 1/\rho^2$,

тогтмол хэмжигдэхүүн $C \approx p \cdot 0.51 \times 10^{12}$, p -

пикселээр тодорхойлсон $W_{5303}(\rho)$ -ийг шилжүүлэх коэффициент.

ρ зайд шугамын профиль дахь квантын тоог ажиглалтын эквивалент өргөнөөр $K(\rho) = 2.34W_\lambda/hv$ гэж тодорхойлно. Онолын тооцоо буюу ГТТ бодолтын үр дүнтэй харьцуулж дүн шинжилгээ хийхийн тулд $K(\rho)$ -ийг

$K(r)$ уруу шилжүүлэх ёстой. Үүнийг [1], [6] ажилд өгөгдсөн хувиргалт ёсоор (Зураг 6)

$$K(r) = -\frac{1}{\pi R_0} \int_r^\infty \frac{\partial K(\rho)}{\partial \rho} \frac{1}{\sqrt{\rho^2 - r^2}} d\rho \quad (3.1)$$

Ийнхүү ажиглалтын W_λ -ийг ашиглан $K(r)$ тодорхойлно. Нарны радиус $R_0 = 696\,342$ км.

Нөгөө талаас $K(r) = n_U A_{UL}$ учир U

түвшин дэх ионы суурьшилтын n_U тоог олж болно. Томъёо (3.1)-д байгаа

$\partial K(\rho)/\partial \rho$ дэх $K(\rho)$ -ийг зарим функцээр

дүрслэн интеграл авч $K(r)$ -ийг олох ёстой. Байгуулсан графикаас ажиглагдаж байгаа эквивалент өргөнийг

$$W_{5303}(\rho) \approx 6.18 + 0.87/\rho \quad \text{гэж олвол}$$

$K(\rho) = p(14.46 + 2.04/\rho)/hv$ болно. Томъёо (3.1)-д орлуулахын тулд түүний уламжлалыг авах ба энэ нь

$$\partial K(\rho)/\partial \rho = -C \times 1/\rho^2, \quad \text{тогтмол}$$

хэмжигдэхүүн $C \approx p \cdot 0.51 \times 10^{12}$, p -

пикселээр тодорхойлсон $W_{5303}(\rho)$ -ийг шилжүүлэх коэффициент.

$$K(r) = \frac{c}{\pi R_0} \int_r^\infty \frac{1}{\rho^2} \frac{1}{\sqrt{\rho^2 - r^2}} d\rho \quad (3.2)$$

Ийм төрлийн интегралыг [6]ажилд хэрхэн бодохыг харуулсан байна. Тэгвэл интеграл авсаны дараа тоон утгуудыг

$$K(r) = 0.5C/(R_0 r^3) \approx 3.662p/r^3$$

тавивал болно.

Иймд U түвшиний суурьшилтын тоо

$$n_U = 3.662p/(r^3 A_{UL}) \approx 0.061p/r^3 \quad \text{. Хэрэв}$$

суурьшилтын харьцааг авбал

$$n_U(r_1)/n_U(r_2) = (r_2/r_1)^3 \quad \text{болно .}$$

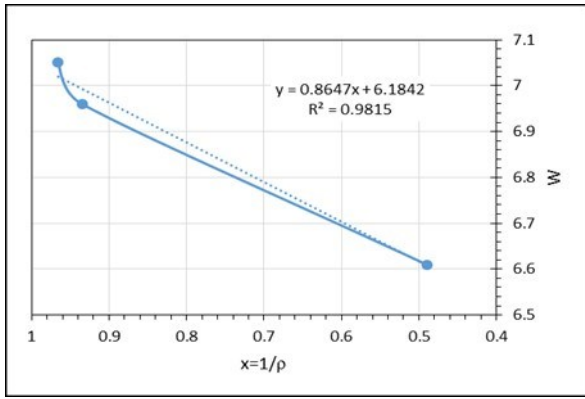


График 3. Ажиглалтын эквивалент өргөний хамаарал $W_{5303}(\rho) \approx 6.18 + 0.87/\rho$.

Хүснэгт 1-д спектрийн шугамын хэлбэрээс хагас болон эквивалент өргөнийг тодорхойлсон үр дүнг харууллаа. Эндээс харахад хагас болон эквивалент өргөн хоёрын ялгаа өндрөөс хамааран 0,71% - 14% хооронд хэлбэлзэж байгаа нь титмийн физик нөхцөл орон зайн хувьд нэгэн төрөл биш гэдгийг харуулж байна.

ТТТ-ийн тооцооллын үр дүнтэй харьцуулсан нь:

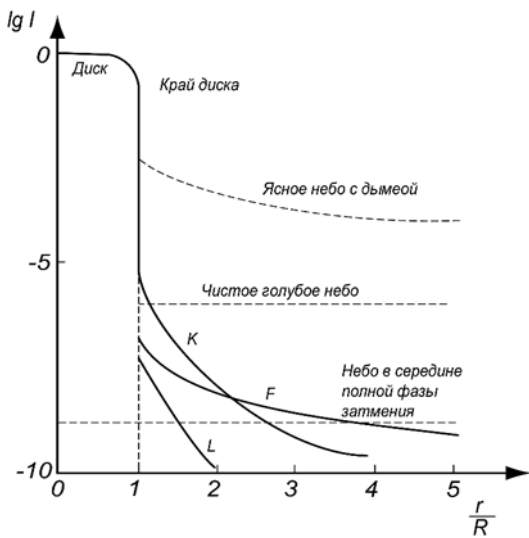


График 4. Нарны титмийн F, L ба K давхаргын эрчим

Хүснэгт 1. FeXIV ионы $\lambda 5303A$ шугамын эквивалент болон хагас өргөн

№	Эрчим, I (пиксел)		ΔI	$\Delta I/2$	λ , пиксел		Хагас өргөн, $\Delta \lambda$ (пиксел)	Талбай, S (пиксел)	Эквивалент өргөн, W_λ (пиксел)
	I _{max}	I _{min}			λ_{max}	λ_{min}			
r_1	185	75	110	55	14	7	7	775.5	7.05
r_2	150	75	75	37.5	14	8	6	522	6.96
r_3	132	74	58	29	14	8	6	383.5	6.61

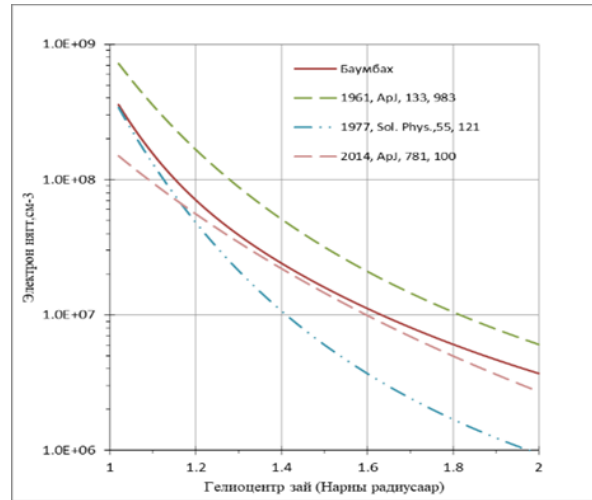


График 5. Титмийн электрон нягт, түүний зайнаас хамаарах хамаарлыг ажиглалтын үр дүнгээр тодорхойлсон эмпирик хамаарлууд

Хэрэв бид ажиглалтын эквивалент өргөний ρ -оос хамаарах хамаарлыг $W_{5303}(\rho) = C/\rho^m$ гэж авъя. Ингэж авах үндэслэл энэ)График 4 (харагдаж байна.

