

GEOPHYSICS & ASTRONOMY

No.9 2022

**ГЕОФИЗИК БА ОДОН
ОРОН СУДЛАЛ**

**Улаанбаатар хот
2022**



МОНГОЛ УЛСЫН ШИНЖЛЭХ УХААНЫ АКАДЕМИ

ОДОН ОРОН, ГЕОФИЗИКИЙН ХҮРЭЭЛЭН

9 (2022)

УЛААНБААТАР ХОТ

2022 он

Монгол Улсын Шинжлэх Ухааны Академийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэн болон Монголын Геофизикчдийн Холбооны хамтарсан “Геофизик ба Одон орон судлал” сэтгүүл, № 9, Улаанбаатар, 2022, 88 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
Доктор А.Баясгалан
Доктор Г.Баянжаргал
Докторант С.Мөнхбаатар
Докторант Б.Даариймаа

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: journals@iag.ac.mn
Вэб хаяг: www.iag.ac.mn

ГАРЧИГ

Б.Түвшинтуул, Ц.Баасанбат ГОВЬ-АЛТАЙН БҮС НУТГИЙН ДЭЭД ЦАРЦДАСТ БҮРХЭВЧ ДЭХ СЕЙСМИК ХУРДНЫ V_p/V_s ХАРЬЦАА	5
Г.Баянжаргал, Т.Насан-Очир, Ш.Цэрэндүг, Э.Батмагнай, Б.Энхзул УЛААНБААТАР ГЕОСОРОНЗОН ОРГИЛЫН ҮНДСЭН ШУГАМЫН УТГА (2019- 2021)	13
Б. Амаржаргал, Jianjun Liu, Ү.Сүхбаатар,Т.Насан-Очир, С.Ганцогт ГАРИГ ХООРОНДЫН ЦОХИХ ДОЛГИОНЫ ҮЕИЙН ЦЭНЭГТ МАНДЛЫН ӨӨРЧЛӨЛТ	18
Т.Насан-очир, Г.Баянжаргал, Ш.Цэрэндүг, Б.Батбаяр, Б.Амаржаргал, С.Ганцогт МОНГОЛ ОРНЫ НУТАГ ДЭВСГЭР ДЭХ ГЕОСОРОНЗОН ОРНЫ D-ХАЗАЙЛТЫН ӨНЦГИЙН ТҮГЭЛТИЙН ЗУРАГЛАЛ (2010-2020).....	25
Л. Саранцэцэг МОНГОЛ ОРНЫ БҮС НУТГИЙН ЦАРЦДАСЫН ҮЕ ДАВХАРГУУДААР Р ДОЛГИОН ТАРХАХ 1D ХУРДНЫ ЗАГВАРЫГ ТООЦОХ АРГАЧЛАЛ.....	31
Б.Түвшинжаргал, Ц.Баатарчулуун, Т.Нарангарав, Б.Жавзандолгор, Б.Даариймаа УЛААНБААТАР ХОТ ОРЧМЫН АЭРОЗОЛЫН ЗАРИМ ОПТИК ПАРАМЕТРУҮДИЙН ТҮГЭЛТ, ХАМААРЛЫГ СУДАЛСАН ДҮН (2017- 2021).....	40
Б.Батбаяр, Д.Батмөнх НАРНЫ ИДЭВХЖИЛ БА ГАЗАР ХӨДЛӨЛТ: ВЕЙВЛЕТ АНАЛИЗЫН СУДАЛГАА.....	46
Д.Даваадорж, Ц.Нямбаяр ХҮЧТЭЙ ГАЗАР ХӨДЛӨЛТИЙН МЭДЭЭГ ОЛОН НИЙТЭД ГАР УТАСНЫ АПЛИКЕЙШНЭЭР ХҮРГЭХ.....	52
Ч. Балдулам, Э.Өнөрмаа, Б. Цогтоо МОГОДЫН ХАГАРЛЫН ДАГУУХ ГАЗАР ХӨДЛӨЛТИЙН ГОРИМЫН СУДАЛГАА.....	59
С.Загдсүрэн, Ш.Баасансүрэн ХОВД АЙМГИЙН ТӨВД ГАЗАР ХӨДЛӨЛТИЙН ГАМШГИЙН ЭРСДЭЛИЙН БОЛЗОШГҮЙ НӨХЦӨЛ ҮҮСГЭХ НӨЛӨӨЛӨЛ, ҮЙЛЧЛЭЛ НЬ ОЙРХОН ХАГАРЛЫН ДАГУУХ БҮС НУТГИЙН ГОРИМЫН СУДАЛГАА.....	65
Б.Буянтогтох, М.Дорждаваа, Ам.Мөнхсайхан, Э.Батням, Х.Ундармаа МОГОДЫН ИДЭВХТЭЙ ХАГАРЛЫН БҮСЭД ХИЙСЭН ГРАВИМЕТРИЙН СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН	84

ГОВЬ-АЛТАЙН БҮС НУТГИЙН ДЭЭД ЦАРЦДАСТ БҮРХЭВЧ ДЭХ СЕЙСМИК ХУРДНЫ V_p/V_s ХАРЬЦАА

Б.Түвшинтуул, Ц.Баасанбат

ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэн
tuvshintuul@iag.ac.mn, baasanbat@iag.ac.mn

Хураангуй. Газар хөдлөлтийн P болон S долгионы харьцааг судлах нь газар хөдлөлтийн төвийг тодорхойлох, газар хөдлөлтийн голомтын ерөнхий төлөв байдлыг хянах, газар хөдлөлтийн синтетик сейсмограммын тооцоолол хийх зэрэг сейсмологийн судалгаанд чухал ач холбогдолтой. Сейсмологийн судалгаанд өргөнөөр хэрэглэгддэг сейсмик хурдны загварын нэг чухал параметр нь сейсмик хурдны харьцаа V_p/V_s болон түүнээс уламжлан гарах уян харимхайн Пуассоны харьцаа юм. Энэхүү хурдны харьцааг Говь-Алтай аймагт суурилуулсан газар хөдлөлт бүртгэх нүүдлийн станцад бичигдсэн хөдлөлтүүдийн мэдээллийг ашиглан Вадатийн диаграммын аргаар тодорхойлж үүнээсээ Пуассоны харьцааг мөн тодорхойлох юм. Судалгааны үр дүнгийн тогтворжилтыг дахин түүвэрлэлтийн аргаар шалган гарсан үр дүнг Одон Орон Геофизикийн Хүрээлэн (ООГХ)-ийн судалгаанд ашиглагдаж байгаа сейсмик хурдны харьцаатай харьцуулж дүгнэлт гаргахад судалгааны ажлын гол зорилго оршино. Судалгааны үр дүнд Говь-Алтайн бүс нутгийн дээд царцдасын P болон S долгионы хурдны V_p/V_s харьцаа нь хэвтээ чиглэлийн дагуу зүүн хойноос баруун урагш чиглэлд өөрчлөгдөж байна.

Түлхүүр үгс: Сейсмик хурдны V_p/V_s харьцаа, Вадатийн диаграмм, Пуассоны харьцаа, статистик анализ, дахин түүвэрлэлтийн арга

УДИРТГАЛ

Монгол орны газар хөдлөлтийн судалгаа, сейсмик хурдны загвар, газар хөдлөлтийн төвийг тодорхойлоход хэрэглэгддэг сейсмик хурдны харьцаа болох 1.73 гэсэн утга нь (Балжинням, 1975) 1975 онд тодорхойлогдож байжээ. И.Балжинням нар нь энэхүү сейсмик хурдны харьцааны утгыг хуучнаар ЗХУ-ын Алтай хязгаарын сүлжээ станцуудад бүртгэгдсэн Цагаан шувуутын (1970-05-15 17:13:14.0 ХӨ-50.18°, ЗУ-91.27, $M_l=7$) давталт хөдлөлтүүдийн мэдээллээр тодорхойлсон байна. Тэд энэ судалгаандаа эпицентрийн тодорхойлолтын алдаа нь 50 км-ээс ихгүй 20 удаагийн давталт хөдлөлтүүдийн мэдээллийг ашигласан байна. Тухайн үед Монгол орны нутаг дэвсгэрийн хэмжээнд газар хөдлөлт бүртгэх байнгын 5 аналог станц ажиллаж байв.

2022 оны байдлаар Монгол орон газар

хөдлөлт бүртгэх орон нутгийн 22, Улаанбаатар хот орчмын 27 болон 6 бичил сүлжээ станцуудаас бүрдэх бөгөөд нийт ажиглалтын цэгийн тоо 80 гаруй болжээ.

Үүнээс гадна Шинжлэх Ухааны Академи ШУА)-ийн, ООГХ-ийн гадаадын байгууллагуудтай хамтран хэрэгжүүлсэн сейсмологийн судалгааны ажлуудын хүрээнд Монгол орны нутаг дэвсгэрийн газар хөдлөлтийн идэвхтэй хэсгүүдэд газар хөдлөлт бүртгэх нүүдлийн станцууд тодорхой хугацаагаар суурилуулагдаж мэдээлэл хуримтлагдсан байна. 1975 онд маш цөөн тооны газар хөдлөлт бүртгэх станцуудын мэдээллээр тодорхойлогдсон сейсмик хурдны V_p/V_s харьцааг Монгол орны нутаг дэвсгэрт ажиллаж байгаа, тоон технологи бүхий газар хөдлөлт бүртгэх станцуудын тоо үлэмж ихсэж, нэгж талбайд оногдох газар хөдлөлт бүртгэх станцын тоо нэмэгдсэн энэ цаг үед газар

хөдлөлтийн судалгаанд хэрэглэж байгаа учир дутагдалтай явдал нь энэхүү

судалгааны ажлыг хийх үндэслэл болж байна.

СУДАЛГААНД ХЭРЭГЛЭСЭН МЭДЭЭЛЭЛ

Газар хөдлөлтүүдийн тархалт

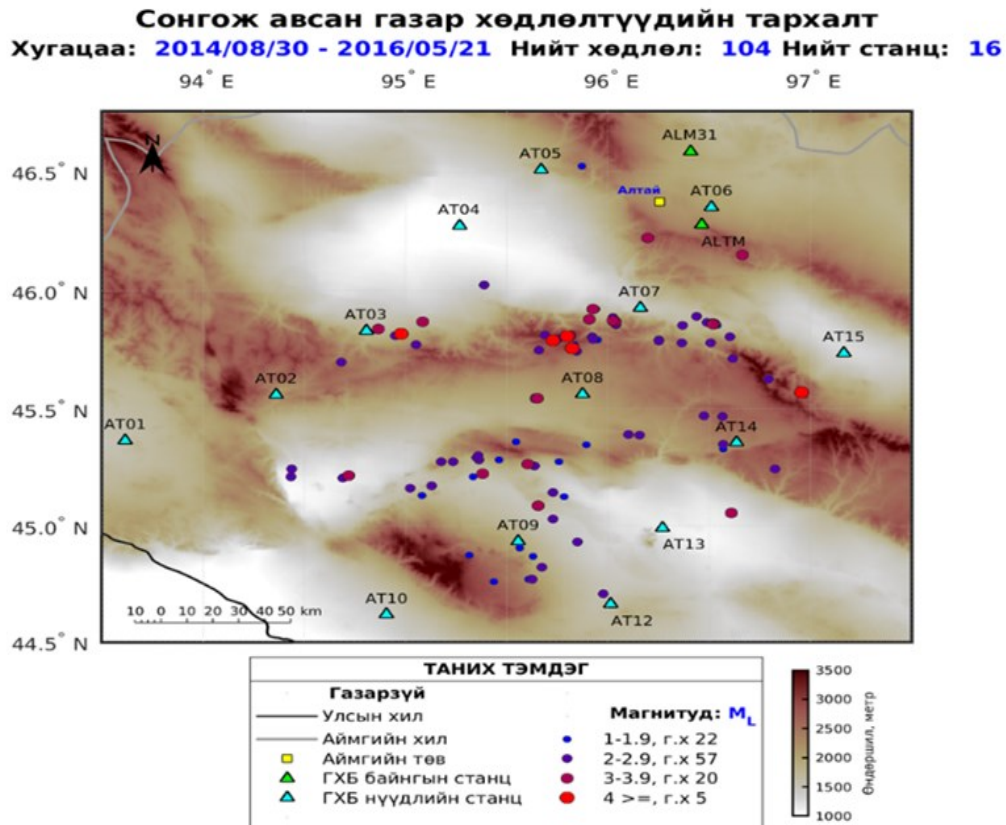
Сейсмик долгионы V_p/V_s харьцааны судалгааг хийхээр сонгож авсан талбай нь газарзүйн байрлалын хувьд Говь-Алтай аймгийн нутаг дэвсгэрт ХӨ $44.50^\circ - 46.75^\circ$, ЗУ $93.50^\circ - 97.50^\circ$ газар нутгийн хамран оршино (Зураг 1). Судалгааны талбайд өндөр уулсын нурууд оршихоос гадна говь хээрийн бүс оршино.

ШУА-ийн ООГХ болон АНУ-ын Лехайн их сургуулийн хамтарсан сейсмологийн судалгааны хүрээнд энэ бүс нутагт газар хөдлөлт бүртгэх нүүдлийн 14 станцуудыг 2014-2016 онуудад суурилуулж мэдээлэл цуглуулсан. Мөн түүнчлэн энэ бүс нутагт газар хөдлөлт бүртгэх байнгын ALM31 болон ALTM станцууд оршиж байгааг Зураг 1-ээс харж болно. Судалгаанд хэрэглэгдэх газар

хөдлөлтүүдийг дараах шалгууруудаар сонголоо. Үүнд:

- Тухайн газар хөдлөлт хамгийн багадаа 5 станцад бүртгэгдсэн байх
- Азимутын зөрүү нь (azimuthal gap) $< 200^\circ$
- Эпицентрийн зай нь < 100 км
- Голомтын гүн нь < 20 км
- Эпицентрийн зайн 20 км тутамд 1 станц байх

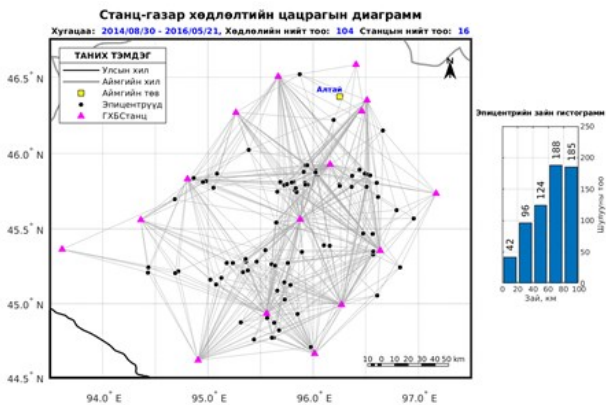
Дээрх шалгуурууд, мөн газар хөдлөлт бүртгэх нүүдлийн станцуудын ажилласан хугацааг баримтлан ООГХ-ийн газар хөдлөлтийн мэдээллийн сангаас судалгаанд хэрэглэгдэх газар хөдлөлтүүдийг сонгож авсан. Судалгааны мэдээллийн санд 2014/08/30-аас 2016/05/21 хооронд тус бүс нутагт болсон 104 газар хөдлөл багтжээ.



Зураг 1. Газар хөдлөлт бүртгэх станцууд болон сонгож авсан газар хөдлөлтүүдийн тархалт

Мэдээллийн нягтрал

Говь-Алтайн бүс нутгийн дээд царцдасын сейсмик хурдны V_p/V_s харьцааны хэвтээ чиглэлийн дагуух өөрчлөлтийг статистик аргаар судлахын тулд станц-газар хөдлөлтийн цацрагийн диаграмм байгуулж (Зураг 2) судалгааны талбайг $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ хэмжээтэй нүднүүдэд хуваасан (Зураг 3). Судалгааны талбай дахь станцуудын байрлал, сонгогдсон газар хөдлөлтүүдийн тоо болон тархалтаас



Зураг 2. Станц-газар хөдлөлтийн цацрагийн диаграмм

АРГА, АРГАЧЛАЛ

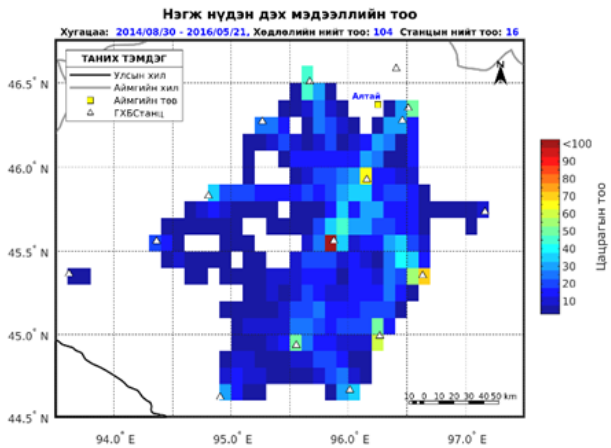
Материалын уян харимхайн шинж чанарыг илтгэж байдаг нэг модуль нь Пуассоны харьцаа ν (ν) юм. Энэ Пуассоны харьцаа нь биеийн аль нэг тэнхлэгт үйлчилж байгаа хүчинд хөндлөн 2 тэнхлэгийн дагуух агшилт болон суналтыг дагуу тэнхлэгийн суналтад харьцуулсан харьцаа юм.

$$\nu = -\frac{d\epsilon_{axial}}{d\epsilon_{trans}} = -\frac{d\epsilon_y}{d\epsilon_x} \quad (1)$$

Том масштабээр нь аваад үзвэл дэлхийн царцдасын доторх материал нь ерөнхийдөө физик шинж чанараараа нэгэн төрөл, изотроп орчин гэж авч үзэж болно. Ерөнхийд нь, дэлхийн царцдас дахь Пуассоны харьцааг бараг тогтмол гэж авч үздэг бөгөөд дээд царцдаст 0.25-аас бага, доод царцдаст 0.25 орчим гэж үздэг байна (Christensen, 1996).

Онолын хувьд Пуассоны харьцаа нь

хамаарч нэгж нүдэн дэх мэдээлэл буюу нэгж талбайгаар дайран өнгөрч байгаа цацрагийн тоо харьцангуй бага байгаа нь ажиглагдана. Судалгааны талбайн төв хэсэг дэх АТ08 станц байрлах нүдээр хамгийн олон буюу 100-аас их цацраг дайран өнгөрч байгаа бол судалгааны талбайн зах хэсгээр орших нүднүүдийн мэдээллийн тоо харьцангуй бага байна. Энэ судалгаанд хамгийн багадаа 5 мэдээлэл бүхий нүднүүдийг сонгож авсан болно.



Зураг 3. Нэгж нүдэн дэх мэдээллийн тоо

тухайн орчноор тархах P долгион болон S долгионы хурдтай дараах байдлаар холбогдоно.

$$\nu = \frac{1}{2} * \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1} \quad (2)$$

Тэгэхээр дэлхийн царцдас дахь сейсмик хурдны V_p/V_s харьцааг нарийвчлан тодорхойлох нь царцдаст давхаргын бүтцийг сейсмологийн үүднээс тайлбарлахад чухал үүрэгтэй юм. Изотроп уян харимхай орчинд P долгион болон S долгионы хурд дараах тэгшитгэлүүдээр илэрхийлэгдэнэ.

$$V_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} \quad V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad (3)$$

Үүнд: λ болон μ нь Ламегийн параметр, ρ – долгион тархаж буй орчны нягт

Тухайн зүйлийн суналт нь тус биетэд үзүүлж буй хүч болон материалын уян хатан байдлын модулиас хамаарна. Пуассоны харьцаа нь материал бүрийн хувьд өөр өөр байдаг бөгөөд энэ нь материал шахах, татах хүчний доор хэрхэн хариу үйлдэл үзүүлэхээс хамаардаг. Пуассоны харьцааны утга 0-ээс 0.5 хооронд байдаг.

Вадатийн диаграммыг V_p/V_s харьцаа тодорхойлоход хэрэглэх нь

Вадатийн диаграмм нь газар хөдлөлийн мэдээлэл боловсруулалтад хэрэглэгддэг энгийн аргуудын нэг юм. Вадатийн диаграммыг дараах зорилгуудаар ашиглаж болно (Hurukawa, 2015). Үүнд:

- Газар хөдлөлтийн эхэлсэн хугацааг олох (T_0)
- Газар хөдлөлтийн голомтын зайг тодорхойлох (D)
- Сейсмик хурдны V_p/V_s харьцаа (Пуассоны харьцаа)-г олох
- P, S фаз авалтын алдааг шалгах

Вадатийн анализ нь, царцдаст бүрхэвчийн P болон S долгионуудын бүртгэгдсэн (arrival) хугацааны ялгаврыг P долгионы бүртгэгдсэн хугацаанд харьцуулсан функц дээр үндэслэгдсэн байдаг. Хэд хэдэн газар хөдлөлт бүртгэх станцад бичигдсэн орон нутгийн болон бүс нутгийн газар хөдлөлтийн фазуудын мэдээллээр голомтын цагийг нь Вадатийн (Wadati, 1933) диаграммаар тодорхойлж болдог (Зураг 4). Хамгийн бага квадратын аргаар эдгээр бүртгэгдсэн хугацаануудын мэдээлэлд татсан шулуун нь P долгионы бүртгэгдсэн хугацааны тэнхлэгийг огтоолж байгаа цэгийг энэ газар хөдлөлтийн голомтын цаг (T_0) гэж авч үздэг.

Хамгийн бага квадратын аргаар татсан шулууны тэгшитгэл нь дараах байдлаар томъёологдоно.

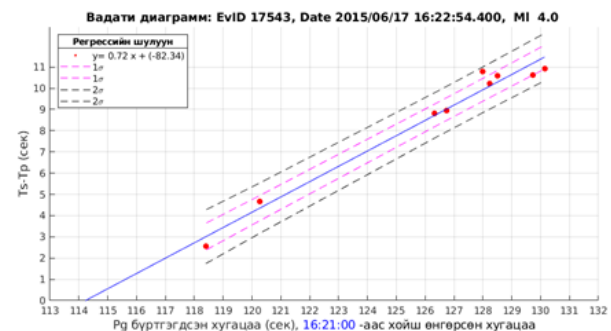
$$\text{Шулууны налуу} = \frac{T_S - T_P}{T_P} = \frac{V_P}{V_S} - 1 \quad (4)$$

Энд T_P болон T_S нь P болон S долгион бүрийн гүйлтийн хугацаа (travel time) юм. Өөрөөр хэлбэл хамгийн бага квадратын аргаар татсан шулууны налуу нь V_P/V_S харьцаагаар илэрхийлэгдэж болно.

Энэ судалгаанд Вадатийн диаграммын (Eunyoung J. &.K., 2013) аргын өөрчилсөн хувилбарыг олон тооны газар хөдлөлтийн мэдээлэлд хэрэглэж, Говь-Алтайн бүс нутгийн хэмжээнд V_p/V_s хурдны харьцааг тодорхойлохоор зориллоо. Судалгааг хийхдээ дараах таамаглалуудыг дэвшүүлсэн болно. Үүнд:

- Сонгож авсан газар хөдлөлтүүд нь дээд царцдаст голомттой.
- Судалгааны талбай нь нэгэн төрлийн орчин.
- Тухайн бүртгэгдсэн газар хөдлөлтөөс станц хүртэлх цацрагийн дагуу тодорхойлогдсон сейсмик хурдны V_p/V_s харьцаа нь тогтмол

Судалгааны эхэнд газар хөдлөлт бүрийн хувьд Вадатийн диаграммыг ашиглан сейсмик хурдны V_p/V_s харьцааг тодорхойлох юм. Энэ тодорхойлогдсон сейсмик хурдны харьцааг тухайн газар хөдлөлт бүртгэгдсэн станцууд хүртэлх цацрагийн дагуу адилхан гэж үзнэ (Зураг 5). Өөрөөр хэлбэл энэ цацраг дайран өнгөрч байгаа судалгааны талбай дахь нүд бүрийн хувьд тодорхойлогдсон V_p/V_s харьцаа адилхан гэж авч үзэх юм. Үүний дараа голомтын цаг нь өөр өөр олон тооны газар хөдлөлтийн хувьд бодогдсон сейсмик хурдны харьцааг нүд бүрийн хувьд статистик анализ хийж, судалгааны талбай дахь сейсмик хурдны V_p/V_s харьцааг тодорхойлно.



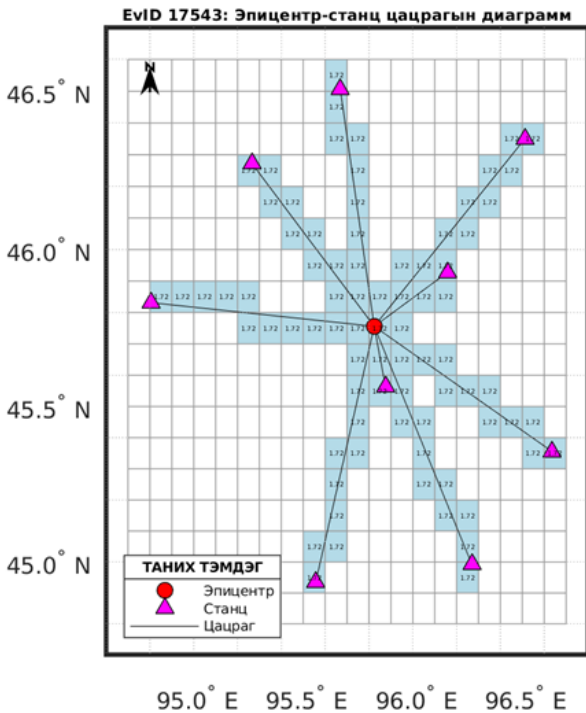
Зураг 4. EVID 17543 газар хөдлөлтийн фазуудын мэдээллээр байгуулсан Вадатийн диаграмм

ҮР ДҮН

Дээд царцдасын сейсмик хурдны V_p/V_s харьцаа болон Пуассоны харьцаа

Судалгааны талбайн дээд царцдасын сейсмик хурдны V_p/V_s харьцааны хэвтээ чиглэлийн дагуух өөрчлөлтийг тооцоолохын тулд сонгогдсон газар хөдлөлт бүрийн хувьд Вадатийн диаграммын аргаар сейсмик хурдны V_p/V_s харьцааг тодорхойлсон. Газар хөдлөлт бүрийн станц-газар хөдлөлтийн цацраг нь судалгааны талбайн нүднүүдийг янз бүрийн байдлаар дайрах учраас тухайн нэг нүдэнд тодорхойлогдсон сейсмик хурдны харьцааны нийт тоо нь түүнийг дайран өнгөрч буй цацрагийн тооноос хамаарна. Нэгж нүдэнд оногдох сейсмик хурдны V_p/V_s харьцааны утгуудын тархалтыг хэвийн тархалттай гэж үзэх бөгөөд тэдгээрийн медиан утгыг тухайн нүдний сейсмик хурдны V_p/V_s харьцааны утгыг илэрхийлж чадах утга гэж авч үзсэн.

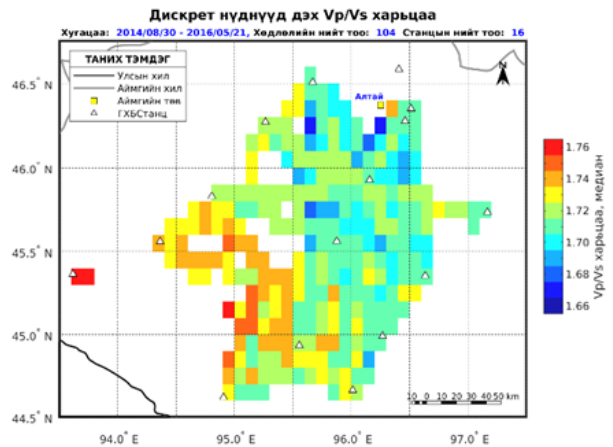
Судалгааны талбайн нэгж нүд бүрийн медиан утгын тархалт буюу Говь-Алтайн



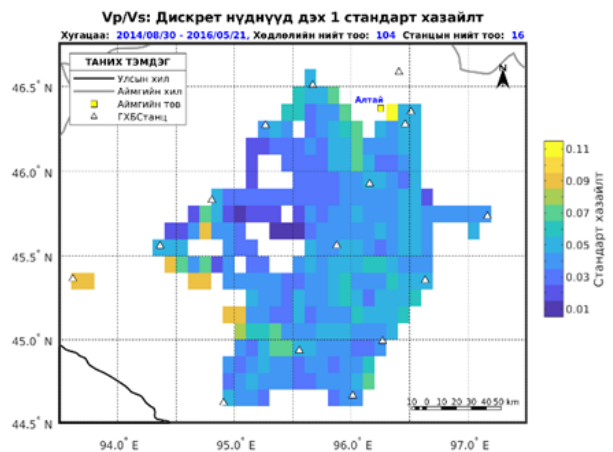
Зураг 5. Эпицентрээс станц хүртэл татсан цацрагийн жишээ. Газар хөдлөлтийн дугаар EVID 17543

бүс нутгийн дээд царцдасын сейсмик хурдны V_p/V_s харьцааг Зураг 6-д үзүүллээ. Тус зургаас үзэхэд, судалгааны талбай дахь сейсмик хурдны V_p/V_s харьцаа зүүн хойноос баруун урагш чиглэлд өөрчлөгдөж байгаа нь ажиглагдана. Судалгааны талбайн зүүн хойд хэсэгт сейсмик хурдны харьцаа дунджаар 1.71 орчим байгаа бол баруун урд хэсэгт дунджаар 1.74 орчим байгаа нь ажиглагдана. Медиан утга нь тодорхойлогдсон нүд бүрийн стандарт хазайлтыг Зураг 7-д үзүүллээ. Зургаас үзэхэд ихэнх нүднүүдэд стандарт хазайлт ± 0.04 байгаа нь ажиглагдана.

Сонгож авсан талбайн Пуассоны харьцааг (2) тэгшитгэлийг ашиглан бодсон үр дүнг Зураг 8-д үзүүллээ. Пуассоны харьцаа нь сейсмик хурдны



Зураг 6. Дискрет нүднүүд дэх V_p/V_s харьцаа



Зураг 7. Дискрет нүднүүд дэх 1 стандарт хазайлт

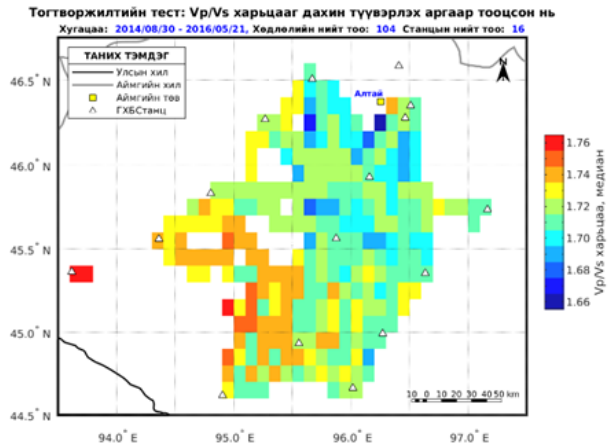
харьцаа V_p/V_s -тэй шууд хамааралтай учраас V_p/V_s харьцааны тархалтын үр дүн шиг, зүүн хойноос баруун урагш чиглэлд Пуассоны харьцаа өөрчлөгдөж байна. Судалгааны талбайн зүүн хойд хэсгээр Пуассоны харьцаа дунджаар 0.24 байгаа бол баруун урд хэсгээр дунджаар 0.25 утгатай тархсан байгаа нь ажиглагдана.

Үр дүнгийн тогтворжилтыг статистик анализаар шалгасан нь

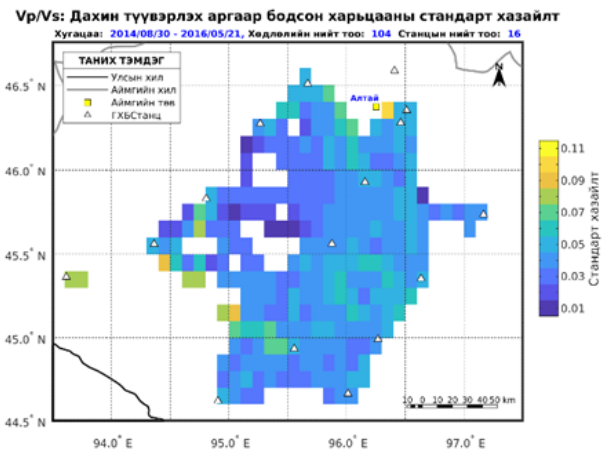
Энэ судалгааг хийхдээ судалгааны талбай дахь нүд бүрийн хувьд тодорхойлогдсон сейсмик хурдны V_p/V_s харьцааны утгуудыг хэвийн түгэлттэй үзэгдэл хэмээн авч үзэж, медиан утгаар нь тухайн нүдний сейсмик хурдны V_p/V_s харьцааг төлөөлүүлэн авч үзсэн. Иймд энэ судалгааны үр дүнгийн тогтвортой байдлыг статистикийн дахин түүвэрлэх (bootstrapping) аргаар судаллаа.

Статистикийн дахин түүвэрлэх арга нь ажиглагдсан үзэгдлүүдээс тодорхой тооны үзэгдлүүдийг давталттайгаар дахин түүвэрлэж, тэдгээрийн дундаж юм уу медиан утгыг тодорхойлдог статистикийн арга юм.

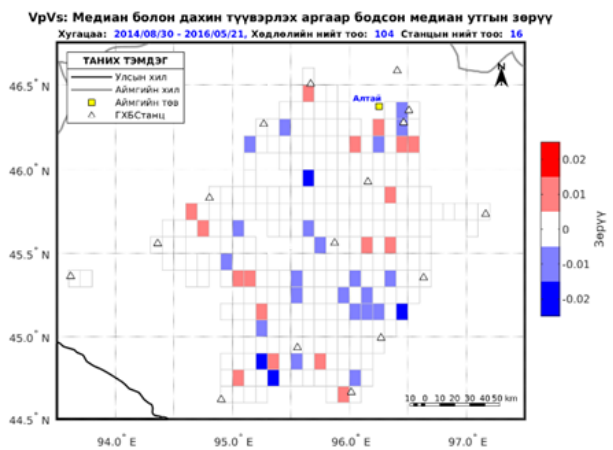
Дахин түүвэрлэлтийн аргаар нүд бүрийн хувьд тодорхойлогдсон сейсмик хурдны V_p/V_s утгуудын болон тэдгээрийн стандарт хазайлтын тархалтыг Зураг 9 болон Зураг 10-т үзүүллээ. Судалгааны үр дүнгийн болон дахин түүвэрлэсэн медиан утгуудын зөрүүг Зураг 11-д үзүүллээ.



Зураг 9. Дахин түүвэрлэх аргаар тооцсон сейсмик хурдны V_p/V_s харьцаа



Зураг 10. Дахин түүвэрлэх аргаар тооцсон сейсмик хурдны V_p/V_s харьцааны стандарт хазайлт



Зураг 11. Судалгааны үр дүнгийн болон дахин түүвэрлэсэн медиан утгуудын зөрүү



Зураг 8. Дискрет нүднүүд дэх Пуассоны харьцаа

Тус зургуудаас үзэхэд, дахин түүвэрлэлтийн аргаар тооцсон сейсмик хурдны V_p/V_s харьцааны тархалт болон стандарт хазайлт нь судалгааны үр дүнтэй адилавартай байгаа нь судалгааны үр дүн харьцангуй тогтвортой байгааг илтгэнэ.

ДҮГНЭЛТ

Говь-Алтайн бүс нутгийн дээд царцдасын P болон S долгионы хурдны V_p/V_s харьцааны хэвтээ чиглэлийн дагуух өөрчлөлт нь зүүн хойноос баруун урагш чиглэлтэй өөрчлөгдөж байна. Сейсмик хурдны V_p/V_s харьцаа нь судалгааны талбайн зүүн хойд хэсэгт 1.71 орчим байгаа бол баруун урд хэсэгт нь дунджаар 1.74 орчим байна. Судалгааны талбайн ихэнх нүднүүдэд стандарт хазайлт нь ± 0.04 байна.

Судалгааны талбайн Пуассоны харьцаа нь зүүн хойноос баруун урагш чиглэлд өөрчлөгдөж байгаа нь ажиглагдана.

Судалгааны талбайн зүүн хойд хэсгээр Пуассоны харьцаа дунджаар 0.24 байгаа бол баруун урд хэсгээр 0.25 гэсэн утгатай байна. Говь-Алтайн бүс нутагт ажиглагдсан сейсмик хурдны V_p/V_s харьцааны утгын ялгаатай байдал нь судалгааны талбайгаар ойрын газар хөдлөлтийн сейсмик долгион, ялангуяа S долгионы тархах шинж чанартай холбоотой гэж үзэж байна.