]6 [ингэж авсан байдаг. ρ_0 өндрийн хувьд $W_{5303}(\rho_0) = C/\rho_0^m$, үүнийг ажиглалтын шугамын профилиас олно.

$$W(\rho) = pW(\rho_0) \left(\frac{\rho_0}{\rho}\right)^m$$

.P-г континуумын пикселээс олж болно. Тэгвэл

$$K(\rho) = W(\rho)/h\nu$$

$$\partial K(\rho)/\partial \rho = -D \left(\frac{1}{\rho}\right)^{m+1}$$

Энд

$$D = mpW(\rho_0)/h\nu \cdot \rho_0^{m+1}$$

Одоо интеграл

(3.2)-ыг бодъё. [6] ажилд $1/\rho = \sin \theta / r$ гэсэн орлуулга хийж (3.1) интегралыг бодсон. Тэр ёсоор манай интеграл дараах хэлбэртэй болно. дараах хэлбэртэй болно.

$$K(r) = \frac{1}{\pi R_0} \cdot \frac{D}{r^{m+1}} \int_0^{\pi/2} \sin^m \theta d\theta.$$

$$\int_0^{\pi/2} \sin^{2m+1} \theta d\theta = \frac{2 \cdot 4 \cdot 6 \dots 2m}{1 \cdot 3 \dots (2m+1)}$$

$$\int_0^{\pi/2} \sin^{2m} \theta d\theta = \frac{1 \cdot 3 \dots (2m-1)}{2 \cdot 4 \cdot 6 \dots 2m} \cdot \frac{\pi}{2}$$

Тухайлбал, $m = 3$ тохиолдолд

$$\int_0^{\pi/2} \sin^7 \theta d\theta \approx 0.4571,$$

$$K(r) = \frac{1}{\pi R_0} \cdot \frac{D}{r^4} \times 0.4571.$$

2-р түвшинээс 1-р түвшин рүү шилжих квант тоо $K(r) = n_2 A_{21}$ учир

$$n_2 = \frac{0.4571}{A_{21} \pi R_0} \cdot \frac{D}{r^4}$$

$$n_2(r_1)/n_2(r_2) = (r_2/r_1)^4$$

$$K(r) = \frac{1}{\pi R_0} \cdot \frac{D}{r^{m+1}} \int_0^{\pi/2} \sin^m \theta d\theta.$$

$$\int_0^{\pi/2} \sin^{2m+1} \theta d\theta = \frac{2 \cdot 4 \cdot 6 \dots 2m}{1 \cdot 3 \dots (2m+1)}$$

$$\int_0^{\pi/2} \sin^{2m} \theta d\theta = \frac{1 \cdot 3 \dots (2m-1)}{2 \cdot 4 \cdot 6 \dots 2m} \cdot \frac{\pi}{2}$$

Тухайлбал, $m = 3$ тохиолдолд

$$\int_0^{\pi/2} \sin^7 \theta d\theta \approx 0.4571,$$

$$K(r) = \frac{1}{\pi R_0} \cdot \frac{D}{r^4} \times 0.4571.$$

2-р түвшинээс 1-р түвшин рүү шилжих квант тоо $K(r) = n_2 A_{21}$ учир

$$n_2 = \frac{0.4571}{A_{21} \pi R_0} \cdot \frac{D}{r^4}$$

$$n_2(r_1)/n_2(r_2) = (r_2/r_1)^4$$

Ерөнхий тохиолдолд

$$n_2(r_1)/n_2(r_2) = (r_2/r_1)^{m+1}.$$

ТТТ-ээс бодсон дүнтэй (Хүснэгт 2) дүйцүүлнэ гэвэл:

Хүснэгт 2: ТТТ-ээс бодсон дүнтэй дүйцүүлэл

$T_e = 10^6$, $D = 0.4$	
$n_e = 10^8$	10^7
0.2243-01	.1011-01
$r_1 = 1.15$	$r_2 = 1.6$

r_1, r_2 - утагд харгалзах электрон нягтыг (График 5) [6] тооцооноос авлаа.

$$(r_2/r_1)^1 \approx \frac{1.6}{1.15} \approx 1.3913$$

$$(r_2/r_1)^3 \approx 2.6932$$

$$(r_2/r_1)^4 \approx 3.747$$

Манайх:

$$n_2(r_1)/n_2(r_2) = 0.02243/0.01011 = 2.2186$$

Энэ тохиолдолд $m = 2$ дөхүү байна.

Дүгнэлт

Эдгээрээс үзэхэд дараах дүгнэлтийг хийж болно.

- Нарны титмийн 1967 оноос 1985 оны хоорондох материалаас Нарны титмийн 1967 - 1968 оны Нарны титэм дэх FeXIV ионы 15303A шугамыг бүртгэсэн материалыг гэрэл зургийн хальснаас компьютерт буулгах ажлыг хийж, 4000 гаруй тооны спектрийг архивлаж судалгааны материал бэлдэв.
- Спектрийн шугамын профилийг Нарны тэргэлийн ирмэгээс дээш хэд хэдэн өндөр болон таван градусын завсартай байрлалын (позицийн) өнцгийн хувьд байгуулсан.
- Спектрийн шугамын эквивалент болон хагас өргөнг тодорхойлов. Эдгээр нь титэм орон зай болон

- хурдны орны хувьд нэгэн төрөл биш гэдгийг харуулж байна.
- Ажиглагдаж байгаа эквивалент өргөний хамаарлыг $W_{5303}(\rho) \approx 6.18 + 0.87/\rho$ гэж тодорхойлов. Энэ тохиолдолд U түвшиний суурьшилтын тоо $n_U = 3.662\rho/(r^3 A_{UL}) \approx 0.061\rho/r^3$ болно. Суурьшилтын харьцаа r_1, r_2 өндөрт $n_U(r_1)/n_U(r_2) = (r_2/r_1)^3$ болно. Нарны титэм дэх FeXIV ионы $\lambda 5303\text{\AA}$ шугамын профилийг тодорхой загварын хүрээнд энергийн дурын N түвшинтэй ионы тохиолдолд тооцоолохоор тогтонги төлөвийн тэгшитгэлийн системийг хувирган, тооцооллын программыг боловсруулахад хялбар дөхөм болгон өгөгдсөн загвараар тооцоолж зүгшрүүлсэн.
 - Нарны тэргэлийн ирмэг дагуух байрлалын өнцгүүд дээр авсан шугамын боловсруулалтаас харахад, титэм нэгэн төрөл биш, жигд биш байдаг нь энэхүү ногоон шугамын эрчмийн хэмжээ, хэлбэрт туссан байна.
 - Нарны захаас хажуулдуулж авсан шугамын хэлбэр долгионы хөх

болон улаан талын чиглэлд тэгш бус хэмтэй байгаа нь титэм дэх бодисын хөдөлгөөн радиаль болон ажиглагчийн харааны чиглэлд өөр өөр байна гэдгийг үзүүлж байна.