Судалгаанд хэрэглэгдсэн газар хөдлөлтийн тоо цөөхөн байгаа нь газар

ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Энэ судалгаагаар Говь-Алтайн бүс нутгийн дээд царцдасын эзлэхүүн P болон S долгионы хурдны V_p/V_s харьцааны хэвтээ чиглэлийн дагуух өөрчлөлтийг статистикийн аргаар судаллаа.

Мэдээллийн нягтаршилаараа адил байгаа судалгааны талбайн төв хэсгээр ажиглагдсан сейсмик хурдны V_p/V_s харьцааг цаашид сейсмологийн судалгаанд, ялангуяа газар хөдлөлтийн төвийн тодорхойлолтод хэрэглэх бололцоотой.

Судалгааны үр дүнг ООГХ-ийн Газар

Өөрөөр хэлбэл энэ судалгааны үр дүнд гарсан сейсмик хурдны V_p/V_s харьцааны тархалтыг сайн тодорхойлогдсон гэж үзэж болохоор байна.

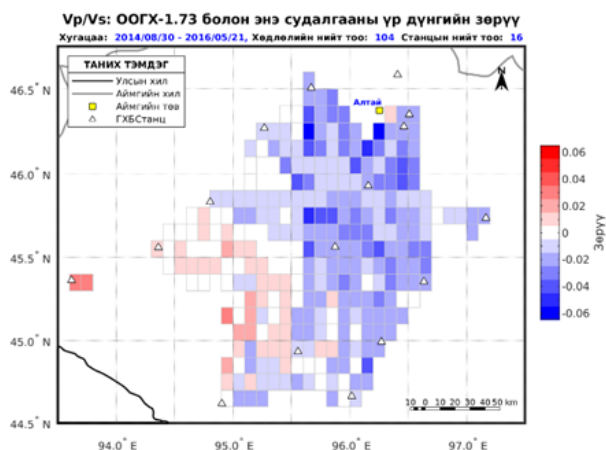
хөдлөлтийг сонгож авах шалгуураас улбаатай. Учир нь судалгааны үр дүнгийн нарийвчлал, алдааг багасгахын тулд газар хөдлөлт боловсруулагчийн гаргаж болох санамсаргүй алдаанаас зайлсхийж азимутуудын ялгаа нь (azimuthal gap) 200° -аас бага байх газар хөдлөлтүүдийг сонгосон болно.

Станц-газар хөдлөлтийн цацрагийн диаграммын нягтаршил хэт сийрэг байгаа нь сонгогдсон газар хөдлөлтүүдийн тархай бутархай байдал болон судалгаанд хэрэглэгдсэн газар хөдлөлт бүртгэх станцуудын байрлалтай холбоотой.

Хэдий сонгогдсон газар хөдлөлтийн болон станцын тоо цөөхөн, тархалт нь тархай бутархай байгаа боловч судалгааны талбайн зарим хэсгүүдийн мэдээллийн нягтаршил ерөнхийдөө адил байна. Иймд судалгааны талбайн эдгээр хэсгүүдэд ажиглагдсан сейсмик хурдны V_p/V_s харьцааны утгыг цаашид сейсмологийн судалгаанд хэрэглэх бололцоотой гэж дүгнэж байна.

хөдлөл судлалын боловсруулалтад ашиглагдаж байгаа $V_p/V_s=1.73$ гэсэн утгатай харьцууллаа (Зураг 12). Цацрагийн нягтаршил их байгаа судалгааны талбайн төв хэсэг дэх сейсмик хурдны V_p/V_s харьцааны зөрүү -0.03 -аас 0.01 хооронд хэлбэлзэж байгаа нь ажиглагдана. Дунджаар $\pm 2\%$ -ийн энэ зөрүү утга газар хөдлөлтийн судалгаанд хэр нөлөөлөх вэ гэдгийг цаашид судлах нь зүйтэй гэж үзэж байна.

Судалгааны талбай дахь нүүдлийн



Зураг 12. Судалгааны үр дүнд тодорхойлогдсон сейсмик хурдны V_p/V_s

НОМ ЗҮЙ

- Балжинням, И. (1975). Монголын газар хөдлөхүй, 42-52.
- Christensen, N. I. (1996, February 10). Poisson's ratio and crustal seismology. *Journal of Geophysical Research*, 101 (B2), 3139-3156.
- Hurukawa, N. (2015). *Practical Analyses of Local Earthquakes*. Tsukuba, Kanto, Japan.
- Wadati, K. &. (1933). On the Travel Time of

станцуудын ажилласан хугацаа харьцангуй богино учраас газар хөдлөлтийг сонгох шалгуурыг багасгавал судалгаанд хэрэглэгдэх мэдээллийн тоо ихсэх боломжтой юм. Энэ тохиолдолд газар хөдлөлт боловсруулагчийн санамсаргүй алдаанаас зайлсхийхийн тулд 3 байгуулагч бүхий сейсмограмаас тооцоологдсон азимут нь газар хөдлөлтийн төвийн тодорхойлолтод хэрэглэгдсэн газар хөдлөлтүүдийг сонгох нь зүйтэй.

Earthquake Waves. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, II(11 (1)), 14-28.

Eunyoung, J. &.K. (2013). V_p/V_s ratios in the upper crust of the southern Korean Peninsula and their correlations with seismic and geophysical properties. *Journal of Asian Earth Sciences*, 204-214.

THE V_p/V_s RATIO OF SEISMIC VELOCITY IN THE UPPER CRUST THE GOBI-ALTAI REGION

B.Tuvshintuul, Ts.Baasanbat

Institute of Astronomy and Geophysics, MAS

tuvshintuul@iag.ac.mn, baasanbat@iag.ac.mn

Abstract: The P and S seismic wave ratio is important in earthquake study, such as determining the epicenter, monitoring the general state of the earthquake hypocenter, and calculating the synthetic seismogram of the earthquake. Furthermore, one important parameter of the seismic velocity model widely used in seismological investigation is the V_p/V_s ratio of seismic velocity and the resulting elastic Poisson's ratio. This velocity ratio will be determined using the Wadati diagram method using the data of earthquakes registered at seismic stations which were installed in the Gobi-Altai region. And Poisson's ratio will also be determined from it. The main purpose of the study is to check the stability of the research results by using bootstrapping and comparing the results with the seismic velocity ratio, that is used in research of the Institute of Astronomy and Geophysics.

Keywords: V_p/V_s ratio of seismic velocity, Wadati diagram, Poisson's ratio, Statistical analysis, bootstrapping

УЛААНБААТАР ГЕОСОРОНЗОН ОРГИЛЫН ҮНДСЭН ШУГАМЫН УТГА (2019-2021)

Г.Баянжаргал*, Т.Насан-Очир, Ш.Цэрэндүг, Э.Батмагнай, Б.Энхзул

ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэн
bayanjargal@iag.ac.mn

Хураангуй. Энэ өгүүллэгт Улаанбаатар (ULN) геосоронзон оргилд бичигдэж байгаа соронзон орны H, D, Z байгуулагч бүрд харгалзах үндсэн шугамын утгыг 2019-2021 онд хэмжигдсэн абсолют хэмжилтийн өгөгдлийг ашиглан залгагдсан олон гишүүнт хэлбэрээр тодорхойлов. Эдгээр үндсэн шугамын утгыг илэрхийлэх функцийг ашиглан ULN оргилд (2019-2021)-онд бичигдсэн геосоронзон орны харьцангуй утгуудыг бодит геосоронзон орны утга руу шилжүүлэх боломжтой болсон.

Түлхүүр үгс: үндсэн шугамын утгыг олох, геосоронзон оргилын ажиллах горим, геосоронзон оргилд ажилладаг багажууд

ОРШИЛ

Улаанбаатар хотын ойролцоо Тавантолгойд ($106^{\circ}20.496'E$, $45^{\circ}53.134'N$, $h=1679m$) МТТ нэртэй геосоронзон оргил, Хүрэл тогоотод ($107^{\circ}30.6672'E$, $47^{\circ}51.94134'N$, $h=1690m$) ULN нэртэй геосоронзон оргил ажилладаг. Эдгээр оргилуудад геосоронзон орны (H, D, Z, T) байгуулагчдын тасралтгүй бичлэгийг хийдэг. ULN оргил нь 1960 оноос хойш ажиллаж байна. ULN, МТТ оргилуудын геосоронзон орны тасралтгүй бичлэгийг ашиглан нарны идэвхжилт, наран дээрх тэсрэлт, геосоронзон шуурга мэтийн глобал үзэгдлүүдийг судалж болно.

Улаанбаатараас 200км радиустай зай дотор хэмжигдсэн геосоронзон орны утгууд дахь глобал үзэгдлийн нөлөөг устгахад ULN, МТТ оргилуудын тасралтгүй бичлэгийг ашигладаг.

Геосоронзон орон дахь глобал үзэгдлийн нөлөөг устгасан ялгаж авсан утгуудаар жижиг талбайн аномаль геосоронзон орны зураглалыг гаргадаг. Энэ аномаль геосоронзон орны утгуудыг ашиглан суурь чулуулаг хүртэлх сэвсгэр хурдасны зузаан, литосферт байх төмөр, никель, кобальтийн өндөр агуулгатай үе давхарга хүртэлх зай зэргийг тодорхойлж болно. Мөн дэлхийн гадарга дээр хэмжигдэж байгаа аномаль геосоронзон

орныг ашиглан нүүрс, нефть мэтийн органик гаралтай үед давхаргуудыг судалдаг. Дэлхий дээр ажиллаж байгаа геосоронзон оргилуудын 90 орчим хувьд нь вариацийн магнетометрүүд ажилладаг. Вариацийн магнетометртэй оргилуудад геосоронзон орны харьцангуй утгыг тасралтгүй бичиж байдаг. ULN, МТТ оргилуудад ч вариацийн магнетометрүүд ажилладаг. Геосоронзон орны харьцангуй утгуудыг абсолют хэмжилт хийх байдлаар тохируулга хийж, бодит геосоронзон орны утгыг тодорхойлдог.

ULN оргилд Торсион-PSM фото цахилгаан мэдрэгчтэй магнетометрээр вариацийн утгуудыг 6 секунд бүрд бичдэг. Абсолют хэмжилтийг QNM-1029 кварцын магнетометрээр 7 хоног бүрд хийж, геосоронзон орны хазайлтын өнцөг D, геосоронзон орны хэвтээ байгуулагч H-ыг хэмждэг. Зураг 1-д QNM-1029 –ийг үзүүлэв. Геосоронзон орны абсолют утгыг MMPOS-1, PMP-5 протоны магнетометрээр хэмждэг болно. Бид энэ өгүүллэгт (2019-2021) оны абсолют хэмжилтийн утгуудыг ашиглан ULN оргилын геосоронзон орны D, H, Z байгуулагч тус бүрд харгалзах үндсэн шугамын утгыг тодорхойлох зорилго тавилаа.



Зураг 1. QNM-1029 магнетометр

АРГАЧЛАЛ

ULN оргилд Торсион-PSM фото цахилгаан мэдрэгчтэй магнетометрээр геосоронзон орны (D, H, Z) байгуулагчдын вариацийн утгыг 6 секунд бүрд бичиж байдаг.

Геосоронзон орны (D,H,Z) байгуулагчуудын вариацийн утгыг дараах илэрхийллээр бодитой геосоронзон орны утга руу шилжүүлж болно.

$$B_i^{real} = f_i(t_i, a_0 \dots a_m) + B_i^{ob} \quad (1)$$

B_i^{real} -нь бодитой соронзон орны утга, B_i^{ob} -нь ULN оргилд бичигдэж байгаа геосоронзон орны вариацийн утга.

$f_i(t_i, a_0 \dots a_m)$ -нь ULN оргилын тухайн геосоронзон орны байгуулагчид харгалзах үндсэн шугамын утга. Хэрэв

$f_i(t_i, a_0 \dots a_m)$ -үндсэн шугамын утгыг хугаралттай монотон биш функц гэж үзвэл түүнийг доорх илэрхийллээр хялбар олж болно. (Curto. J & Marsal.S, 2007) (Lu.J,

Wang.J, Li. X, 2008) (T. L. Lai, 1978)

$$f_i(t_i, a_0 \dots a_m) = B_i^{abs} - B_i^{ob} \quad (2)$$

B_i^{abs} -нь бодит геосоронзон орны хэмжигдсэн абсолют утга. B_i^{ob} -нь ULN геосоронзон оргилд бичигдэж байгаа харьцангуй утга болно. (Zhang, 2016) (Curto. J & Marsal.S, 2007)

Харин $f(t_i, a_0 \dots a_m)$ -үндсэн шугамын утгыг монотон функц гэж үзвэл үүнийг доорх функционалийн минимум нөхцөлөөс тооцоолж олно.

$$\frac{\partial f}{\partial a_j} = -2 \sum_{i=1}^n (B_i^{abs} - f(t_i, a_0 \dots a_m)) \frac{\partial f(t_i, a_0 \dots a_m)}{\partial a_j} = 0 \quad (3)$$

$j = 0 \dots m$ - олон гишүүнтийн зэрэг.

Үндсэн шугамын утгыг илэрхийлэх $f(t_i, a_0 \dots a_m)$ -функцийг ихэнх тохиолдолд олон гишүүнт, гармоник функц, зэрэгт функц, логарифм функц байдлаар эрж олдог. (T. L. Lai, 1978) (Tofallis, 2008) (Pino, 1989)

Энэ өгүүллэгт бид үндсэн шугамын утгыг илэрхийлэх функцийг (4)-д бичигдсэн олон гишүүнт байдлаар эрж олсон болно.

$$f(t_i, a_0 \dots a_m) = a_0 + a_1 t_i + a_1 t_i^2 \dots a_m t_i^m \quad (4)$$

t_i -нь хугацаа, $(a_0 \dots a_m)$ олон гишүүнтийн үл мэдэгдэх коэффициентууд юм. m -нь олон гишүүнтийн зэрэг. (4)-ийг (3)-т орлуулан цэгцлэн бичвэл доорх (5) тэгшитгэл гарна. (Tofallis, 2008) (Pino, 1989) (T. L. Lai, 1978)

$$\frac{\partial f}{\partial a_j} = -2 \sum_{i=1}^n (B_i^{abs} - [a_0 + a_1 t_i + a_1 t_i^2 \dots a_m t_i^m]) \cdot \frac{\partial f(t_i, a_0 \dots a_m)}{\partial a_j} = 0 \quad (5)$$

$j = 0 \dots m$ - олон гишүүнтийн зэрэг.

(5)-тэгшитгэлээс шугаман тэгшитгэлийн систем гарах бөгөөд түүнийг доорх матриц хэлбэрт бичиж болно. B_i^{abs} -абсолют

хэмжилтийн утга.

$$\begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n t_i & \sum_{i=1}^n t_i^2 & \dots & \sum_{i=1}^n t_i^m \\ \sum_{i=1}^n t_i^2 & \sum_{i=1}^n t_i^4 & \dots & \sum_{i=1}^n t_i^{m+1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{i=1}^n t_i^m & \sum_{i=1}^n t_i^{m+1} & \dots & \sum_{i=1}^n t_i^{2m} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n B_i^{abs} \\ \sum_{i=1}^n t_i B_i^{abs} \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^n t_i^m B_i^{abs} \end{bmatrix} \quad (6)$$

(6)- Тэгшитгэлийг хураангуйлан бичвэл (7) тэгшитгэл гарна. (Tofallis, 2008) (T. L. Lai, 1978) (Pino, 1989)

$$U_j^s = t_i^j B_i^{abs} = v_{ij} a_j \quad (7)$$

(7)-тэгшитгэлээс олон гишүүнтийн коэффициентыг доорх байдлаар олж болно

$$a_j = v_{ij}^{-1} U_j^s \quad (8)$$

(8)-д бичигдсэн матриц тэгшитгэлийг дэлгэн бичвэл доорх тэгшитгэл гарна.

$$\begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{11} v_{12} \dots & v_{1j} \\ v_{21} v_{22} \dots & v_{2j} \\ \vdots & \vdots \\ v_{i1} v_{i2} \dots & v_{ij} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} U_0^s \\ U_1^s \\ \vdots \\ U_j^s \end{bmatrix} \quad (9)$$

($U_0^s, U_1^s, \dots, U_j^s$) -нь ($\sum_{i=1}^n B_i^{abs}, \sum_{i=1}^n t_i B_i^{abs}, \dots, \sum_{i=1}^n t_i^m B_i^{abs}$) -тэй тэнцэх ба (8-9)-д бичигдсэн ($v_{11}, v_{12}, \dots, v_{1j}, (v_{21}, v_{22}, \dots, v_{2j}), \dots, (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{ij})$)

нь доорх байдлаар илэрхийлэгдэнэ. (Pino,

ҮР ДҮН

Геосоронзон орны D, H, Z байгуулагчдад харгалзах үндсэн шугамын утга $f(t_i, a_0 \dots a_m)$ -ыг (5) тэгшитгэлд бичигдсэн хэлбэрээр болон монотон биш тахир шугамын хэлбэрээр нь тус тус тодорхойлов. Дээрх аргаар тодорхойлсон (5) тэгшитгэлийн коэффициентыг жишээ болгож хүснэгт 1-д бичив. (D, H, Z) -д харгалзах үндсэн шугамын функцийг хэлбэрийг д үзүүлэв. Мөн эдгээр функцийг үнэмшлийн түвшнийг Хи-квадрат шалгуураар тус бүрд нь тодорхойлсон болно.

B_i^{abs} -абсолют хэмжилтийн утга, ΔB_i^{abs} абсолют хэмжилтийн алдаа, N-нийт абсолют

1989) (Curto. J & Marsal.S, 2007) (T. L. Lai, 1978) (Tofallis, 2008)

$$\left(n, \sum_{i=1}^n t_i, \dots, \sum_{i=1}^n t_i^m \right), \left(\sum_{i=1}^n t_i, \sum_{i=1}^n t_i^2, \dots, \sum_{i=1}^n t_i^{m+1}, \sum_{i=1}^n t_i^m, \sum_{i=1}^n t_i^{m+1}, \sum_{i=1}^n t_i^{2m} \right) -$$

гэж (5)-д бичигдсэн үл мэдэгдэх

коэффициентууд (a_0, a_1, \dots, a_j) -г дээрх (8-9)-д бичигдсэн матриц тэгшитгэлээр олж болно. Энэ аргаар олсон ULN геосоронзон оргилын D, H, Z-ийн үндсэн шугамын функцийг утгуудад харгалзах коэффициентуудыг жишээ болгож хүснэгт 1-д бичив. Бид нарийвчлалыг сайжруулах үүднээс (10-15) хэмжилтийн утгыг багтаасан цонхыг

шилжүүлэн гүйлгэх аргаар (a_0, a_1, \dots, a_j) эдгээр коэффициентыг олсон болно. (Yang, 2011) (Lu.J, Wang.J, Li. X, 2008) (Curto. J & Marsal.S, 2007)

Бид зураг 2-м үзүүлсэн үндсэн шугамын функц тус бүрийг (10)-тэгшитгэлээр илэрхийлэгдэх Хи-квадрат шалгуураар үнэлж үнэмшлийн түвшнийг тогтоов. (Pino, 1989)

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N \left[\frac{B_i^{abs} - f(t_i, a_1 \dots a_m)}{\Delta B_i^{abs}} \right]^2}{N-m} \quad (10)$$

хэмжилтийн тоо, $f(t_i, a_1 \dots a_m)$ - үндсэн шугамын функц, m- үндсэн шугамын функц дахь чөлөөтэй хувьсах коэффициентын тоо, (N-m)-чөлөөний зэрэг.

Энэ тохиолдолд 141 цэгтэй, 6 коэффициенттой тул харгалзах чөлөөний зэрэг нь (N-m=135) ба $\chi^2 = 101.78$ гарч байгаа тул D-ын үндсэн шугамын функцэд харгалзах үнэмшлийн түвшин нь P=(97.5)% -аас дээш гарч байна. H ба Z-ийн үндсэн шугамын функцэд харгалзах $\chi^2 = 104.28$

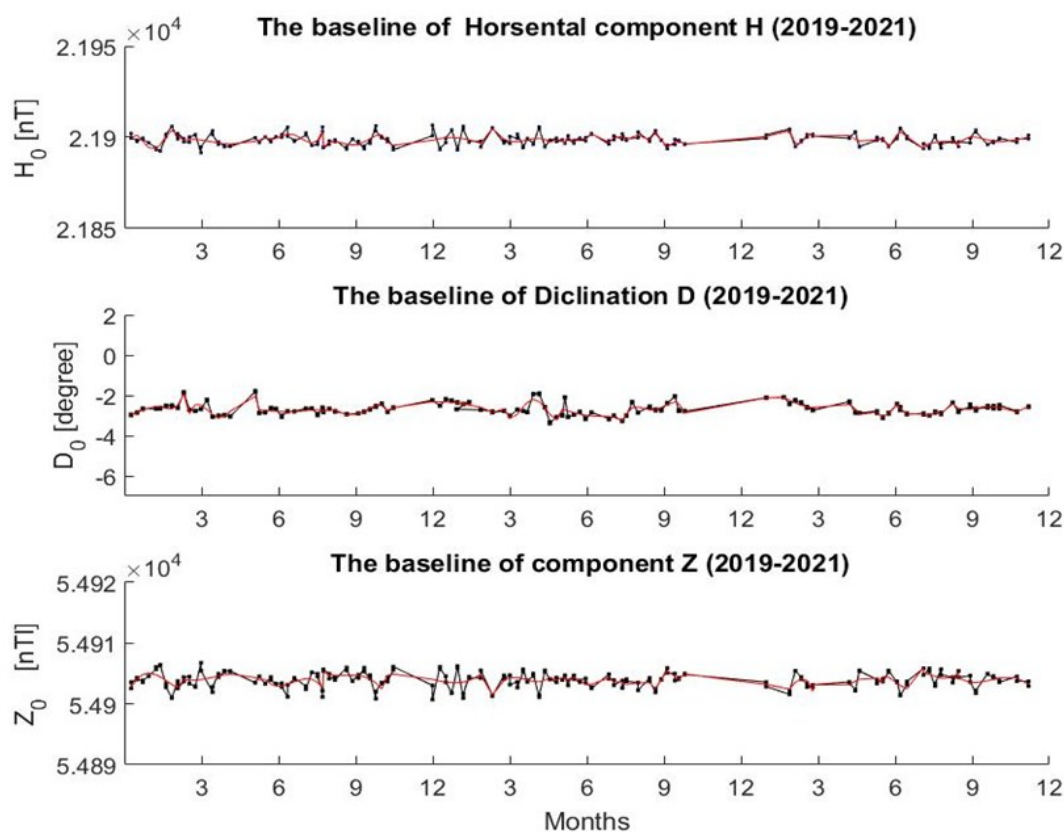
ба $\chi^2 = 100.28$ тул үнэмшлийн түвшин нь $P=(97.5)\%$ -аас дээш гарч байна. Бид энэ аргачлал ба алгоритмаар ULN-оргилд

бичигдсэн (2019-2021) оны геосоронзон орны харьцангуй утгуудыг бодит геосоронзон орны утга руу хөрвүүлэх бүрэн боломжтой болов.

ДҮГНЭЛТ

ULN-оргилын геосоронзон орны D, H, Z элементүүдэд харгалзах үндсэн шугамын утгуудыг зураг(2)-д үзүүлэв. Эндээс харахад 2019-2021 онд үндсэн шугамын утга регуляр монотон функц байдлаар төлөөлүүлэх боломжтой гэж харагдаж байна. Мөн богино хугацаанд тухайлбал 3 орчим сард харгалзах абсолют

хэмжилтийн утгуудыг таслан авч дээрх аргаар олон гишүүнт хэлбэрээр дөхөлт хийж үндсэн шугамын утгыг олж хооронд нь залгах байдлаар нийт хугацаанд харгалзах үндсэн шугамын утгыг тооцоолбол нарийвчлалыг илүү сайжруулах боломжтой гэж дүгнэж байна.



Зураг 2 . ULN геосоронзон оргилын H, D, Z байгуулагчийн үндсэн шугамын утга 2019-2021

НОМ ЗҮЙ

Curto, J & Marsal, S. (2007). Quality control of Ebro magnetic observatory using momentary values. *Earth Planets Space*, 59. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/BF03352066>, 1187–1196.

Lu, J., Wang, J., Li, X., & Q. (2008). Analysis

and research on effects of absolute measurement time period on observation quality of geomagnetic baseline value. *South China Journal of Seismology* 28 (4), 113-119.

Pino, G. d. (1989). The Unifying Role or Iterative Generalized Least Squares

- Statistical Algorithms. *Statistical Science*, Vol. 4, No. 4, 394-408.
- T. L. Lai, H. R. (1978). Strong consistency of least squares estimates in multiple regression. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* Vol. 75, No. 7, 3034-3036.
- Tofallis, C. (2008). Least Squares Percentage Regression. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, Vol. 7, No. 2, , 526-534.
- Yang, S. Z. (2011). Study on the stability and accuracy of baseline values measured during the calibrating time intervals. *Data Science Journal*, Vol.10, No.1, 23-26.
- Zhang, S. e. (2016). Quality Control of Observation Data by the Geomagnetic Network of China. *Data Science Journal*, 15: 15, DOI: <http://dx.doi.org/10.5334/dsj-2016-0>, 1-12.

THE BASELINE FUNCTION (2019-2021) OF THE ULAANBAATAR GEOMAGNETIC OBSERVATORY

G.Bayanjargal*, T.Nasan-Ochir, Sh.Tserendug, E.Batmagnai, B.Enkhzul

Institute of Astronomy and Geophysics, Mongolian Academy of Sciences

[*bayanjargal@iag.ac.mn](mailto:bayanjargal@iag.ac.mn)

Abstract. In this paper, the baseline functions of observatory ULN for each geomagnetic element were obtained by the absolute values of (D, H and Z) measured in (2019-2021). The code, which transfers the observed values in ULN to the real geomagnetic values, was also written by using the baseline functions. And all data of ULN noted in (2019-2021) have been transferred to the real geomagnetic values.

Keywords: *Baseline fitting; data processing; magnetic instruments*

ГАРИГ ХООРОНДЫН ЦОХИХ ДОЛГИОНЫ ҮЕИЙН ЦЭНЭГТ МАНДЛЫН ӨӨРЧЛӨЛТ

Б. Амаржаргал^{1*}, Jianjun Liu², Ү.Сүхбаатар¹, Т.Насан-Очир¹, С.Ганцогт¹

¹ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэн

²MNR Key Laboratory for Polar Science, Polar Research Institute of China, Shanghai, 200136, China

*amarjargal98@iap.ac.cn

Хураангуй. Гариг хоорондын (interplanetary– IP) цохих долгион дэлхийн соронзон мандлыг шахсаны улмаас туйл орчмын цэнэгт мандлын цахилгаан соронзон орон өөрчлөгддөг. Энэхүү судалгаанд бид 2012 оны 6-р сарын 16-ны IP (interplanetary) цохих долгионы шахалтын дараах туйл орчмын цэнэгт мандал дахь өөрчлөлтийг олон улсын конвекцын загвар, хойд болон өмнөд туйлуудыг холбосон радарын сүлжээ станцуудын (SuperDARN) өгөгдлөөр судаллаа. Соронзон шуурганы үеийн цэнэгт мандлын плазмын конвекц, плазмуудын хурдны босоо шилжилт болон хэвтээ чиглэлийг авч үзлээ. Мөн тодорхой байршилд орших соронзон оргилуудын (observatory) ажиглалтаар цэнэгт мандлын E давхарга дахь плазмын хөдөлгөөнд ажиглалт хийхэд цэнэгт мандалд конвекцийн эсрэг урсгал ажиглагдсан. Судалгаанаас үзэхэд цэнэгт мандлын доод хэсэг E давхаргад их энергитэй бөөмсийн урсгал орж ирсэн ба энэ урсгал нь цахилгаан орныг үдшийн бүрийгээс үүр цайх хүртэл өөрчилсөн. Ажиглалтын үр дүнд гариг хоорондын соронзон орон (ГХСО) огцом өөрчлөгдсөний дараа IP цохих долгион цэнэгт мандалд маш хурдтай шууд нөлөөлж дэлхийн соронзон мандлын төлөв байдал өөрчлөгддөг болохыг тогтоосон нь чухал ач холбогдолтой боллоо.

Түлхүүр үгс: Соронзон шуурга, Interplanetary Magnetic Field (IMF), конвекц, Гариг хоорондын соронзон орон (ГХСО), Супер туйлын хос радарын сүлжээ (Super Dual Auroral Radar Network -SuperDARN), interplanetary (IP), sudden impulse (SI), IP Shock, SSC,

1. УДИРТГАЛ

Дэлхийн соронзон орон ба плазмын конвекцид гариг хоорондын (Interplanetary IP) цохих долгионууд болон нарны салхины динамик даралтын импульс-*Pdyn* хүчтэй нөлөөлдөг (Boudouridis, 2007).

IP цохих долгион соронзон мандалд дараа, соронзон зааг дотогшоо дэлхий рүү чиглэж, энэ шахалтын улмаас соронзон заагийн зүүн тийш чиглэсэн гүйдлийн эрчим хүчтэй нэмэгддэг (Araki, 1994). Үүний үр дүнд дунд болон доод өргөрөгт соронзон орны хэвтээ байгуулагчийн утга огцом ихсэх үзэгдэл ажиглагдах ба энэ үзэгдлийг огцом импульс-SI (Sudden Impulse-SI) гэж нэрлэдэг (Araki, 1994). SI харилцан үйлчлэлийн үед доод өргөргийн соронзон хувьслыг дээд өргөргийн соронзон хувьсалтай харьцуулахад дээд

өргөргийн соронзон хувьслын үе шатууд нарийн төвөгтэй физик үзэгдлүүдээс үүсдэг (Kikuchi, 1986). IP цохих долгион дэлхий рүү ирснээр соронзон мандлын өдрийн талын соронзон зааг ба шөнийн талын соронзон сүүл дэх соронзон орны дахин нэгдэх процессыг ихэсгэж өгдөг (Boudouridis, 2007). Түүнээс гадна дэлхий орчмын сансрын орон зайтай (geospace) харилцан үйлчлэлцэх IP цохих долгион нь соронзон мандал цэнэгт мандлын тогтолцооноос шалтгаалаад цэнэгт мандал ихээхэн өөрчлөлтөд орно. Хиймэл дагуулын GPS хүлээн авагчийн мэдээлэл болон газар дээрх GPS-ийн хэмжилтээр экваторын болон дундаж өргөргийн бүсэд өдрийн талдаа цэнэгт мандал бүхэлдээ дээшилж, 430 км-ээс дээш өндөрт

электроны нийт агууламж ТЕС ихээхэн нэмэгдсэн болохыг харуулж байна (Tsurutani, 2004) (Amarjargal.B, 2019). Энэ судалгааны ажлын гол зорилго нь нарны салхины огцом өөрчлөлтөөс үүссэн цохих долгион туйлын орой орчмын цэнэгт мандлын плазмын хэвтээ байгуулагчийн эгшин зуурын өөрчлөлтийн шинж чанарыг

тодорхойлох явдал юм. Судалгаагаар IP цохих долгион дэлхийн соронзон мандалд нөлөөлөх үед Антарктидын SuperDARN Zhongshan (ZHO) болон SuperDARN McMurdo (MCM) радаруудын өгөгдлөөр туйлын орчмын цэнэгт мандлын ~(9-11) УТ хугацааны завсарт плазмын конвекцийн загварыг гаргалаа.

2. СУДАЛГААНЫ АРГА, ӨГӨГДЛИЙН САН

Бидний судалгаанд ашиглагдаж байгаа хиймэл дагуул WIND нь нарны салхины мэдээллийг өндөр нарийвчлалтай гаргадгаараа давуу талтай. Учир нь WIND хиймэл дагуул өдрийн талын соронзон заагийн дээд хэсэгт байрладаг (Lepping, 1995). Бид соронзон идэвхжил SYM/H-ийг ашиглан нарны салхины нөлөөллөөс шалтгаалсан дэлхийн соронзон орны хувьслын өөрчлөлтийг тодорхойлж болно. Энэ судалгааны ажилд дэлхий нийтэд хүлээн зөвшөөрөгдсөн Туйлын хос радаруудын сүлжээ-SuperDARN (Superdarn -Super Dual Auroral Radar Network) арга, радаруудын сүлжээ станцуудын өгөгдлийг ашиглан SI-ийн дараах хэвтээ конвекцийн хурдны конвекцийн хураангуй зураглалыг хийсэн. юм (Greenwald, 1995) (Nishitani, 2019). Энэ аргын бүрдэл болох янз бүрийн алгоритм, программууд нь цэнэгт мандалд үүсэх гүйдлийн систем, түүний тархалтын зураг, цахилгаан орны потенциал, соронзон мандлын дагуу гүйдлийн нягт зэрэг

соронзон мандал ба цэнэгт мандлын үндсэн параметруудийг тооцоолдог. SuperDARN нь өндөр давтамжийн (HF) радарын олон улсын сүлжээ станцууд бөгөөд 8-20МГц давтамжийн мужид ажилладаг агаар мандлын дээд давхарга болон цэнэгт мандлыг судлах зорилготой дунд өргөргөөс дээд өргөрөг хүртэл тархсан сүлжээ юм. Энэ судалгаанд өмнөд туйлд байрлах радарууд SuperDARN (ZHO) радар, SuperDARN (MCM) радаруудыг тус тус сонгон авсан. SuperDARN-ны долгион тархах үзэгдэл нь Доплерийн дуу тархах үзэгдэлд тулгуурлагдсан байдаг тул плазмын дагуу орны жигд бус байдлаар тодорхойлогдох, Доплер хурд, спектрийн өргөн параметруудийг гаргахад ашигласан.

Өгөгдлийн мэдээллийн сан

SuperDARN <http://vt.superdarn.org/tiki-index.php> өгөгдлийн сангийн мэдээллийг судалгаанд ашиглав.

3. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

3.1 Соронзон идэвхжилээр соронзон орны өөрчлөлтийг тодорхойлох

2012 оны 6-р сарын 16-ны өдрийн соронзон шуурганд судалгаа хийхдээ ГХСО ба нарны салхины төлөв байдлыг хиймэл дагуулын өгөгдлөөр, соронзон оронд үзүүлэх нөлөөллийг газарзүйн байршлын хувьд ялгаатай соронзон оргилуудын сүлжээ станцуудын соронзон хувьслын мэдээллээр (Хэвтээ байгуулагч-Н) цэнэгт мандлын плазмын хөдөлгөөнийг SuperDARN сүлжээ станцуудын (Zhongshan

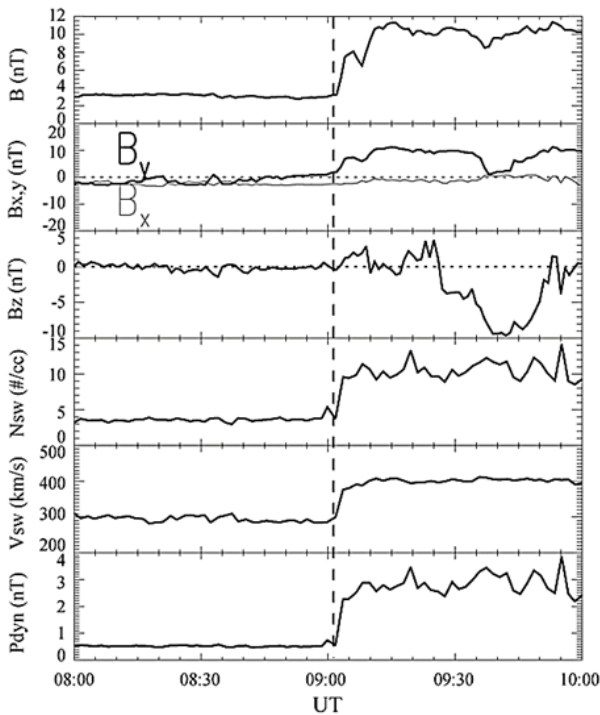
-ZHO, McMurdo-MCM) өгөгдлөөр судаллаа.