Талархал

Энэхүү өгүүлэл нь магистрын судалгааны ажлын нэг хэсэг бөгөөд судалгааны ажлыг хийхэд туслалцаа үзүүлсэн доктор (PhD) Д.Батмөнх, Ч.Лхагважав нартаа чин сэтгэлээсээ баярласнаа илэрхийлье.

Номзүй

- Иванов, В.В. (1969). Перенос излучения и спектры небесных тел, 37с.
- Henri Van Regemorter. (1962). ApJ, 136, 906p.
- Rutten, R.J. (2003). Radiative transfer in stellar atmospheres, 51p.
- Mason, H.E. (1975). MNRAS, 170, 651p.
- Баасанжав, Д., Даваахүү, Г., Лхагвасүрэн, Д., Санжжав, С., Тунгалаг, Н. (2016). Астрономи. Улаанбаатар, Монгол: Сэлэнгэпресс ХХК.
- Baumbach S, "Strahlung, Ergiebigkeit und Elektronendichte der Sonnenkorona.," 1937, AN., v263, p121.
- Батмөнх Д. (2017). Нар, нарны аймаг. Улаанбаатар, Монгол: Батхийморь ХХК.
- Шкловский И.С. (1962). "Физика солнечной короны", 23с.

Abstract: Spectral lines of the solar corona are observed with a coronagraph telescope equipped with a spectrograph. The diameter of the objective is 20 cm, and the focal length is 400 cm. A spectrograph with a dispersion of $16.4\text{\AA}/\text{mm}$ was used. Observations were conducted from 1964 to 1985. Among these lines, a very bright $\lambda 5303\text{\AA}$ of FeXIV line is observed. One example is given for the line $\lambda 5303\text{\AA}$ of the FeXIV. Also for the processing of these lines, a system of equations of statistical equilibrium for the FeXIV ion of the solar corona is solved. Three energy levels of the FeXIV ion are considered taking into account the equations of ionized equilibrium by many researchers. The Menzel coefficients of the populations of these levels are determined. It can be seen from this calculation that the populations of these levels are determined. It can be seen from this calculation that the populations of these levels are very strongly diverged from the thermodynamic equilibrium. But in this article, we are summarizing some of the results that are just an example of a study observations materials.

Keywords: Solar corona, radiation line, line profile

БАГА ГАРИГИЙН БАЙРЛАЛ БАТАЛГААЖУУЛАХ АЖИГЛАЛТ

Б.Батжаргал, Б.Ирмүүнзаяа

*ШУА-ийн Одон орон, Геофизикийн хүрээлэн
batjargal@iag.ac.mn*

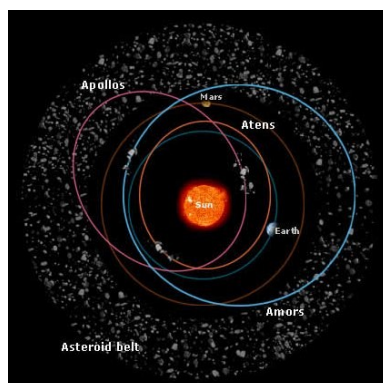
Хураангуй. Монгол улс 2012 оноос эхлэн “Астрометрийн судалгаа” сэдэвт ажлын хүрээнд VT-78e, ОРИ-40 дурангуудаар дэлхий орчмын жижиг биетүүдийг ажиглаж эхэлсэн. 2014 оны 1-р сараас ОРИ-40 дурангаар бага гаригийн ажиглалт хийж эхэлсэн ба 2014 оны 2-р сарын 5-нд Олон улсын Бага гаригийн төвд (Minor Planet Center) –т бүртгүүлэн O75 кодтой бага гаригийн ажиглалтын цэг болсон. Дэлхийн орчмын бага гаригийн байрлал баталгаажуулах ажиглалт хийж ажиглалтын үр дүнг MPEC (Minor Planet Electronic Circular) буюу Олон Улсын Бага гаригийн төвийн электрон циркулярт тухай бүр хэвлүүлж байна. Дэлхий орчмын 2017DJ16 ба 2017DW34 нэртэй 2 бага гаригийг сонгон авч эдгээр бага гаригуудын байрлал баталгаажуулах ажиглалтыг хийсэн.

Түлхүүр үг: MPEC (Minor Planet Electronic Circular), Бага гариг.

Оршил

Манай нарны аймгийн олон мянган жижиг биетүүд болон бага гаригуудын нарыг тойрох тойрог замын параметруудыг нь ажиглалтаар тодорхойлж катологижуулсан 10000 орчим тооны биетүүдийн бүртгэл байдаг. Энэхүү биетүүдийг дэлхийд ойртох ба дэлхийд аюул учруулж болзошгүй биетүүд (impact creator) хэмээн нэрлэдэг. Чухамхүү энэ биетүүд нь дэлхийтэй мөргөлдөн солирын бөмбөгдөлтийн тогоог үүсгэнэ. Эдгээр бага гаригуудыг замынх нь их, бага хагас тэнхлэг болон нарны шар замын хавтгайд үүсгэх орбитын хавтгайн өнцгөөр нь Aten, Amor, Apollo гэсэн гурван групп буюу бүлэгт хуваадаг. Эдгээр гурван бүлгийн бага гаригуудаас гадна богино үетэй сүүлт одууд ба солирын урсгалын том хэсгүүд нь дэлхийд ойртох биетүүдийн тоонд багтдаг. Сүүлийн үеийн судалгаагаар 5 км хүртэлх диаметртэй 10 орчим биетүүд ажиглагдаж байна гэсэн тооцоо гарсан байна. Тооцоогоор бол ийм биетүүд нь 20 сая жилд 1 удаа дэлхийтэй

мөргөлдөх магадлалтай байдаг. Бархасбадь болон Ангараг гаригуудын таталцалын орны нөлөөн доор дэлхийн тойрог замтай огтлолцох магадлалтай бага гаригууд 200,000 орчим байх бололцоотой байдаг. Одоогийн байдлаар дэлхийн гадарга дээр 230 гаран солирын бөмбөгдөлтийн тогоо бүртгэгдсэн байдаг. Бага гаригуудын дэлхийтэй мөргөлдөх үеийн хурд хамгийн багадаа хэрэв солирын бие дэлхийтэй нэг чиглэлд хөдөлж байгаа бол дэлхийтэй харьцангуй солирын биеийн хурд хамгийн багадаа 18 км/сек ба эсрэг чиглэлд хөдөлж байгаа бол хамгийн ихдээ 42 км/сек байна.