Нарны салхины параметр

Нар болон дэлхийн хооронд байрлах WIND хиймэл дагуулын мэдээллээр ГХСО болон нарны салхины плазмын параметруудийг хугацааны 08:00 УТ-10:00 УТ цагийн завсарт хэмжсэн. ГХСО-ны байгуулагчууд соронзон орны бүрэн хүчлэг -B, хойд байгуулагч-Bx, зүүн байгуулагч-Bу, -босоо байгуулагч- Bz, нарны салхины

нягт- N_{sw} , нарны салхины хурд- V_{sw} , динамик даралт- P_{dyn} -ээр тус тус илэрхийллээ (Зураг 1). Хугацааны 09:02 UT цагаас өмнө (тасархай хар зураасаас өмнө) ГХСО харьцангуй тогтвортой (B , B_x , B_y , B_z) байсан нь гариг хоорондын орчин харьцангуй тогтвортой байгааг илтгэнэ. 09:02 UT-ээс эхлэн гариг хоорондын соронзон орон огц өөрчлөгдөж, босоо байгуулагчийн- B_z утга тэг орчим хэлбэлзэж байснаа гэнэт Ингэж B_y ба B_z байгуулагчууд огцом хэлбэлзэлд орсноор гариг хоорондын соронзон орны бүрэн хүчлэгийн утга B байгуулагчийг ихэсгэхэд хүргэсэн.

09:02UT цагаас өмнө нарны салхины нягт харьцангуй тогтвортой бага нягттай $N_{sw}=4-11$ #/cc ба плазмын хурд нь $V_{sw}=300$ км/с байв. Харин ~09:02 UT цагт хиймэл дагуулын мэдээллээр $N_{sw}=4$ #/cc-11 #/cc болж, нарны салхины хурд ихсэж $V_{sw}=300$ км/с-400 км/с болж соронзон мандал мэдэгдэхүйц өөрчлөлтөнд орсон. Плазмын параметруудийн өөрчлөлтийн үр дүнд нарны салхины даралт $P_{dyn}=0.5$ нПа-

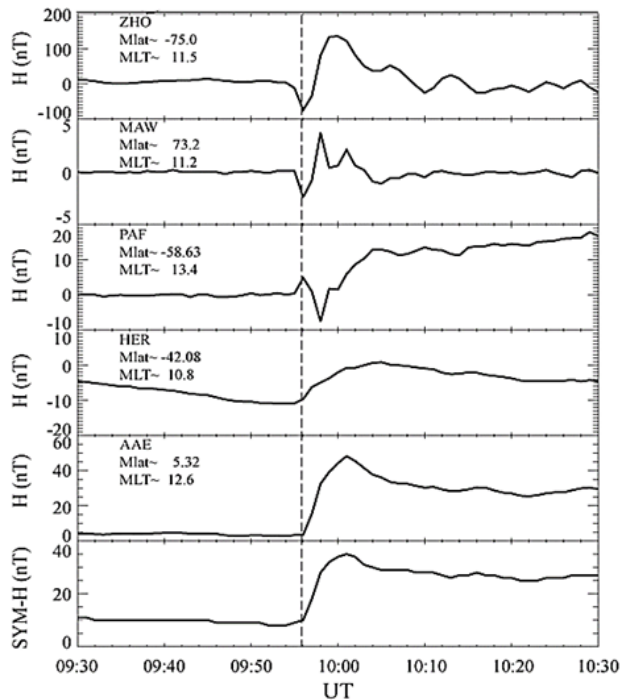


Зураг 1. ГХСО-ны төлөв байдал B ; B_x, y ; B_z байгуулагчууд, 2012.06.16-ны 08:00UT - 10:00UT цагийн завсарт, нарны салхины нягт N_{sw} , нарны салхины хурд V_{sw} , динамик даралт $-P_{dyn}$

3 нПа хүртэл нэмэгдсэнийг Зураг 1 дээрх босоо тасархай шугамаар харуулав. Энэ нь нарны салхины огцом өөрчлөлтийн нөлөөгөөр сансрын орон зайд IP цохих долгион орж ирсэнээр дэлхийн соронзон мандлыг огцом өөрчлөлтөд оруулж байна.

Олон улсын ИНТЕРМАГНИТ сүлжээ станцуудын өгөгдөл

IP цохих долгионы эдгээр үр дүнг бид газарзүйн өөр өөр байршилд орших соронзон оргилуудын хугацааны ижил завсарт (09:30 UT-10:30 UT) ажиглагдсан соронзон орны хэвтээ байгуулагчийн утгууд- H , болон соронзон идэвхжилийн $SYM-H$ индексийн өгөгдлийг авч үзлээ. Дэлхийн соронзон оргилуудаас хэд хэдэн соронзон оргил сонгон авч эдгээр соронзон оргилуудаа дээд өргөргөөс доод өргөрөг хүртэл соронзон өргөргийн дагуу буурах дарааллаар байрлуулав. Сонгон авсан оргилын газарзүйн өргөргийг Зураг 2-т үзүүлэв.



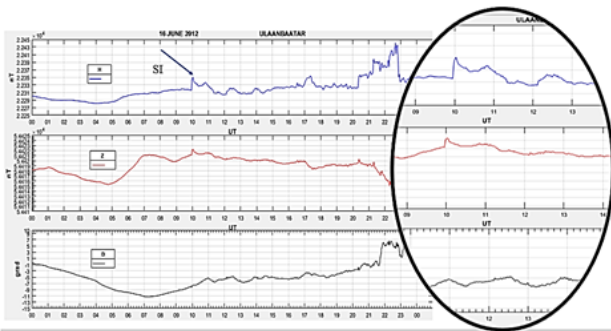
Зураг 2. Интермагнет соронзон оргилуудын сүлжээ станцуудын өгөгдлийг ашиглав. <https://www.intermagnet.org/data-donnee/data-eng.php>

Соронзон оргилуудын хэвтээ байгуулагчийн өгөгдлөөс үзэхэд 09:56 UT цагт соронзон орон өөрчлөлтөд орж огцом өсөх буюу буурч байна. Соронзон идэвхжилийн *SYM-H* индекс нь ба соронзон оргилуудын хэвтээ байгуулагчийн өгөгдлөөс үзэхэд ойртож буй IP цохих долгион өдрийн цагаар 09:56 UT цагт дэлхий орчимд ирснийг тодорхойлж байна (Зураг 2). Эндээс үзэхэд нь IP цохих долгион WIND хиймэл дагуулын (09:02 UT) байрлал соронзон заагаас 54 минутын дараа 09:56 UT цагт дэлхийн орчим тархсаныг харуулж байна.

Улаанбаатар соронзон оргилын өгөгдөл (ULN)

Улаанбаатар соронзон оргил (ULN) нь газарзүйн хойд өргөргийн $\varphi=47^{\circ}51.9$, зүүн уртрагийн $\lambda=107^{\circ}03.0$ бөгөөд геосоронзон өргөрөг нь $\Phi=36.10$, уртраг нь $A=178.00$ градуст оршдог. IP цохих долгион Улаанбаатар соронзон оргилд (ULN) 2012 оны 6-р сарын 16-ны өдрийн 09:56 UT цагт ажиглагдлаа (Зураг 3).

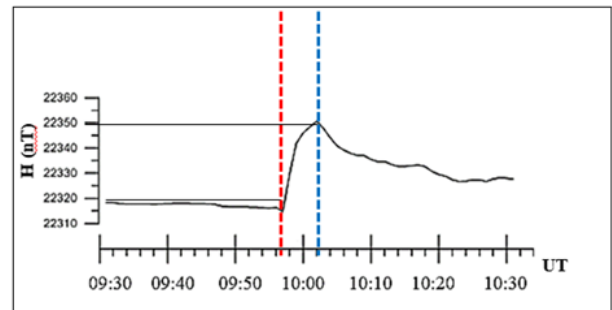
Зураг 3-ийн дээд талын график нь хэвтээ байгуулагч H -ийн ажиглагдсан утга бөгөөд сумаар заасан хэсэгт огцом өөрчлөлт харагдаж байна. Энэ өөрчлөлтийг SI импульсын эхлэл гэнэ. IP цохих долгионы улмаас соронзон заагийн зүүн тийш чиглэсэн гүйдэл эрчимжиж, соронзон идэвхжилийн *SYM-H* индекстэй (Зураг 2) тэй ижил ердийн огцом импульс (SI) үүсгэсэн байна.



Зураг 3. Дэлхийн хэвтээ байгуулагч-(H), босоо байгуулагч-(Z), соронзон хазайлтын өнцгийн утгыг-(D) тасралтгүй бүртгэн авсан бичлэг

SYM-H индексэд анализ хийхэд IP ирсний дараа ~10:02 UT-д хамгийн их утганд хүрсэн бөгөөд SI хэмжээ ~8 нТл-35 нТл хүртэл 27 нТл-аар өссөний дараа тогтвортой төлөвт шилжсэн.

ULN соронзон оргилын хэвтээ байгуулагч H нь 22315 нТл-22350 нТл болж шилжсэн нь дунд өргөргийн соронзон оргилуудад бүртгэгдсэн дэлхийн соронзон орны өөрчлөлттэй ижил хугацаанд 35 нТл хүртэл өөрчлөгдсөнийг илтгэж байна (Зураг 4). Соронзон орны хэвтээ байгуулагчийн утга (тасархай улаан зураасаар тэмдэглэгдсэн) 09:56 UT-аас (тасархай цэнхэр зураас) 10:02 UT хүртэл 6



Зураг 4. Улаанбаатар соронзон оргилд ажиглагдсан соронзон орны хэвтээ байгуулагч -H өөрчлөлт

мин хугацаанд өөрчлөгдсөн нь энэ соронзон шуурганы огцом импульстэй эхлэл юм. Эдгээр үр дүнгээс харахад IP цохих долгион нь дэлхий орчмын сансрын орон зай, дэлхийн соронзон орон ба плазмын цахилгаан соронзон орныг өөрчилдөг болох нь харагдаж байна. Соронзон оргилуудад бүртгэж байгаа магнитометрийн хэмжилтээс харахад SI нь дэлхийн соронзон орны хэвтээ байгуулагчийг хүчтэй өөрчлөлтөд оруулж байна (Зураг 2). Экватор орчмын соронзон оргил Addis Ababa-(AAE) болон Hermanus-(HER) оргилуудын магнитометрийн бичлэгээс харахад өмнөд хагас бөмбөрцгийн доод өргөргийн хэвтээ байгуулагчууд нь тодорхой алхам алхмаар нэмэгдэж байна. Дээд өргөрөгт байрлах Port-aux-Francais-(PAF) соронзон оргилын хувьд хэвтээ байгуулагч SI эхлэхээс өмнө

эерэг утгаа авч, импульс орж ирсэний дараа сөрөг утгатай болж хэлбэлзэлд орсон. Үүний эсрэгээр туйлын бүсэд байрлах соронзон оргилуудын хувьд (ZHO ба MAW) соронзон орны нэлээн сонирхолтэй хэлбэлзэл ажиглагдаж соронзон орон бага зэрэг буурч байснаа хэсэг хугацааны дараа дахин нэмэгдсэн.

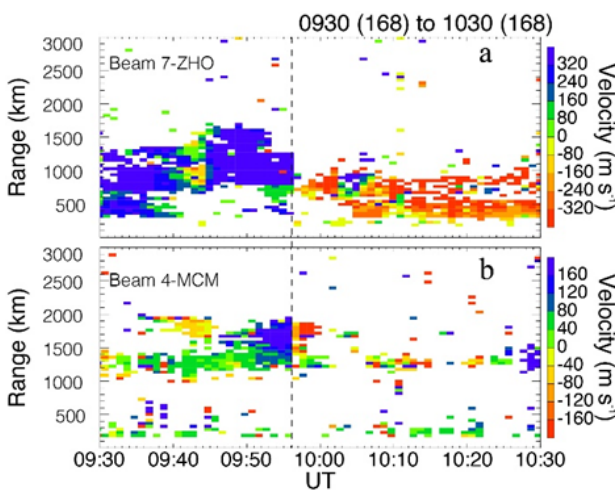
Иймээс соронзон оргилуудын сүлжээ станцуудад бүртгэгдэж байгаа соронзон орны хувьсал нь хугацааны хувьд ижил хугацаанд эхлэх боловч ажиглагдах соронзон орны хэмжээний хувьд харилцан адилгүй байна.

3.2 Туйлын каспын (оройн) босоо хөдөлгөөн ба плазмын конвекц

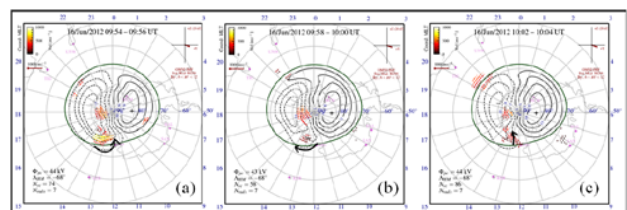
Энэ хэсэгт бид цэнэгт мандлын плазмуудын хэвтээ шилжилтийг (конвекцийн үзэгдлийг) SuperDARN ZHO болон SuperDARN MCM радаруудын ажиглалтаар тодорхойллоо. SuperDARN радаруудын ажиглалтаар Доплер хурдны өөрчлөлт болон конвекцын үзэгдлийг харууллаа. SI импульс ажиглагдах үед SuperDARN-ZHO радар нь өдрийн туйлын касп орчмын мужийн 12 LT-14 LT (Local

Time, LT=UT+8) цагийн хоорондох конвекцийн урсгалыг хянах давуу талтай бол SuperDARN-MCM радар нар руу чиглэсэн болон нарны эсрэг чиглэсэн хэмжилтийн үр дүнг харууллаа (Зураг 5). Хоёр радарын хоорондох Доплерийн хурдыг баруун талд байгаа өнгөт зураасаар өнгөөр ялгасан бөгөөд энэ нь плазмын урсгалыг радарын станц руу чиглэсэн хөдөлгөөнийг цэнхэр шилжилтээр эсрэг чиглэсэн хөдөлгөөнийг улаан шилжилтээр илэрхийлэгдэж байна.

Босоо тасархай шугамаар тэмдэглэсэн IP цохих долгион ирэхээс өмнө ZHO станц руу чиглэсэн хүчтэй плазмын хөдөлгөөнийг ажиглаж, 800 м/с-ээс дээш хурдтай байсан нь соронзон орон нутгийн IP - цохих долгионы дараа Доплерийн хурд чиглэлээ баруунаас зүүн тийш нэн даруй сольсон. Эсрэг урсгал 9:56 UT-ээс 10:02 UT хүртэл~6 минут орчим үргэлжилнэ (Зураг 5). Конвекцийн урсгал зүүн тийш чиглэсэн хөдөлгөөн SuperDARN (MCM) радараар хэмжсэн цэнэгт мандлын плазмын урсгалын хурдад мөн адил эсрэг урсгалыг харуулж байна. Огцом эхлэлийн дараах плазмын урсгал ялангуяа тогтонги бус байдал нь нарны эсрэг урсгалаас богино хугацаанд нар руу чиглэж чиглэлээ өөрчилдөг. үд дундын (12 LT) конвекцийн хоолойн хэсэг рүү ердийн баруун тийш буцах урсгалыг харуулж байна.



Зураг 5. ZHO-ийн 7-р цаираг ба MCM радарын 4-р цаирагаас (Line-of-Sight -LoS) Доплерийн хурдыг харуулсан. SuperDARN радарын Доплерийн хурдыг баруун талд байгаа масштабын дагуу өнгөөр ялгаж харууллаа.. Босоо тасархай шугамууд нь SI эхлэх цагийг илэрхийлнэ.



Зураг 6. SuperDARN радаруудын ажиглалтаар конвекцийн тодорхойлоо. 09:54-10:04 UT. Самбар тус бүрийн хурдны векторуудыг харуулсан бөгөөд. Векторын төгсгөлд байгаа цэг нь хурдны векторын эхлэлийн байрлалыг илэрхийлнэ.) Greenwald, 1995) Самбарууд нь 4 минутын хугацаатай байдаг.

4. ДҮГНЭЛТ

Газарзүйн хувьд нар руу чиглэсэн туйлын орой орчмын цэнэгт мандал нь нарны салхи ба соронзон мандлын харилцан үйлчлэлд хамгийн өртөнө. Иймээс туйлын оройн цэнэгт мандал ойртож буй гариг хоорондын өөрчлөлтөөс болж ихээхэн буснилд орно гэж таамаглах нь үндэслэлтэй юм. IP цохих долгионоос хамаарч туйл орчмын цэнэгт мандлын өөрчлөлтийг судлах замаар нарны салхины нөлөөн дэх туйл орчмын цэнэгт мандлын эгшин зуурын үзэгдлийг судалдаг. IP түүний харилцан үйлчлэлийг судлахын

тулд дэлхийн бөмбөрцгийн өмнөд хагаст байрлуулсан SuperDARN радарын сүлжээ станцуудын ажиглалтыг ашиглалаа. Ажиглалтуудыг судалж, (Araki, 1994) SI загварын таамаглалтай харьцуулснаар бид IP нөлөөгөөр үүссэн үдшийн бүрий хүртэл хурдан цахилгаан орон зайн цэнэгт мандлын түр зуурын динамикийг хянахад чухал үүрэг гүйцэтгэдэг болохыг санал болгож байна. Эдгээр үзэгдэл нь дэлхийн бөмбөрцгийн хойд хагаст нөлөөлнө гэж үзэж байгаа бөгөөд энэ нь цаашдын судалгаа, загварчлалын үндэс болж байна.

5. ТАЛАРХАЛ

ШУА-ийн ООГХ-ийн соронзон судлалын салбарын хамт олон, олон улсын SuperDARN радарын сүлжээ <http://vt.superdarn.org/>, олон улсын соронзон

оргиуудын мэдээлэл <https://intermagnet.org>, <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/>, <https://omniweb.gsfc.nasa.gov/>, -д талархал илэрхийлье.

6. НОМ ЗҮЙ

Amarjargal.B. (2019). Multi instrument observations of Patrick storm. Takong ISSI-BJ MAGAZINE №12, 12.
Araki, T. (1994). A physical model of the geomagnetic sudden commencement. Geophysical Monograph-American Geophysical Union, 81, 183-183.
Boudouridis, A. L. (2007). Dayside reconnection enhancement resulting from a solar wind dynamic pressure increase. Journal of Geophysical Research: Space Physics, 112(A6).
Greenwald, R. A. (1995). Darn/superdarn. Space Science Reviews, 71(1), 761-796.
Kikuchi, T. O. (1986). Propagation disturbances of VLF radio waves on

the trans-polar paths. Sol. Terr. Environ. Res. Jpn.:(Japan), 10.
Lepping, R. P. (1995). The WIND magnetic field investigation. Space Science Reviews, 71(1), 207-229.
Nishitani, N. R. (2019). Review of the accomplishments of mid-latitude Super Dual Auroral Radar Network (SuperDARN) HF radars. Progress in Earth and Planetary Science, 6(1), 1-57.
Tsurutani, B. M. (2004). Global dayside ionospheric uplift and enhancement associated with interplanetary electric fields. Journal of Geophysical Research: Space Physics, 109(A8).

RESPONSE OF IONOSPHERE TO AN INTERPLANETARY SHOCK

Б. Амаржаргал^{1*}, Jianjun Liu², Ү.Сүхбаатар¹, Т.Насан-Очир¹, С.Ганцогт¹

¹Шинжлэх ухааны академийн Одон орон Геофизикийн хүрээлэн

²MNR Key Laboratory for Polar Science, Polar Research Institute of China, Shanghai, 200136, China

[*amarjargal98@iag.ac.mn](mailto:amarjargal98@iag.ac.mn)

Abstract. Interplanetary (IP) shock driven sudden compression of the Earth's magnetosphere produces electromagnetic disturbances in the polar ionosphere. In this study, we examine responses and drivers of the polar ionosphere following an IP shock compression on 16 June 2012. In our study, we observed a geomagnetic SI caused by the passage of the IP shock, which suggests that the IP shock signature observed on the dayside sector extends from the equator to southern high latitudes and in the geomagnetic SYM-H index. In addition, we found a sudden ionospheric convection reversal observed by the SuperDARN HF radars right after the SI onset.

Key words: *Interplanetary Magnetic Field (IMF), ionospheric convection, Super Dual Auroral Radar Network -SuperDARN), Interplanetary (IP), sudden impulse (SI), IP Shock, SSC*

МОНГОЛ ОРНЫ НУТАГ ДЭВСГЭР ДЭХ ГЕОСОРОНЗОН ОРНЫ D-ХАЗАЙЛТЫН ӨНЦГИЙН ТҮГЭЛТИЙН ЗУРАГЛАЛ (2010-2020)

Т.Насан-очир*, Г.Баянжаргал, Ш.Цэрэндүг, Б.Батбаяр, Б.Амаржаргал, С.Ганцогт

ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэн

nasanochir@iag.ac.mn

Хураангуй. Энэ өгүүллэгт Монгол орны нутагт жигд тархсан эриний хувьсалтын 37 цэгт геосоронзон орны D-хазайлтын өнцгийн утгыг шинэчлэн тогтоов. Эдгээр утгуудыг ашиглан Монгол улсын нутаг дахь геосоронзон орны D-хазайлтын өнцгийн түгэлтийн зураглалыг 2010-2020 оны байдлаар сплайн интерполяцийн аргаар дөхөлт хийж тодорхойлсон болно. Түвшинширээ, Баянлиг, Тосонцэнгэл зэрэг сумдын Эриний хувьсалтын цэгийг (ЭХЦ) шилжүүлэн шинэчилсэн. Монгол орны геосоронзон орны D-хазайлтын өнцгийн утга нь 9.359^0 -аас 4.212^0 хооронд утгатай байна.

Түлхүүр үгс: эриний хувьсалт, геосоронзон орны түгэлт

ОРШИЛ

1960-аад онд БНМАУ-д иргэний нисэхийн сүлжээ үүсжээ. GPS-ийн сүлжээ үүсээгүй тэр үед зүг чигийг тогтоохдоо D-геосоронзон орны хазайлтын өнцгийн утгыг ашигладаг байв. Ингээд Монгол орны нийт нутаг дэвсгэрийн D-геосоронзон орны хазайлтын өнцгийн түгэлтийн зураглалыг хийх шаардлага үүссэн байна.

1960-аад онд ИНЕГ ба ШУА-тай хамтарсан төсөл хэрэгжүүлж, олон улсын IGRF загварын шинэчлэгдэх хугацаатай давхцуулан 5 жилийн давтамжтай Монгол орны нутагт жигд тархсан 33 цэгт эриний хувьсалтын хэмжилтийг хийж, геосоронзон орны D-хазайлтын өнцгийн түгэлтийн

зураглалыг гаргах ажлыг эхлүүлжээ.

Зураг 1,2,3 -т эриний хувьсалтын хэмжилт хийдэг цэгүүдийг үзүүлэв. Уг цэгүүд нь орон нутгийн нисэх буудлууд орчим байрлуулсан хөдөлгөөнгүй цэгүүд юм. 2010-аас 2020 онд хийсэн эриний хувьсалтын судалгаагаар дээрх цэгүүдийг өргөтгөн 37 болгож нэмсэн.

Энэ өгүүллэгийн зорилго нь 2010, 2015, 2020-оны хээрийн судалгаагаар 37 цэгт хэмжсэн утгуудыг ашиглан Монголын нутаг дэвсгэр дээрх геосоронзон орны D хазайлтын өнцгийн түгэлтийг шинэчлэн гаргах юм.

ОНОЛЫН ҮНДЭС

Дэлхийн гадарга дээр хэмжигдэж байгаа геосоронзон орон нь олон эх үүсвэр, вариантай нийлмэл орон юм.

$$B = M + m + B_r + B_{rv} + B_a$$

(1)

M-дэлхийн дотоод цөмд үүсгэгчтэй хүчтэй туйлт орон, m-эриний хувьсалт, B_r -гадаад эх үүсвэртэй орон, B_{rv} -гадаад эх үүсвэртэй орны өөрчлөлт, B_a -литосферт үүсгүүртэй аномаль соронзон орон болно.

Дээрх илэрхийллийн эхний хоёр

гишүүн нь үндсэн орон юм. Энэ M+m нийлбэр нь нийт орны эрчмийн 90%-ийг эзэлдэг. Үндсэн орныг судалж байх үед (1) илэрхийллийн гадаад эх үүсвэртэй орон, түүний өөрчлөлтийн нөлөөг устгах ёстой.

Дэлхийн температур гүн рүүгээ нэмэгддэгээс болж дотоод цөм, шингэн цөм, манти, литосфер зэрэг давхаргууд нь анизотроп шинж чанараа алдсан байдаг. Иймд нэвтэрч буй геосоронзон орон нь зөвхөн радиусын дагуу сулардаг. Харин

литосферийн дээд хэсэгт 580⁰С орчим температуртай Кюри гадаргаас дээш чулуулагт ферросоронзон шинж чанар нь хадгалагдах тул энэ давхаргын аномали орон үндсэн орон дээр нэмэгдэж дэлхийн гадарга дээр хэмжигддэг. Гэвч энэ литосферийн аномаль орон нь геосоронзон орны өөрчлөлт буюу эриний хувьсалтад нөлөө үзүүлдэггүй.

(1)-илэрхийллийн М-нь дэлхийн төв орчимд үүссэн хүчтэй туйлт орон бөгөөд дотоод цөм, шингэн цөм, мантитай харилцан үйлчлэлцэн нэвтэрч, дэлхийн гадарга бүртгэгдэнэ. Дотоод цөм, шингэн цөмийн доод хэсэг, манти зэргийн хөдөлгөөний эрчим нь харьцангуй удаан тул нэвтэрч гарч буй энэ М-орныг зөвхөн радиусын дагууд сулруулах үүрэгтэй. Харин шингэн цөм манти хоёрын зааг дээр харьцангуй хөдөлгөөнтэй цахилгаан дамжуулах чадвартай үе давхарга байдаг.

АРГАЧЛАЛ

Бид доорх зурагт үзүүлсэн эриний хувьсалтын цэгүүд дээр 2010 оны 7 сард хэмжилтийг хийсэн. 2015 онд уг хэмжилтийг 7-8 сард гүйцэтгэжээ. 2020 онд 6, 8 саруудад доор цэгүүд дээр эриний хувьсалтын хэмжилтийг хийжээ. Эриний хувьсалтын цэг тус бүрд хэмжилт хийхэд ашиглагддаг содон цэгийн азимутыг тухайн мөчид үзэгдэх нарны байрлалыг хэмжих Г.Г.Беннетийн аргачлалаар тодорхойлов (Т.Насан-Очир, 2020). Содон цэг бүрийн азимут ба хэмжилтийн статистик алдааг үнэлсэн болно. Энэ Г.Г.Беннетийн аргачлалыг 1960-оноос хойш бүх судалгаанд ашиглаж байна.

Тухайн цэг дээрх геосоронзон орны газарзүйн меридианаас хазайх хазайлтыг соронзон хазайлт буюу геосоронзон орны D-хазайлтын өнцөг гэж нэрлэдэг. Үүнийг доорх томъёогоор илэрхийлнэ.

$$D = N_m - (A_M - A_{zm}) \quad (2)$$

Энд N_m -соронзон меридианы өнцгийн DI-магнетометрээр хэмжсэн утга, A_m - нь содон цэгийн өнцгийн DI-магнетометрээр

Энэ хэсэг дэх шингэний хөдөлгөөнөөс болж Лоренцийн хүчний улмаас цахилгаан гүйдэл үүснэ. Энэ гүйдлийн үүсгэсэн соронзон орон дэлхийн гадарга дээр m-үндсэн соронзон орны вариаци болж бүртгэгдэнэ. Энэ шингэн цөм мантийн зааг дээрх нимгэн үеийн хөдөлгөөнийг хуйларсан турбулент, жигд дундаж урсгал гэж загварчилдаг. Хуйларсан турбулент урсгалын нөлөө нь дэлхийн гадарга дээр нэг цэгийн орчимд илэрч болно. Том талбайд геосоронзон орны зураглал хийхэд турбулент урсгалын нөлөө бага юм. Харин шингэн цөм мантийн зааг дээрх жигд дундаж урсгал нь геосоронзон орны эриний хувьсалтыг үүсгэнэ. Энэ эриний хувьсалтын нөлөөгөөр геосоронзон орны зураглал нь байнга өөрчлөгддөг тул 5 жилийн давтамжтай шинэчлэх шаардлага үүсдэг.

хэмжсэн утга, A_{mz} - содон цэгийн азимут.

Эриний хувьсалтын хэмжилт хийж байх үед (1)-томъёоны B_r -гадаад эх үүсвэртэй орон, B_r -түүний вариаци нь харьцангуй ялгаатай өөрчлөгддөг. Энэ нөлөөг Улаанбаатар (ULN) геосоронзон оргилын тухай үеийн бичлэгийг ашиглан хасна. Дараа нь хэмжилтийн утгуудыг дундажлаж, дундаж утгаас хазай хазайлт, хэмжилтийн алдааны утгуудыг цэг нэг бүр дээр тогтоосон. Хэмжилтийн дундаж утгууд болон хэмжилтийн алдааг үнэлэн үзэхэд нийт цэгүүдийн хувьд 0.8% -аас хэтрэхгүй байв.

Хүснэгт 1-д үзүүлсэн D-хазайлтын өнцгийн дундаж утгуудад сплайн интерполяцийн аргаар дөхөлт хийж, Монгол орны нутаг дахь D- хазайлтын өнцгийн түгэлтийн зураглалыг 2010, 2015, 2020 он тус бүрд нь гаргав.

Сплайн интерполяцийн аргад дараах үндсэн шаардлагууд тавигддаг. Гадаргуу нь бүх цэгийг дайрсан байх ёстой. Гадаргууд мурийлт хамгийн бага байх ёстой. Өөрөөр хэлбэл цэг нэг бүр дээр уг

гадаргуугаас авсан 2-р эрэмбийн уламжлалын квадратуудын нийлбэр хамгийн бага байх ёстой. (Franke.R., 1982), (Mitas.L., 1988) Эдгээр шаардлагууд нь Монгол орны геосоронзон орны D-хазайлтын өнцгийн түгэлтийг тодорхойлоход тавигдах шаардлагад тохирно.

Сплайн интерполяцаар тодорхойлогдох гадаргуу нь доорх (3) томъёогоор бичигдэнэ.

$$S(\varphi, \lambda) = T(\varphi, \lambda) + \sum_{j=1}^N Y_j R(r_j) \quad (3)$$

Энд $S(\varphi, \lambda)$ -гадаргуугийн тэгшитгэл, φ, λ -нь манай тохиолдолд уртраг, өргөрөг юм. $j=1.2 N$ ба N -цэгийн тоо, Y_j -шугаман тэгшитгэлийн системийн шийдээс олдог коэффициентүүд, $R(r_j)$ -нь (φ, λ) -координаттай цэгээс j -р цэг хүртэлх зай болно.

$T(\varphi, \lambda) = A_1 + A_2 \varphi + A_3 \lambda$; A_j -нь шугаман тэгшитгэлийн системийн шийдээс олдог коэффициентүүд юм. $R(r_j)$ -ийг дэлгэн бичвэл доорх байдлаар илэрхийлэгддэг.

$$R(r_j) = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{r^2}{4} \left[\ln\left(\frac{1}{2r}\right) + C - 1 \right] + r^2 \left[K_0\left(\frac{r}{2}\right) + C + \ln\left(\frac{r}{2\pi}\right) \right] \right] \quad (4)$$

ҮР ДҮН

1. 2010, 2015, 2020 оны эриний хувьсалтын хээрийн судалгааны мэдээллээр Монголын нутаг дээрх геосоронзон орны D-хазайлтын өнцгийн түгэлтийн зураглалыг шинэчлэн гаргав. Монгол орны геосоронзон орны D-хазайлтын өнцөг нь -9.359^0 -аас 4.212^0 хооронд утгатай байна.

2. Эриний хувьсалтын цэг бүр тус дээр D-хазайлтын өнцгийн утга ба хэмжилтийн статистик алдааг тогтоов. Цэг бүр дээрх хэмжилтийн алдаа нь 0.8% -аас хэтрэхгүй байсан. Энэ нь 2010, 2015, 2020-оны хээрийн хэмжилт хэвийн чанартай

ДҮГНЭЛТ БА ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Хүснэгт 1-ээс харахад Монгол орны геосоронзон орны D-хазайлтын өнцөг нь -9.359^0 -аас 4.212^0 хооронд утгатай байна.

2. D-хазайлтын өнцгийн түгэлтийг (Зураг

г-цэгүүдийн хоорондох зай, τ^2 -жингийн параметр, K_0 -хувирсан Бесселийн функц, C -нь тогтмол $C=0.577215$ утгатай байдаг.

Доорх зургуудад геосоронзон орны D-хазайлтын өнцгийн түгэлтийн зураглалыг 2010, 2015, 2020-оны байдлаар ижил утгатай муруйгаар дүрслэн үзүүлэв.

Энэ судалгааны мэдээлэл боловсруулалтыг Matlab дээр хийж, геосоронзон орны D-элементийн түгэлтийн зураглалыг Arcgis программ ашиглан гүйцэтгэсэнээр зургийн чанар сайжирсан.

Уг түгэлтийн зураглалыг Хи-квадрат шалгуураар 37 цэгийн хувьд үнэмшлийн түвшнийг тогтоов.

$$\chi^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{37} \frac{(Dt_i - D\epsilon_i)^2}{\Delta D_i} \quad (5)$$

Энд Dt_i -гадаргуу дээрх утга, $D\epsilon_i$ - хүснэгт 1-дэх хэмжсэн утга, ΔD_i -хэмжилтийн алдаа N -чөлөөний зэрэг. Манай 37 цэгийн хувьд $\chi^2=(23.42-26.70)$ орчим гарч байсан ба үнэмшлийн түвшин нь харгалзах он бүрд 95% -аас дээш утгатай гарч байна.

хийгдсэнийг үзүүлж байна.

3. Эриний хувьсалтын 37 цэг бүрийн содон цэгийн азимутын утгыг 2010, 2015, 2020 оны байдлаар шинэчлэн тогтоов. 2010-2020 онд Түвшинширээ, Баянлиг, Тосонцэнгэл зэрэг сумдын ЭХЦ-ийг шилжүүлэн шинээр байгуулсан.

4. Геосоронзон орны D-хазайлтын өнцгийн түгэлтийг 2010, 2015, 2020 он тус бүрт Хи-квадрат шалгуураар үнэлэхэд 37 цэгийн хувьд үнэмшлийн түвшин нь он бүрд 95% аас дээш магадлалтай гарч байв.

1,2,3)-аас харахад ижил утгатай цэгүүдийг холбосон шугам мурийлт ихтэй, зарим газарт цагираг үүсгэсэн байна. Энэ нь тухайн бүс нутаг уулархаг тогтоцтой,

чулуулга нь соронзон аномаль ихтэй байгааг харуулж байна.

3. Монгол орны зүүн бүст D- хазайлтын өнцгийн ижил утгатай цэгүүдийг холбосон шугам мурийлт харьцангуй багатай байгаа нь тухайн бүс нутгийн чулуулаг нь харьцангуй соронзон аномаль багатай байгаагаас хамаарч байна гэж үзэж байна.

4. Монгол орны геосоронзон орны D- хазайлтын өнцгийн хэмжээ нь 2010-2020

онд бүх цэгүүд дээр бууралттай байв. Энэ нь Монгол орны хувьд геосоронзон орон ерөнхийдөө зүүн урдаасаа баруун хойшоо шилжиж байгааг илтгэнэ.

5. Гэвч эдгээр жилүүдэд цэг нэг бүр дээрх геосоронзон орны бууралт нь харьцангуй ялгаатай байна. Энэ нь тухайн цэг бүрийн орчны геологийн идэвхтэй үзэгдлүүдээс хамаарч байна гэж үзэж байна.