*Зураг №1
Бага гаригуудын дэлхийн тойрог замтай огтлолцож буй тойрог замуудын зураглал*

Онолын үндэс

Бага гаригийн фотометр: Бага гаригийн гэрэлтэлт цаг хугацааны турш эргэлтийн фаз мөн аспектийн өнцөг, фазын өнцөг гэх мэт бусад параметруудын өөрчлөлтөөс хамаарч хурдан өөрчлөгддөг ба энэхүү өөрчлөлтийн фотометрийн ажиглалт нь биетийн хэлбэр, эргэлтийн хурд ба чиглэл, эргэлтийн тэнхлэгийн орон зай дахь байрлал, гадаргуун хавтгайн гэрэл тархалт зэргийн тухай мэдээллийн үндсэн эх үүсвэр болж өгдөг. Бага гаригийн фотометрийн ажиглалт нь тэдний гэрэлтэлтийн муруйг өөрөөр хэлбэл бага гариг тэнхлэгээ тойрон эргэсний улмаас үүсэх тэрхүү гэрэлтэлтийн өөрчлөлтийг тодорхойлдог муруйг ажигладаг гэсэн үг юм. Бага гаригийн фотометрийн өөр нэг чухал чиглэл бол тэдгээрийн гэрэлтэлтийн муруйг янз бүрийн эсрэг зогсолтийн туршид ажиглаж үүний үндсэн дээр тэдний эргэлтийн параметрууд ба хэлбэрийг тодорхойлох явдал юм.

Бага гаригийн туйлын координат тодорхойлох аргууд: Бага гаригийн ердийн гэрэлтэлтийн муруй эргэлтийн үедээ хоёр хос экстремумтай (хоёр максимум, хоёр минимум) байдаг учраас энэ чанарыг үндэслэн ихэнх бага гаригуудын хэлбэрийг ойролцоогоор гурван тэнхлэгт эллипсоидоор загварчилж болдог (Н.Тунгалаг, 2004). бага гаригийн туйлын координат тодорхойлох хэд хэдэн аргууд байдаг. Жишээлбэл “амплитуд – одны хэмжигдхүүн”-ний арга, эпохын арга, тоон интегралчлалын арга, бөмбөрцгөн гармоникийн арга, радарын арга гэх мэтчилэн олдсон туйлын координатын шийдэл нь ямар загвар ашиглаж байгаагаас хамаардаг. Аспектын өнцөг q , бага гарагийн эклиптик координат l, b ба туйлын координат l_0, b_0 -н харьцаа дараах томъёогоор илэрхийлэгдэнэ.

$$\cos \theta = \sin \beta \sin \beta_0 + \cos \beta \cos \beta_0 \cos(\lambda - \lambda_0) \quad (1.1)$$

Мөн гадаргуун нэгэн төрлийн альбедо, гэрлийн сарнилтын геометрийн хууль, хамгийн бага тэнхлэгээ тойрон эргэдэг эллипсоид хэлбэрийг ихэвчлэн авч үздэг. Энэ тохиолдолд амплитуд нь дараах хэлбэрээр илэрхийлэгдэнэ.

$$A(\theta) = 1,25 \lg \left[\frac{(b/c)^2 \cos^2 \theta + \sin^2 \theta}{(b/c)^2 \cos^2 \theta + (b/a)^2 \sin^2 \theta} \right] + \beta_A \alpha \quad (1.2)$$

b_A – фазын өнцгийн 1° -д өөрчлөгдөх амплитудын өөрчлөлт.

$q=90^\circ$ (экваторийн аспект) үед амплитуд хамгийн их байх бөгөөд хоёр хагас тэнхлэгийн харьцааг b/a өгнө:

$$A(90^\circ) = A_{\max} = -2,5 \lg(b/a) \quad (1.3)$$

Бага гаригийн экваторын аспект ($q=90^\circ$) ба туйлын аспект ($q=0^\circ$) дахь гэрэлтэлтийн муруйн максимум одны хэмжигдхүүнүүдийн ялгавар c/b хагас тэнхлэгийн харьцааг өгнө:

$$V_0(\theta_1) - V_0(\theta_2) = 1,25 \lg \left[\frac{b^2 \cos^2 \theta_2 + c^2 \sin^2 \theta_2}{b^2 \cos^2 \theta_1 + c^2 \sin^2 \theta_1} \right] \quad (1.4)$$

$q_1=90^\circ$ ба $q_2=0^\circ$ орлуулан тавиад:

$$V_0(90^\circ) - V_0(0^\circ) = -2,5 \lg(c/b) \quad (1.5)$$

Хагас тэнхлэгүүдийн харьцаанууд ба туйлын координат тодорхойлох процедурын гол санаа нь (1.2), (1.4) тэгшитгэлүүдээс тооцоолж гаргасан амплитуд ба одны хэмжигдхүүнүүдийн ажиглалтынхаас хазайсан хазайлтыг хамгийн бага болгож, улмаар a, b, c ба l_0, b_0 –ийн зохих утгуудыг сонгож авахад оршдог. Энэ үед амплитудын фазын өөрчлөлтийг тооцдоггүй. Бодолт нь туйлын координат ба хагас тэнхлэгүүдийн харьцааг өгнө. Энэ

ажиглалтын тоон утга болон математик загварын зөрүүний абсолют алдааны утгыг минимум байлгах болон өнцгүүдийн зааглалтын утгуудыг давхар тооцож оновчтой сонголтын тохирох аргыг ашиглан (А.В.Засов, Э.В.Кононович, 2008), (К.В.Куимов, В.Г.Курт, Г.М.Рудницкий, 2009) бодолт хийж үл мэдэгдэгчийг гарган авдаг.

Хоёрдугаарт: фотометрийн астрометрийн арга буюу (E-арга). Энэ арга Нар, Дэлхий, Бага гариг гурвын хөдөлгөөний явцад тэдгээрийн харилцан байрлал өөрчлөгдөхөд цаг хугацааны янз бүрийн интервалд хэмжигдэх астероидын синодик үе өөрчлөгдөж байдагт үндэслэсэн. Энэ өөрчлөлтийн төлөв байдал нь (хэмжигдхүүн ба тэмдэг) бага гаригийн эргэлтийн тэнхлэгийн орон зай дахь байрлалаас шалтгаалдаг. Ийм маягаар гэрэлтэлтийн муруйн экстремумын эпохийг ажиглан бага гаригийн $P_{\text{суп}}$ хэмжигдхүүний өөрчлөлтийг судалсанаар түүний сидерик үе, эргэлтийн тэнхлэгийн байрлал, эргэлтийн чиглэлийг тодорхойлж болох юм. Фотометрийн астрометрийн аргын үндсэн тэгшитгэл дараах хэлбэртэй байна (А.А.Бережной, 2009).

$$\Delta T = P_{\text{sid}} \cdot \left(N \pm \left(\frac{\Delta L_b}{360} + \Delta n \right) \right) \quad (1.6)$$

ΔT - гэрэлтэлтийн муруйн нэгэн төрлийн экстремумын ажиглалтуудын эпохын ялгаа.

P_{sid} - бага гаригийн эргэлтийн сидерик үе.

N - ΔT хугацааны завсар дахь бага гаригийн эргэлтийн синодик циклийн бүхэл тоо.

Δ_n - бага гаригийн нарыг бүтэн тойроход дээрх циклийн тоонд хийгдэх засвар.

ΔL_b - ΔT хугацааны доторхи, өгөгдсөн λ_0 болон β_0 туйлын координаттай үед бага

гаригийн фазын өнцгийн биссектрисийн уртрагийн өөрчлөлт.

(\pm) - тэмдэг (+) эерэг эргэлтийг, тэмдэг (-) - сөрөг эргэлтийг заана.

E-аргын гол давуу тал нь, шийдэл бол бага гаригийн хэлбэр, түүний гадаргуун альбедогийн нэгэн төрлийн бус байдлаас үл хамаарах бөгөөд бага гаригийн эргэлтийн хурд ба чиглэл, эргэлтийн тэнхлэгийн орон зай дахь байрлалыг тодорхойлох боломжтой юм. Гэхдээ энэхүү арга өндөр нарийвчлалтай фотометрийн ажиглалтууд ба экстремумын эпохын хэмжилт шаардагддаг.

Ажиглалт

Дэлхий орчмын 2017DJ16 ба 2017DW34 нэртэй 2 бага гаригийг сонгон авч эдгээр бага гаригуудын байрлал баталгаажуулах ажиглалтыг 2017 оны 2-р сарын 22-нд хийсэн. Ажиглалтыг 40см-ийн голточтой ORI-40 дурангаар хийж 30сек-ийн экспозицээр тус бүр 60, 60 зураг авсан.

2017DJ16 бага гаригийн эфемерид өгөгдлүүд:

2017 DJ16 $a, e, i = 1.31, 0.39, 1$
 $q = 0.8022$

Date TT R. A. (2000) Decl. Delta
 r Elong. Phase V

2017 02 22 10 57 03.2 +19 34 57
0.04553 1.0337 167.3 12.2 19.9

Энд R.A.нь бага гаригийн тухайн өдрийн цэх мандал, Decl нь хэлбийлт юм.2017 оны 2 р сарын 22 нд 2017DJ16 бага гаригийн цэх мандал нь 10 цаг 57 мин 03,2 сек, хэлбийлт нь +19 град 34 мин 57 сек. Нарнаас алслагдах зай нь 1.0337 о.о.н, дэлхийгээс алслагдах зай нь 0.04553 о.о.н , бага гаригийн үзэгдэх од-хэмжигдэхүүн нь 19,9 байв. Эдгээр өгөгдлүүд нь уг бага гаригийг Хүрэл тогоот ажиглалтын төвөөс ажиглах бүрэн боломжтойг харуулж байсан учраас сонгон авсан.

2017DW34 бага гаригийн эфемерид

өгөгдлүүд

2017 DW34 a,e,i = 1.30, 0.65, 7
q = 0.4605

2017 02 22 12 33 45.8 +13 27 42 0.1269
1.0994 148.3 28.3 20.1

Энд Р.А.нь бага гаригийн тухайн өдрийн цэх мандал, Decl нь хэлбийлт юм. 2017 оны 2 р сарын 22 нд 2017DW34 бага гаригийн цэх мандал нь 12 цаг 33 мин 45.8 сек, хэлбийлт нь +13 град 27 мин 52 сек. Нарнаас алслагдах зай нь 1.0994 о.о.н, дэлхийгээс алслагдах зай нь 0.1269 о.о.н , бага гаригийн үзэгдэх од-хэмжигдэхүүн нь 20,1 байсан нь мөн ажиглах боломжтой нөхцөл учраас энэхүү бага гаригийг сонгон ажигласан.

Ажиглалтын үр дүн

K17D16J: Ажиглалтын үр дүнгээр байрлалыг нарийвчлан баталгаажуулахад 2017DJ16 бага гаригийн цэх мандал нь 2017 оны 2-р сарын 22-ны хувьд 11 цаг 02 мин 13,63 сек, хэлбийлт нь +20 град 36 мин 27,3 сек гэж тодорхойлсон. Энэ нь анхдагч өгөгдлөөс цэх мандлын хувьд 5 мин, хэлбийлтийн хувьд 1 градусийн зөрүүтэй байна. Энэ бол байрлал баталгаажуулах ажиглалтанд байдаг хэвийн алдаанууд юм.

K17D16J KC2017 02 22.76641 11 02 13.63
+20 36 27.3 19.4 RqED035O75

K17D16J KC2017 02 22.77263 11 02 16.10
+20 37 02.0 19.3 RqED035O75

K17D34W: Ажиглалтын үр дүнгээр байрлалыг нарийвчлан баталгаажуулахад 2017DW34 бага гаригийн цэх мандал нь 2017 оны 2-р сарын 22-ны хувьд 12 цаг 32 мин 30,60 сек, хэлбийлт нь +13 град 08 мин 18,5 сек гэж тодорхойлсон. Энэ нь анхдагч өгөгдлөөс цэх мандлын хувьд 1 мин, хэлбийлтийн хувьд 20 минут зөрүүтэй байна. Энэ бол байрлал баталгаажуулах ажиглалтанд байх ёстой хэвийн алдаанууд юм.

K17D34W KC2017 02 22.80592 12 32 30.60
+13 08 18.5 20.1 RqED052O75

K17D34W KC2017 02 22.81361 12 32 33.34
+13 09 02.7 19.9 RqED052O75

Дүгнэлт

1. ООГХ-ийн Хүрэлтогоот дахь ОРИ-40 болон VT-78едурангууд дээр тэнгэрийн эрхсүүдийн, түүний дотор дэлхий орчмын 2017DJ16 ба 2017DW34 нэртэй 2 бага гаригийг сонгон авч эдгээр бага гаригуудын байрлал баталгаажуулах ажиглалтыг хийсэн.
2. **Astrometrika** болон **Арех** программаар боловсруулан координатыг баталгаажуулсан. Сонгогдсон бага гаригуудын өгөгдлүүдээс харахад Хүрэл тогоот ажиглалтын төвөөс ажиглах бүрэн боломжтойг харуулж байсан учраас сонгон авсан.

Талархал

Энэхүү өгүүлэл нь магистрын судалгааны ажлын нэг хэсэг бөгөөд судалгааны ажлыг хийхэд туслалцаа үзүүлсэн “Астрометр” салбарын дарга доктор (PhD) Н. Тунгалаг танаа чин сэтгэлээсээ баярласнаа илэрхийлье.

Номзүй

- Н.Тунгалаг. (2004). Бага гарагийн эргэлтийн параметр, фотоцентрийн шилжилтийг тоон загварын аргаар тодорхойлох нь. Ph.D диссертаци, -144 хх. Харьков
- А.А.Бережной, (2009). В.В.Бусарев, В.Г.Сурдинв Солнечная система. -400 с. ФизМатЛит.Москва
- А.В.Засов, Э.В.Кононович. (2008). Астрономия. Учебное пособие. -256 с. ФизМатЛит.Москва
- К.В.Куимов, В.Г.Курт, Г.М.Рудницкий. (2009) .Небо и телескоп. -424с. ФизМатЛит.Москва

Abstract. Since 2012, Mongolia has been observing small bodies Near-Earth with VT-78e and ORI-40 telescopes as part of its “Astrometric Survey” project. In January 2014, ORI-40 began to observe asteroids, and on February 5, 2014, it was registered at the International Minor Planet Center and became an asteroid observation point with code O75. The results of the observations to confirm the positions of Near-Earth asteroids (objects) are published in the MPEC (Minor Planet Electronic Circular) or Electronic Circular of the International Center from time to time. Two asteroids, 2017DJ16 and 2017DW34, were selected from Near-Earth asteroids (objects) to confirm the location of these asteroids.

Keywords: *MPEC (Minor Planet Electronic Circular), Small planer*

UV ИНДЕКСИЙГ ТООЦОХ НЬ

Б.Энхзул, Б.Түвшинжаргал, Б.Банзрагч, Д.Ундрах

ШУА-ийн Одон орон, Геофизикийн хүрээлэн
enkhzul@iag.ac.mn

Хураангуй. Нарны хэт ягаан цацрагийн хүний биед үзүүлэх нөлөө нь эерэг ба сөрөг үр дагавартай байна. Озоны давхаргын сийрэгжилтийн улмаас газрын гадаргад ирэх нарны хэт ягаан цацрагийн хэмжээ ихэссэн нь хүний биед сөрөг үр дагаврыг ихээр үзүүлэх болжээ. Энэхүү судалгааны ажилд нарны хэт ягаан цацрагийн эрчим, индексийн хамаарлыг гарган авахыг зорилго болгов. Энэхүү хамаарлыг гаргахдаа Улаанбаатар орчмын “Хүрэлтогоот” дахь Одон орон судлах оргилд нарны хэт ягаан цацрагийн эрчмийг 365±12нм долгионы мужид зөөврийн цацраг хэмжигч VLX-3W багаж болон цацрагийн индекс тодорхойлогч UV Hawk багажуудаар 2015-2019 он хүртэлх 5 жилийн хэмжилтийн материалыг ашиглав. Энэхүү хэмжилтийн материалаас цацрагийн эрчим, индексийн үнэлгээний хоорондох уялдаа холбоо, хамаарлыг тооцож эмпирик томъёогоор илэрхийллээ. Нарны хэт ягаан цацрагийн эрчим, индексийг тооцсоноор цацрагийн нөлөөнөөс сэргийлж хамгаалах боломжит нөхцлийг олгох юм.

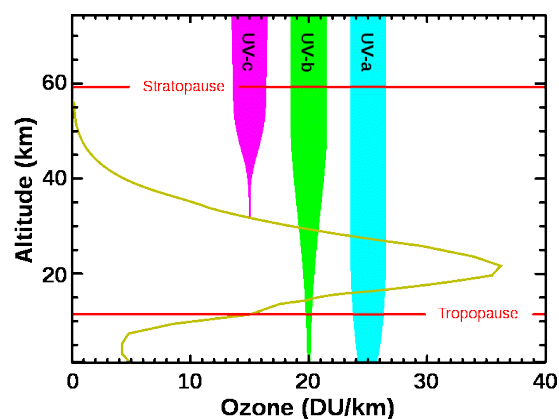
Түлхүүр үг: озоны давхарга, тун (эрчим), долгионы урт

Оршил

Хүний байгальтай уялдах хүчин зүйлийн нэг нь бидэнд хамгийн ойр орших нар, түүний цацрагийн үйлчлэл юм. Нарнаас асар их эрчим хүч ялгаран гэрлийн долгионы янз бүрийн мужуудад түгэж байдаг. Эдгээр цацрагийн дотроос нарны хэт ягаан цацраг бол үзэгдэх гэрлээс богино, цахилгаан соронзон долгион бөгөөд манай гаригт ирж байгаа нийт цацрагийн 5 орчим хувийг эзэлдэг байна. Нарны цацрагийг эрчим, долгионы уртаас хамааруулж UVC (100-280нм), UVB (280-315нм), UVA (315-400нм ((нм)-нанометр нь 10⁻⁹)) – аар ангилж үздэг бөгөөд дэлхийн агаар мандлыг UVC цацраг нэвтрэхгүй үлдэж, Бета (UVB), Альфа (UVA) цацрагийн тодорхой хувь нь озоны давхаргад шүүгдэж (Kerr, J.B., McElroy, C.T. 1993), (http://en.wikipedia.org/wiki/Ozone_Layer) газрын гадаргууд ирдэг. Энэ талаар Зураг 1-г үзүүлэв.

Дэлхийн агаар мандал дахь озоны

давхаргад өөрчлөлт орж байгаа талаар 1980 оноос санал гаргах болсон. Үүний дагуу 1985 онд Английн судлаач Д.Фарман өмнөд туйлын озоны хэмжээг (Добсоны тоо буюу озон хэмжих нэгжээр) тодорхойлж, сийрэгжилттэй болохыг тодорхойлсон байна. Энэхүү үйл явцын цаана байгаль, дэлхийтэй зүй бус харьцсан хүний үйл ажиллагааны сөрөг үр дагавраас үүдэн озоны сийрэгжилт өмнөд, хойд хагас



Зураг 1. Дэлхийн агаар мандлаар нарны хэт ягаан цацрагийн нэвтрэлт. Эх сурвалж: <http://en.wikipedia.org/wiki/Ozone>

бөмбөрцөгт (15-28 сая км²) нилээд талбайг хамарсан нь байгаль орчин, амьд биест сөргөөр нөлөөлөх болжээ (<https://www.krugosvet.ru/enc/khimiya/ozon>).

Тухайлбал, озоны давхаргын сийрэгжилтээс хүн арьс болон нүдний болор цайх өвчинд өртөх болсныг Дэлхийн Эрүүл Мэндийн Байгууллага (ДЭМБ) улс оронд мэдээлэх болсон юм. Монгол улсын XXI зууны тогтвортой хөгжлийн хөтөлбөрт (<https://www.undp.org/content/>).уур амьсгал, озоны үе давхарга, нарны хэт ягаан туяа зэрэг үзүүлэлтийг байнгын хяналтанд хамруулах, хүний эрүүл мэндэд үзүүлэх нөлөөг судлах талаар онцлон заасан нь цацрагийн нөлөөг судалж урьдчилан сэргийлж хамгаалах асуудал нэн түрүүнд тавигдаж байгаа өнөө үед жилийн ихэнх өдрүүд нь цэлмэг байдаг манай орны хувьд нарны хэт ягаан цацрагийн нөлөөг судлах нь чухал асуудал болж байна (Цовоохүү, Ч., Батмөнх, Д., Даваахүү, Г, 2003), (Davaakhuu, G., Lkhagavajav, Ch, 2009).

Иймд бидний судалгааны ажлын зорилго нь хүний эрүүл мэндэд сөрөг нөлөө үзүүлж буй нарны хэт ягаан цацрагаас урьдчилан сэргийлэх явдал юм. Энэхүү зорилгыг хэрэгжүүлэхийн тулд нарны хэт ягаан цацрагийн хэмжилт судалгааны материалд дүн шинжилгээ хийж зарим үр дүнг тооцох нь цацрагийн нөлөөнөөс хамгаалахад чиглэгдэх юм.

Нарны хэт ягаан цацрагийн индекс ба эрчмийн хэмжилт судалгаа

а/. Нэгдсэн Үндэсний Байгууллагын (НҮБ) хүрээлэн байгаа орчин, ДЭМБ-аас иончлогдсон туяанаас хамгаалах олон улсын комисс 1995 онд озоны давхрагын түгээмэл хомсдол хүний эрүүл мэндэд нөлөөлж байгаа талаар хийгдсэн судалгаа, гаргасан бүтээлд дүгнэлт өгч нарны цацрагаас хамгаалах ажлын хүрээнд мэдээллийн хэрэгслээр

сурталчлах, урьдчилан сэргийлэх арга зүйг таниулах нь чухал гэж үзсэн учраас нарны хэт ягаан цацрагийн индексийг (UV индекс) танилцуулах болсон юм.

Нарны хэт ягаан цацрагийн индекс (UV индекс) хэмээх ойлголт нь дэлхийн гадаргууд үйлчилж байгаа хэт ягаан цацрагийн эрчмээр тодорхойлогддог үзүүлэлт. Өөрөөр хэлбэл, нарны UV индексийн хэмжээ нь амьд биесийн эд эсүүдэд нөлөөлөх их хэмжээний эрчим чадлыг өөртөө агуулдаг (Даваахүү, Г, 2013) учраас ДЭМБ-аас хүний биед

Хүснэгт 1. UV индексийн үнэлгээ

№	Түвшин	UV индекс	Ялгах өнгө	Хамгаалал
1	Доод	1-3	Ногоон	Ердийн
2	Дунд	3-5	Шар	Малгай, нүдний шил
3	Дээд	6-7	Улбар шар	10-16 цагт сүүдэрт
4	Их	8-10	Улаан	Сүүдэр газар байх
5	Үнэмлэхүй	11-ээс дээш	Ягаан	Бүх хамгаалах хэрэгсэл

цацрагийн үйлчлэлийг (доод, дунд, дээд, их, үнэмлэхүй) түвшнээр илэрхийлж, индексийг тоон үзүүлэлтээр үнэлж (<https://www.who.int/uv/>), өнгөөр ялгасан байдаг. ДЭМБ-аас гаргасан UV индексийг авч үзье. Хүснэгт 1-т үзүүлэв.

Энд UV индекс яагаад хэрэгтэй болдог вэ гэсэн асуулт тавигдахад хүрдэг. Үүний учир нь UV-индексийг мэдсэнээрээ нарны цацрагийн хор уршгийг ойлгож, өөрсдийгөө сэргийлж хамгаалах нь эмчилгээнд зарцуулах үргүй зардлыг багасгана. Нөгөө талд нарны хэт ягаан цацрагийн сөрөг үр дагаврын талаарх хүмүүсийн ойлголтын чиг хандлагыг багтаасан нэгдсэн хөтөлбөрт тодорхой заах нь ач холбогдол үзүүлэх юм.

Бид Тайвань улсад үйлдвэрлэсэн нарны UV индекс хэмжигч багаж (UV-

Хүснэгт 2. “UV-Hawk” багажийн индексийн хэмжилт

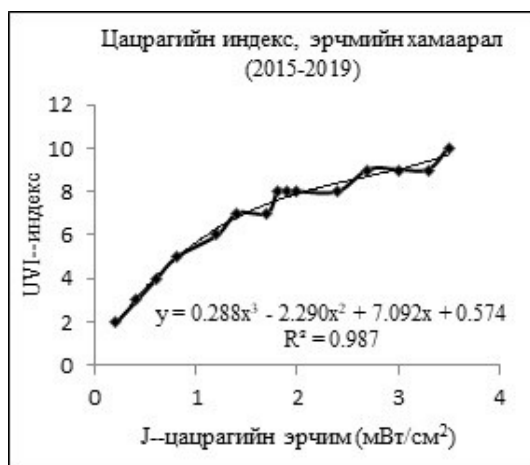
UV индексийн сар бүрийн дундаж утга					
Сар	2015	2016	2017	2018	2019
Он					
III	2	3	2	3	2
IV	4	5	4	6	4
V	6	6	5	7	5
VI	7	7	8	8	7
VII	7	8	7	8	8
VIII	8	8	7	7	7
IX	6	7	6	5	6
X	5	6	5	4	4

Hawk)-ийг (<https://44tools.com/uv-hawk/>) ашиглан UV-индексийг 2015-2019 онуудад хэмжиж, хэмжилт хийсэн сар тус бүрийн дундаж утгыг Хүснэгт 2-т үзүүлэв.

Улаанбаатар хот орчимд UV индексийн дундаж үзүүлэлтийг Хүснэгт 2-оос үзэхэд сүүлийн 5 жилийн байдлаар 5-р сараас “дээд” түвшнээс эхэлж, аажим нэмэгдсээр 7,8-р сараас “их” утганд хүрээд цаашид буурч байна. Өөрөөр хэлбэл, цацрагийн түвшин хаврын сүүлч сараас эхлэн аажим нэмэгдэж, зун, намрын эхэн сард өндөр үзүүлэлттэй байгааг анхаарч урьдчилан сэргийлэх арга хэмжээ авах үүднээс олон нийтэд радио өргөн нэвтрүүлэг, телевизээр мэдээлэх нь чухал болно.

б/. Бид 2015-2019 онуудад Одон орон

График 1. Цацрагийн эрчим ба UV индексийн хамаарал



судлах оргилын байнгын цэгт 365 ± 12 нм долгионы мужид нарны хэт ягаан цацраг хэмжих “VLX-3W” багажийн тусламжтайгаар цацрагийн тун (эрчим), UV индексийн хэмжилт, тэдгээрийн хоорондох уялдаа хамаарлыг хамгийн бага квадратын аргаар тооцож эмпирик томъёог гарган авч график 1-т үзүүлэв. График 1-т гарган авсан эмпирик томъёог дараах байдлаар илэрхийлье.

$$UVI = 0.288J^3 - 2.290J^2 + 7.092J + 0.574 \quad (1)$$

Энд: J- цацрагийн тун хэмжээ (эрчим), UVI - цацрагийн индекс

Хүснэгт 3. UV индексийн түвшний үнэлгээ

Түвшин (үнэлгээ)	Нарны өндөр (градус)	Цацрагийн эрчим (mW/m ²)	Хугацаа (цаг, мин)
Доод	< 10 ⁰	0.3-0.8	1 цаг
Дунд	10 ⁰ -30 ⁰	0.9-1.5	30 мин
Дээд	30 ⁰ -50 ⁰	1.6-2.5	15 мин
Их	50 ⁰ -60 ⁰	2.6-3.5	10 мин
Үнэмлэхүй	>60 ⁰	>3.6-дээш	Сүүдэрт

Дээрх (1) тэгшитгэлийн өгөгдөл, цацрагийн эрчмийн үзүүлэлтээр тухайн цэгт цацрагийн индексийг тодорхойлох боломжтой болж байна. Мөн нарны өндөр, цацрагийн эрчим, үйлчлэх хугацаагаа цацрагийн түвшний үнэлгээг гаргаж болно (Даваахүү, Г., Халзаа, Б, 2009). Энэ талаар Хүснэгт 3-т үзүүлэв.

Хүснэгт 3-аас ажиглахад нарны өндөр дээшлэх тутам цацрагийн эрчим нэмэгдэж байгаа учраас гадаа удаан хугацаагаар ажиллах, аялалаар явах болон эмчилж сувилуулахад наранд байх хугацааг зөв зохицуулах нь цацрагаас үүдэлтэй өвчлөлөөс урьдчилан сэргийлж хамгаалах боломжит нөхцлөөр хангагдана. Манай орны онцлог нөхцөл (Цовоохүү, Ч., Батмөнх, Д., Даваахүү, Г, 2003), (Davaakhuu, G., Lkhagavajav, Ch, 2009) болон бусад оронд (ижил төстэй газар нутагт) явуулсан хэмжилт судалгааны материалтай жишиж үзэхэд, цаг хугацааны хувьд өглөөний 10 цагаас

16 цагийн хооронд нарны хэт ягаан цацраг 60-аас дээш хувиар гадаа ажиллагсадад болон аялагч, уулын спорт сонирхогч зэрэг хүмүүст нөлөөлдөг бол сүүдэрт 50 хувиар буурдаг байна. Нөгөө талд нар хэдий чинээ өндөр байна цацрагийн тун тийм хэмжээгээр нэмэгдэх учраас зуны үд дундын үед наранд биеэ шарах, усанд орох (усанд цацрагийн нилээд хувь шингэдэг) нь цацрагт их хэмжээгээр өртөх эрсдэлтэй тул өөрийгөө болон бусад хүмүүсийг цацрагаас үүдэлтэй (арьсны өмөн үү, нүдний болор цайж хараа муудах, хараагүй болох) өвчнөөс урьдчилан сэргийлж хамгаалах асуудал нэн түрүүнд тавигдаж байна.

Дүгнэлт

1. Нарны хэт ягаан цацрагийн UV индексийн хэмжээ нь амьд биесийн эд эсүүдэд нөлөөлөх их хэмжээний эрчим чадлыг илэрхийлдэг учраас ДЭМБ-аас хүний биед үйлчлэх цацрагийн үнэлгээг гаргасны дагуу цацрагийн индексийн хэмжилтийг сүүлийн 5 жилийн сарын дундаж утгаар авч үзэхэд 5-р сараас эхэлж (“дээд” түвшнээс) аажим нэмэгдсээр 7,8-р сард цацрагийн тун хэмжээ үнэмлэхүй хэмжээний өмнөх (“их”) цаашид буурч байгаа учраас хаврын сүүлч сараас эхлэн намрын эхэн сарууд хүртэл UV-индексийн мэдээг радио телевизээр хүмүүст мэдээлэх шаардлагатай байгааг харж болно.
2. Нарны хэт ягаан цацрагийн эрчим, индексийн үзүүлэлтийн хоорондох хамаарлыг тооцсон аналитик тэгшитгэлээр

$$UVI = 0.288J^3 - 0.290J^2 + 7.092J + 0.574$$
 тухайн цэгт хэмжсэн эрчмийн утгаар UV индексийг тодорхойлсноор цацрагийн нөлөөнөөс урьдчилан сэргийлэх боломж олгох юм.
3. Нарны өндөр хаврын улирлаас эхлэн аажим нэмэгдэж, зун намрын сард

оргил үедээ хүрснээр цацрагийн эрчмийн хор уршиг, үр дагавар гарах тул наранд байх хугацааг онцлон авч үзэх, ялангуяа цацрагийн тун (зуны сард 10-16 цагт) мэдэхүйц их хэмжээтэй (хамгийн их утга нь жин үдэд) бүртгэгддэг учраас цацрагаас үүдэлтэй өвчлөлөөс өөрийгөө болон үр хүүхэд бусад хүмүүсээ хамгаалах хэрэгтэй болно.

4. Цаашид байгаль орчин, хүн ба амьд биест нөлөөлөх цацрагийн тун хэмжээ, нарны өндөр, газрын төлөв байдал зэргийг харгалзан үзэж, цацрагийн нөлөө бүхий мужид судалгааг өргөжүүлснээр хүрээлэн буй байгаль орчин, хүн, ан амьтан, ургамалд нөлөөлөх нарны хэт ягаан цацрагийн хүчин зүйлийн талаар нарийвчлан судлах нь чухал болж байгааг харуулж байна.

Номзүй

- Kerr, J.B., McElroy, C.T. (1993). Evidence for large upward trends of ultraviolet-B radiation linked to ozone depletion. *Science*, 262, 1032-1043
http://en.wikipedia.org/wiki/Ozone_Layer
<https://www.krugosvet.ru/enc/khimiya/ozon>
https://www.undp.org/content/dam/mongolia/Publications/Environment/rio_report_mongolia.pdf
- Цовоохүү, Ч., Батмөнх, Д., Даваахүү, Г. (2003). Ультрафиолетвий климат Монголи. Геофизик одон орон судлал, № 2, УБ. 50-53
- Davaakhuu, G., Lkhagavajav, Ch. (2009) Impacts of the Solar UV radiations, International conference –X-ray Analysis-Ulaanbaatar Mongolia. 77-80
- Даваахүү, Г. (2013). Нарны хэт ягаан цацраг ба UV индекс. Астрономийн цаглабар. №6. УБ. 126-131
https://www.who.int/uv/intersunprogramme/activities/uv_index/en/index3.html
<https://44tools.com/uv-hawk/>
- Даваахүү, Г., Халзаа, Б. (2009). Нарны глобал UV индекс. Эмнэлэгийн багаж хэрэгсэл, тэргүүний техник технологи. Сэтгүүл, №02. УБ. 24-26

Abstract. There are some advantages and also side effects caused by ultraviolet radiation from the sun. The amount of ultraviolet radiation light to the earth's surface is increasing due to the dispersion of the Ozone layer, it shows the various kinds of side effects on the human body. In this study, We have considered the consistency of intensity of the ultraviolet radiation with its index as a purpose in this research. We used measurements that are collected by an astronomical observation center at “Khureltogoot” in Ulaanbaatar city for measurements of the sun’s radiation. These data are measured by a portable instrument, which is working in a 365 ± 12 nm wavelength range named VLX-3W and another tool named UV Hawk to measure the intensity of ultraviolet light, for 5 years. We determined the consistency of the intensity of radiation with an evaluation of the index by using the empiric equation from this measurement. By calculating the intensity of ultraviolet radiation and its index, it gives a chance to prevent side effects that would be come from the radiation and help to create the appropriate condition in the future.

Keywords: ozone layer, intensity of radiation, wave length