Хүснэгт 1. Эриний хувьсалтын цэг ба геосоронзон орны D-хазайлтын өнцгийн утга

Д/д	Цэгийн нэр	φ	Λ	2010	2015	2020	Δ ₁	Δ ₂
1	Алдархаан	47.714	96.527	-0.0683	-0.262	-0.686	-0.1937	-0.424
2	Алтай сум	44.625	94.929	0.522	0.398	0.0504	-0.1234	-0.348
3	Алтай хот	46.377	96.234	0.068	-0.101	-0.473	-0.169	-0.372
4	Арвайхээр хот	46.260	102.792	-2.328	-2.586	-3.142	-0.2579	-0.556
5	Баруун-Урт	46.667	113.288	-6.582	-6.901	-7.380	-0.3187	-0.478
6	Баянлиг сум	44.540	100.829	-1.497	-1.699	-2.234	-0.2017	-0.534
7	Баянхонгор хот	46.175	100.704	-1.438	-1.669	-2.158	-0.2309	-0.488
8	Богд сум	44.674	102.176	-1.945	-2.166	-2.621	-0.2209	-0.455
9	Булган хот	48.853	103.486	-3.384	-3.687	-4.524	-0.3028	-0.837
10	Булган сум	46.103	91.581	1.920	1.833	1.359	-0.0873	-0.473
11	Дадал	49.022	111.612	-6.429	-6.763	-7.405	-0.3348	-0.641
12	Даланзадгад	43.607	104.369	-2.757	-2.990	-3.440	-0.2329	-0.451
13	Замын-Үүд	43.766	111.839	-5.724	-6.02	-6.624	-0.2956	-0.603
14	Мандалговь	45.743	106.264	-3.442	-3.720	-4.221	-0.278	-0.501
15	Мөрөн	49.665	100.090	-0.544	-0.822	-1.333	-0.2785	-0.510
16	Мөст сум	46.680	92.807	2.2572	2.1408	1.762	-0.1164	-0.379
17	Ноён сум	43.148	102.132	-1.642	-1.843	-2.357	-0.2012	-0.513
18	Өлгий	48.990	89.923	4.212	4.113	3.853	-0.0996	-0.259
19	Ринчинлхүмбэ	51.114	99.664	-0.733	-1.033	-1.518	-0.3007	-0.485
20	Сайншанд	44.877	110.119	-5.085	-5.379	-5.866	-0.2945	-0.487
21	Сэгс цагаан богд	42.759	98.813	-0.626	-0.778	-1.186	-0.1517	-0.408
22	Тосонцэнгэл	48.739	98.274	-0.239	-0.477	-0.965	-0.2379	-0.488
23	Түвшинширээ	46.213	111.794	-6.151	-6.463	-6.843	-0.3128	-0.38
24	Улаангом	50.064	91.939	1.8396	1.684	1.206	-0.1553	-0.478
25	Ургамал сум	48.516	94.287	0.834	0.663	0.2035	-0.1705	-0.460
26	Халхгол сум	47.991	118.109	-8.510	-8.822	-9.359	-0.3122	-0.537
27	Ханбумбат НБ	43.138	106.843	-3.330	-3.583	-4.080	-0.2535	-0.496
28	Хатанбулаг сум	43.167	109.144	-4.620	-4.893	-5.381	-0.2738	-0.488
29	Ховд	47.964	91.623	2.966	2.851	2.319	-0.115	-0.532
30	Цэцэрлэг	47.483	101.447	-1.580	-1.838	-2.306	-0.2581	-0.468
31	Чингис хаан хот	47.307	110.596	-5.668	-5.985	-6.478	-0.3168	-0.492
32	Чойбалсан хот	48.137	114.63	-7.676	-8.002	-8.698	-0.3259	-0.696
33	Чулуунхороот сум	49.877	115.699	-8.335	-8.664	-9.175	-0.3293	-0.511
34	Шинэжинст сум	44.547	99.275	-0.817	-0.998	-1.410	-0.1806	-0.413
35	Эрдэнэсант сум	47.337	104.505	-3.132	-3.424	-3.943	-0.2921	-0.519
36	Эрдэнэ сум	45.165	97.701	-0.193	-0.367	-0.797	-0.1738	-0.431
37	Эрдэнэцагаан сум	45.906	115.360	-7.370	-7.685	-8.162	-0.3149	-0.477

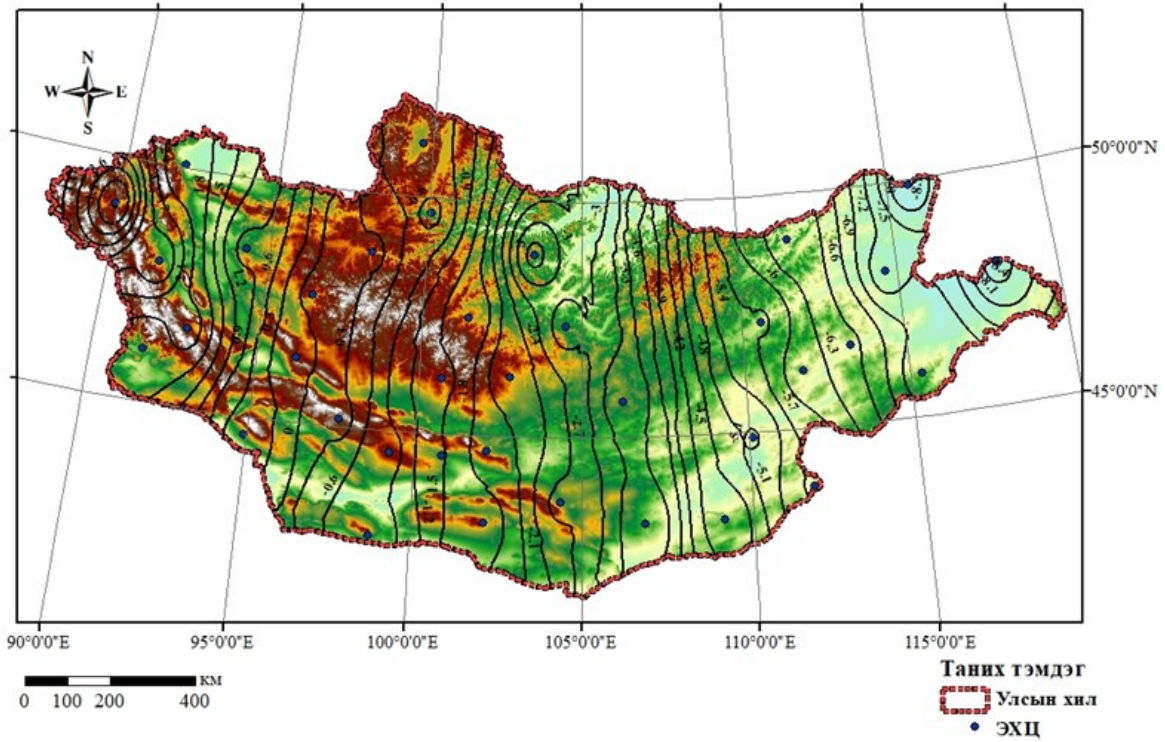
НОМ ЗҮЙ

Franke.R. (1982). Smooth Interpolation of Scattered Data by Local Thin Plate Splines. Computer and Mathematics with Applications. Vol. 8. No. 4. Great Britain., 273-281.

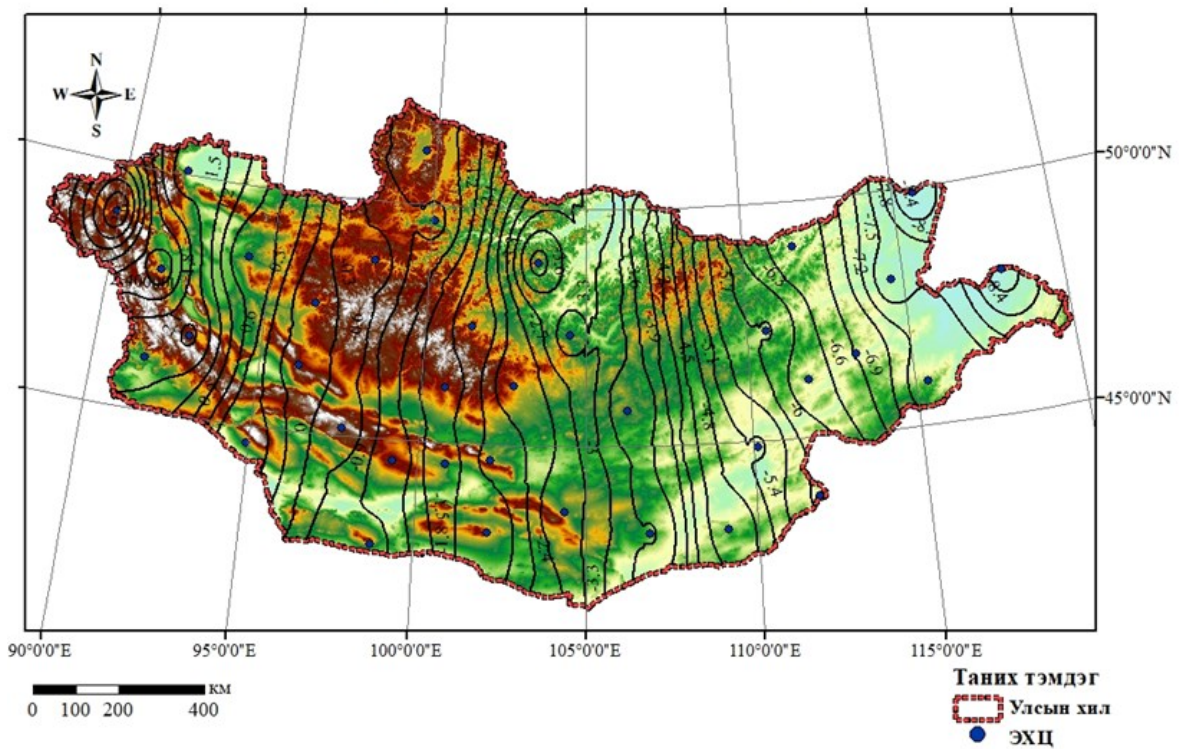
Mitas.L, & M. (1988). General Variational Approach to the Interpolation Problem. Computer and Mathematics with

Applications. Vol. 16. No. 12. Great Britain., 983-992.

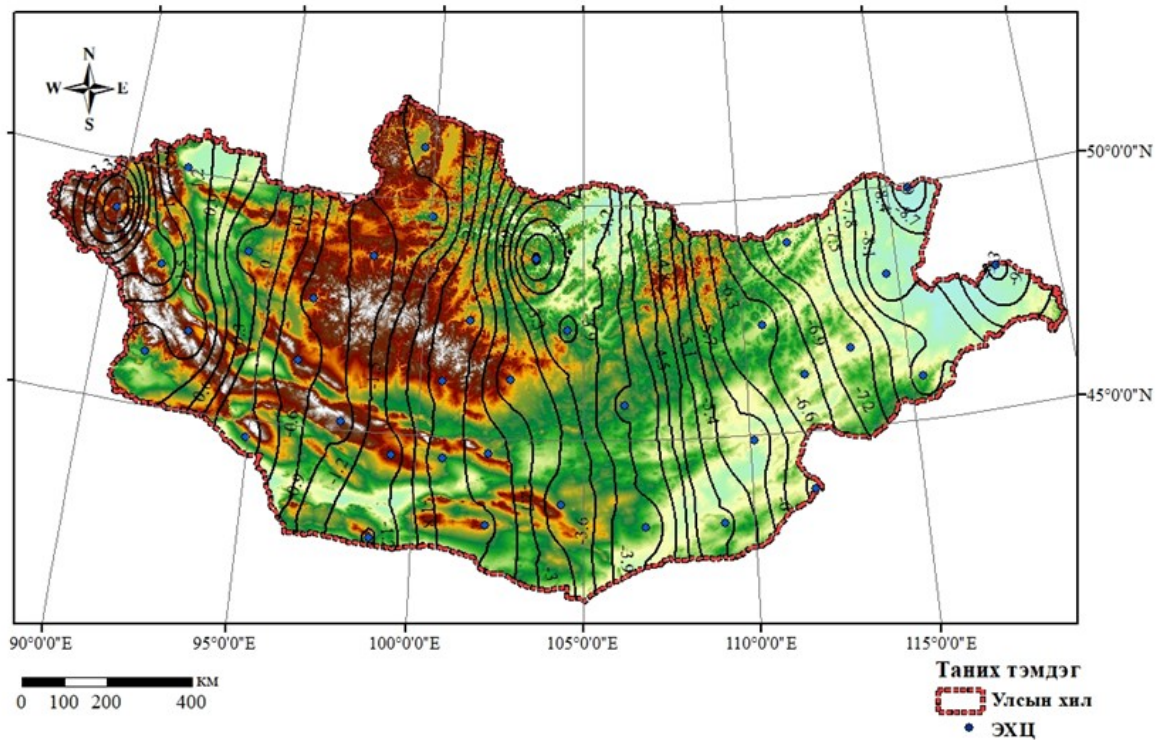
Т.Насан-Очир, Ш. Г. (2020). Эриний хувьсалтын содон цэгийн азимутыг нарны хэмжилтээр тодорхойлох. Геофизик ба Одон Орон судлал. №7, ISSN 2709-1538 (Print), ISSN 2709-1546 (Online), 69-74



Зураг 1. Геосоронзон орны D-хазайлтын өнцгийн түгэлт 2010 он



Зураг 2. Геосоронзон орны D-хазайлтын өнцгийн түгэлт 2015 он



Зураг 3. Геосоронзон орны D-хазайлтын өнцгийн түгэлт 2020 он

THE DISTRIBUTION OF GEOMAGNETIC DECLINATION ON THE MONGOLIA (2010-2020)

T.Nasan-Ochir, G.Bayanjargal, Sh.Tserendug, B.Batbayar, B.Amarjargal, S.Gantsogt

*Institute of Astronomy and Geophysics, Mongolian Academy of Sciences,
nasanochir@iag.ac.mn, bayanjargal@iag.ac.mn, tserendug@iag.ac.mn,
batbayar@iag.ac.mn, amarjargal@iag.ac.mn, gantsogt@iag.ac.mn*

Abstract. In this paper, the values of the D-declination of the geomagnetic field are updated at 37 points of the secular variation that are evenly distributed in Mongolia. Using these values, the distribution map of the D- declination of the geomagnetic field in Mongolia as of 2010-2020 was determined by spline interpolation. In addition the secular variation points of Tuvshinshiree, Bayanlig and Tosontsengel soums were transferred and updated. The value of the D- declination of the Mongolian geomagnetic field is between -9.359° and 4.212° .

Keywords: *secular variation, distribution of geomagneti*

МОНГОЛ ОРНЫ БҮС НУТГИЙН ЦАРЦДАСЫН ҮЕ ДАВХАРГУУДААР P ДОЛГИОН ТАРХАХ 1D ХУРДНЫ ЗАГВАРЫГ ТООЦОХ АРГАЧЛАЛ

Л. Саранцэцэг

ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэн
sarantsetseg@iag.ac.mn

Хураангуй. Судалгааны ажлын гол зорилго нь Монгол орны бүс нутгийн царцдасын үе давхаргуудаар P долгион тархах 1D хурдны загварыг тооцсон аргачлалыг танилцуулах юм. Нэг хэмжээст хурдны загвар нь газар хөдлөлтийн голомтын байрлалыг, ялангуяа газар хөдлөлтийн голомтын гүнийг нарийн тодорхойлоход чухал үүрэг гүйцэтгэдэг. Судалгааны ажилд нийт 271 станц ашиглагдсан. 2010-2020 оны хооронд $\varphi=44^{\circ}-50^{\circ}$; $\lambda=90^{\circ}-113^{\circ}$ талбайд магнитуд $M_l > 2.5$ болон түүнээс дээш, тухайн газар хөдлөлтийг тойрсон станцуудын хоорондын завсар буюу $GAP < 180^{\circ}$, хамгийн багадаа 12 станцад бичигдсэн байх үндсэн шалгууруудыг хангасан 10782 газар хөдлөлтийг сонгон авч 4 хэсэгт хуваан судалгаанд ашигласан. Өгөгдөл тус бүрд VELEST програм нь хурдны загвар болон станцын засварыг хамтад нь тооцдог ба үүнийг тухайн бүс нутагт хамгийн сайн тохирох нэг хэмжээст хурдны загвар гэж нэрлэдэг. P долгионы бүртгэгдсэн хугацаануудыг ашиглан станцын засвар, хурдны загвар, газар хөдлөлтийн голомтын байрлалыг урвуу бодлого бодуулж, ажиглагдсан болон тооцоологдсон тархалтын хугацааны зөрөө хамгийн бага байх шийдийг олсноор тухайн бүс нутагт хамгийн сайн тохирох хурдны загварыг гаргаж авдаг. Монголын бүс нутагт тохирох 8 үетэй нэг хэмжээст хурдны загварыг гаргаж авсан. Газар хөдлөлтийн голомтын байрлалын тогтворжилтыг шалгахын тулд 2513 газар хөдлөлтийн голомтын байрлалын уртраг, өргөрөг, гүний утгуудыг тус бүр 10 км-ээр шилжүүлж, дахин бодуулсан. Уг хурдны загвар нь Монголд болсон газар хөдлөлтүүдийн голомтын байрлалыг нарийвчлан тодорхойлох, томографын судалгаанд анхдагч хурдны загвараар ашиглагдах боломжтой юм.

Түлхүүр үгс: Гүний бүтэц, царцдасын зузаан, томограф

ОРШИЛ

Дэлхийн газар хөдлөлийн судалгааны өнөөгийн түвшинтэй эн зэрэгцэхийн тулд нэн тэргүүнд олон төрлийн судалгааны үндэс суурь болсон газар хөдлөлтийн мэдээллийн сан дах мэдээллээ чанаржуулах, өргөжүүлэх асуудал хурцаар тавигдаж байна. Хурдны загварыг сайжруулах нь газар хөдлөлтийн голомтын байрлалыг нарийвчлал өндөртэй тодорхойлоход хамгийн чухал юм. Монгол орны бүс нутгийн царцдасаар сейсм долгион тархах нэг хэмжээст P долгионы хурдны загвар гарган авч газар хөдлөлтийн голомтын байрлалыг нарийвчлалтай

тодорхойлсноор газар хөдлөлтийн голомтын гүний тархалт болон хагарлын хамаарлыг судлаад зогсохгүй горимын судалгаа гэх мэт олон судалгаануудын үр дүнд сайнаар нөлөөлөх чухал ач холбогдолтой. Монгол орны бүс нутгийн царцдас мандал (дийлэнх хувь нь царцдаст тохиолддог) болон түүнээс доош давхаргад (ховорхон тохиолддог) болсон газар хөдлөлтийн голомтын байрлалыг нарийвчлан тодорхойлоход шаардагддаг 1D хурдны загварыг VELEST) Kissling E, 1994) програмаар тооцож гаргахад оршино.

СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Мэдээлэл нь газар хөдлөлтийг

бүртгэх станцуудад бүртгэгдсэн, байрлал

нь сайн тодорхойлогдох боломжтой ($GAP < 180^\circ$) ойрын газар хөдлөлтөөс тархсан P долгионы бүртгэгдсэн хугацаанаас бүрдэнэ. Тооцоологдсон анхны хурдны загварын хувьд газар хөдлөлтийн голомтоос хүлээн авагч хүртэлх хөрсний бүтцээр тархах шууд болон хугарсан цацрагуудын тархалтын хугацаа нь шууд бодлого боддог цацрагийн замын аргаар тооцоологддог. Урвуу бодлого нь P долгионы бүртгэгдсэн хугацааны мэдээллийг нэгтгэн газар хөдлөлтийн голомтын байрлал, хурдны загвар, станцын засварыг нэгэн зэрэг ашиглан урвуу бодлого бодож ажиглагдсан болон тооцоологдсон тархалтын хугацааны зөрөө хамгийн бага байх шийдийг олсноор

МЭДЭЭЛЛИЙН САН

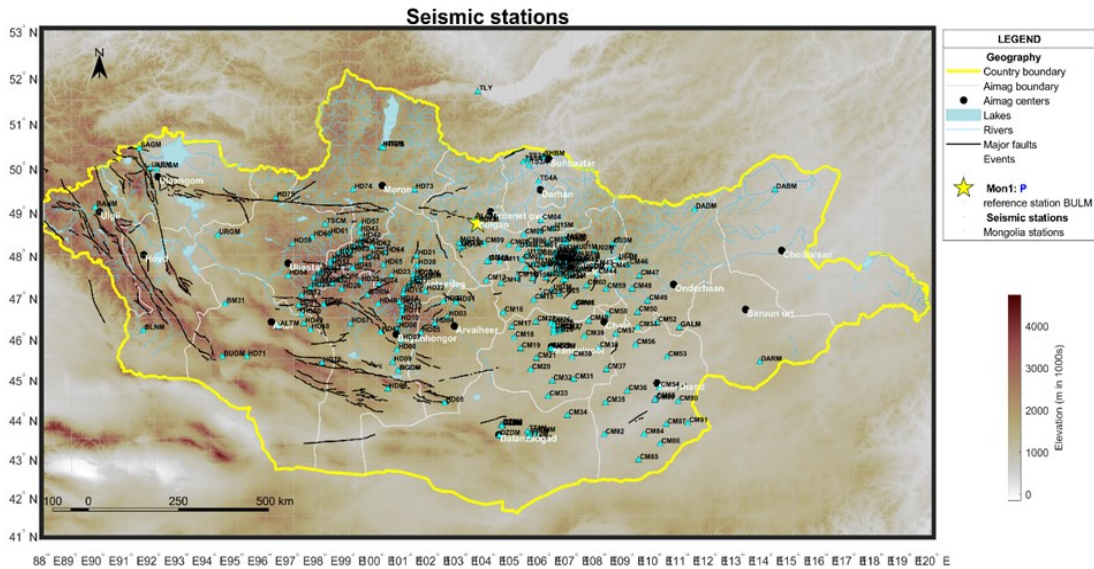
Хурдны загварыг тооцоход ойрын газар хөдлөлтөөс бүртгэгдсэн P долгионы бүртгэгдсэн хугацаа, станцын мэдээлэл бэлдэх, анхдагч хурдны загвараа үүсгэх, бусад параметрууд болон оролтын параметруудийн замыг зааж өгдөг хяналтын файл зэргийг бэлдэнэ. Монголын газар хөдлөлийн үндэсний мэдээллийн төвд (ГХҮМТ) Онух програм (Гарын авлага, 1999 DASE) ашиглан гараар хэмжсэн ойрын газар хөдлөлтөөс бүртгэгдсэн хугацаануудыг ашигласан. Үүнд: 2010-2020 оны хугацаанд болсон $M > 2.5$, $GAP < 180$, хамгийн багадаа 8 станцад бичигдсэн 10782 газар хөдлөлтийг сонгож авсан. Хурдны загварыг тооцоолох програмын шаардлагын дагуу 2700-аас олон газар хөдлөлт ашиглах боломжгүй ба царцдасын зузааны хувьд өөрчлөлт ихтэй том талбайг хамарсан учир үр дүнгээ хооронд нь харьцуулан харж, дүн шинжилгээ хийх зорилгоор эдгээр хөдлөлтүүдийг 4 хэсэг болгон 4 мэдээллийн сантай ажилласан (Зураг 2, Зураг 3). Монгол орны газар хөдлөлтийг бүртгэх сүлжээ станцуудын хувьд нүүдлийн станцуудыг оруулалгүй тооцвол 100 гаруй байнгын станц ажиллаж байна. Уг судалгаанд ашиглагдаж буй 2011-2014

бодогддог (Kissling E., 1988), (Crosson, 1976).

Шугаман бус coupled hypocenter-velocity problem нь damped least squares matrix inversion аргаар давталтаар бодогддог (Kissling E., 1988). Мөн VELEST програм нь хоёр горимд ажилладаг ба үүний нэг горимд ажилладаг joint-hypocenter-determination арга нь фазын мэдээллийн алдааг шалгахад чухал үүрэг гүйцэтгэдэг (Maurer. V., 2010). Хурдны загварыг хайхдаа буюу царцдасын үелсэн загварыг гаргаж авахдаа өөр өөр хурдны загваруудыг туршин, гарсан үр дүнд дүн шинжилгээ хийж, харьцуулан P долгионы бүртгэгдсэн хугацааны мэдээллийг ашиглан урвуу бодлого бодуулсан.

онд болсон хөдлөлтүүд нүүдлийн станцуудад бичигдсэн учир нийт 271 станцын мэдээлэл ашиглагдсан (Зураг 1).

Монгол орны царцдасын зузааны хувьд баруун талдаа 60 орчим км хүртэл зузаантай байдаг бол төвдөө буюу Улаанбаатар орчимд 43 км, зүүн тийш 35 км хүртэл нимгэрдэг олон судалгааны ажлын үр дүнгээр тооцоологдсон байдаг. Анхдагч хурдны загварыг үүсгэхийн тулд Монгол оронд хийгдсэн царцдасын зузааны судалгаануудын үр дүнгүүдийг харуулсан бүтээлүүд болох (Mordvinova V.V, 2007), (C. Tiberi, 2008), (Carole Petit, 2008), (Zorin, 1996), (Jing He Q. , 2015), (Welkey, et al., 2018) болон олон улсад өргөн хэрэглэгддэг crust1.0 (Laske, 2013) хурдны загвар, Хангайн бүсийн хурдны загвар (Sarantsetseg L., 2019), Газар Хөдлөлийн Үндэсний Мэдээллийн Төв (ГХҮМТ)-д ашиглагддаг царцдасын зузааны утга зэргээс анхдагч хурдны загвараа үүсгэсэн. Мөн VELEST програмыг ашиглан хурдны загвар гаргах зааврын дагуу ажиллана (Kissling E., 1988).



Зураг 1. Газар хөдлөлт бүртгэх станцууд

МОНГОЛ ОРНЫ БҮС НУТГИЙН ЦАРЦДАСЫН ҮЕ ДАВХАРГУУДААР P ДОЛГИОН ТАРХАХ 1D ХУРДНЫ ЗАГВАРЫГ ТООЦОХ АРГАЧЛАЛ

P долгион нь S долгионтой харьцуулахад илүү тод эхлэлтэй харагддаг учраас ойрын газар хөдлөлтөөс бүртгэгдсэн P долгионы тархалтын хугацааг ашиглан Монгол орны бүс нутгийн царцдасын үе давхаргуудаар P долгион тархах 1D хурдны загварыг тооцно. Энд ажиглагдсан болон бүртгэгдсэн хугацаануудын зөрөө хамгийн бага байх шийдийг олохыг зорьдог (Томъёо 1).

$$RMS = \frac{\sum_{i=1}^n (t_{obs} - t_{calc})^2}{n} \quad (1)$$

Үүнд: t_{obs} - ажиглагдсан тархалтын хугацаа, t_{calc} - тооцоологдсон тархалтын хугацаа, n - ажиглалтын тоо

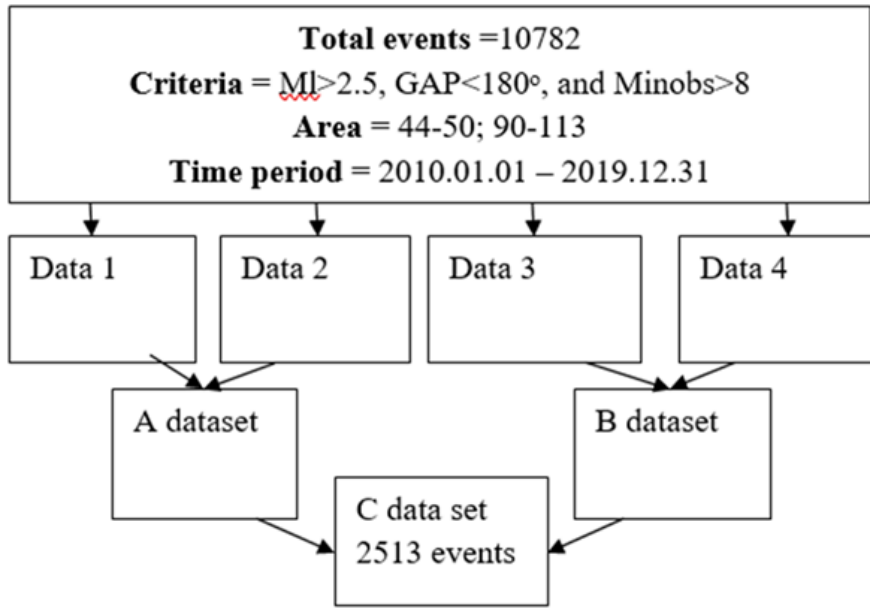
Simultaneous hypocenter velocity model inversion нь нэг хэмжээст хурдны загвар, станцын засварын утгуудаас хүчтэй шугаман бус хамааралтай ба шийдийн үнэнд ойр эсэхийг хянах чухал үзүүлэлтүүд нь газар хөдлөлтийн голомтын байрлалын тохируулгын коэффициент (adjustment), үе давхаргын хурдны тохируулгын коэффициент, станцын засварын тохируулгын коэффициент (Зураг 7), мөн давталт хоорондын RMS residual-ийн зөрөө бага байх зэрэг юм (Зураг 6). Нэг хэмжээст хурдны загвар, станцын засварын эцсийн

RMS residual нь бичлэгийн шуугианы түвшин, 3 хэмжээст орчны нөлөөг агуулж байдаг учраас уг нөлөө нь эцсийн RMS residual-д нөлөөлдөг.

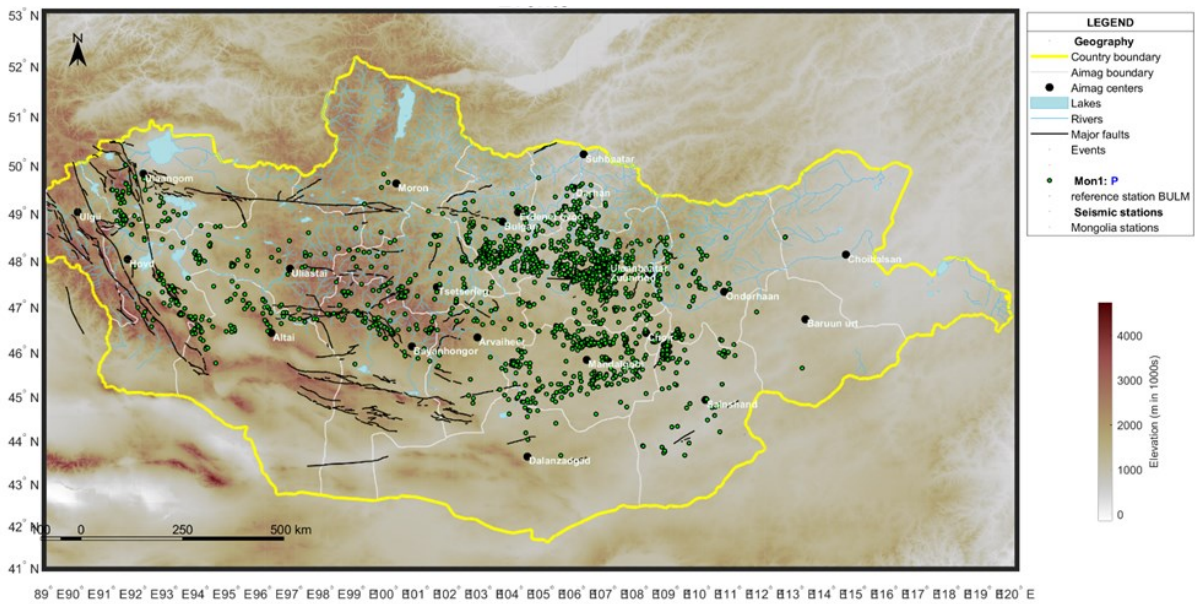
Нийт 4 мэдээллийн сан тус бүрийг ижил хурдны загвар өгч бусад оролтын параметруудийг ижил үед урвуу бодлого бодуулж, үр дүнд дүн шинжилгээ хийж, алдаатай фазууд, алдаатай тодорхойлогдсон хөдлөлтүүдийг илрүүлэн мэдээллийн сангаас хасаж, мэдээллийн сангуудыг 2, 2-оор нь нэгтгэн, төв хэсгээр $GAP < 110^\circ$, зах хэсгээр $GP < 160^\circ$ байхаар захын хөдлөлтүүдийг аль болох оролцуулахын тулд анхны шүүлтүүрээр нь авсан. Дээрх үйлдлийг 2 мэдээллийн сан дээр давтан хийж, мэдээллийг нэгтгэн мөн төв хэсгийн хөдлөлтүүдийг $GAP < 110^\circ$ байхаар шүүж эцсийн мэдээллийн сан болох 2513 (Зураг 2, Зураг 3) газар хөдлөлтийг сонгон авсан. Дээрх үйл явцын дунд царцдасын зузаан, Конрадын (царцдасын зузаан нь бараг тэнцүүхэн зузаантай 2 үе давхаргад хуваагддаг ба тэдгээрийн заагийг Конрад гэнэ) үеийн зузаан, тэдгээрийн хурд нь ихсэхээр тэмүүлж байна уу, багасгах хэрэгтэй гэж байна уу гэх мэтчилэн дүн шинжилгээ

хийж, дараагийн хурдны загварыг үүсгэх байдлаар үргэлжилж, эцэст нь Монгол орны бүс нутгийн доорх царцдасаар сейсм долгион тархах нэг хэмжээст хурдны загварыг гарган авдаг. Бодолтын үр дүнгийн жишээ зургуудыг тайлбартайгаар оруулав (Зураг 4 - Зураг 7). Давталт

хоорондын RMS-ийн өөрчлөлт, газар хөдлөлтийн эхэлсэн хугацаа (dot), уртраг (dx), өргөрөг (dy), гүний (dz) тохируулгын коэффициентууд, хурдны тохируулгын коэффициент зэргийн үр дүнгээс шийдээ олсон эсэхээ хянахад хялбар байдаг.



Зураг 2. Мэдээллийн сан бүрдүүлэлтийн тойм



Зураг 3. Монгол орны бүс нутгийн царцдасын үе давхаргуудаар P долгион тархах 1D хурдны загварыг тооцоолоход ашигласан 2513 ойрын газар хөдлөлтийн төвийн тархалт

```

Iteration nr 0 obtained:
DATVAR= 1.825304 mean sqrd residual= 1.568179 RMS RESIDUAL= 1.252270

After 0 iterations we got:
Average absolute & unweighted [and mean] residual of
33097 straight and direct rays = 0.50680 [ -0.01650]
38318 refracted rays = 1.15525 [ -0.32262]
0 reflected rays = 0.00000 [ 0.00000]

71415 ALL RAYS = 0.85473 [ -0.18075] 0.00 %

Events with | AVRES | > 1.0 SEC are suspicious !

ZERO events of this kind found! (lucky guy!!!)

~~~ check solution (better? worse?) ...

Iteration nr 1 obtained:
DATVAR= 0.217723 mean sqrd residual= 0.186227 RMS RESIDUAL= 0.431540

After 1 iterations we got:
Average absolute & unweighted [and mean] residual of
32980 straight and direct rays = 0.21589 [ 0.00015]
38435 refracted rays = 0.33605 [ 0.01637]
0 reflected rays = 0.00000 [ 0.00000]

71415 ALL RAYS = 0.28056 [ 0.00888] -67.18 %

~~~ iteration done; output results ...

eq ot x y z rms avres dot dx dy dz

```

Зураг 4. Шууд бодлогын үр дүн ба 1-р давталтын үр дүнд RMS нь 1,25-аас 0,43 болсон ба 32980 шулуун болон шууд долгионууд, 38435 хугарсан долгионууд тархсан ба хэмжигдсэн болон тооцоологдсон тархалтын хугацааны зөрөөний дундаж утгуудыг тооцож харуулсан байна. Нийт 71415 цацраг тооцоонд оролцсон.

```

Iteration nr 2 obtained:
DATVAR= 0.213744 mean sqrd residual= 0.182824 RMS RESIDUAL= 0.427579

After 2 iterations we got:
Average absolute & unweighted [and mean] residual of
32581 straight and direct rays = 0.20848 [ 0.00074]
38834 refracted rays = 0.33377 [ 0.01745]
0 reflected rays = 0.00000 [ 0.00000]

71415 ALL RAYS = 0.27661 [ 0.00983] -1.41 %

Events with | AVRES | > 1.0 SEC are suspicious !

ZERO events of this kind found! (lucky guy!!!)

~~~ check solution (better? worse?) ...

Iteration nr 3 obtained:
DATVAR= 0.213680 mean sqrd residual= 0.182769 RMS RESIDUAL= 0.427515

After 3 iterations we got:
Average absolute & unweighted [and mean] residual of
32233 straight and direct rays = 0.20717 [ 0.00353]
39182 refracted rays = 0.33276 [ 0.02178]
0 reflected rays = 0.00000 [ 0.00000]

71415 ALL RAYS = 0.27607 [ 0.01354] -0.19 %

~~~ iteration done; output results ...

eq ot x y z rms avres dot dx dy dz
1 52.63 732.59 160.14 8.61 0.36 0.00 0.097 0.552 0.830 1.102
2 42.87 834.06 208.68 15.41 0.11 -0.00 0.047 1.217 -0.113 2.003
3 23.18 441.83 112.45 2.40 0.08 -0.00 0.063 -0.561 -0.354 -0.304

```

Зураг 5. 2, 3-р давталтын үр дүнг харуулав. Дээрх зурагтай адил үр дүнгүүдийг үзүүлсэн ба хамгийн доод талд эхний 3 газар хөдлөлтийн бодолтын үр дүнгүүдийг хэвлэсэн байна. Coupled hypocenter velocity model problem-ийн шийдийг олоход давталт хоорондын RMS-ийн зөрөө бага байх нь чухал юм.

A V E R A G E of ADJUSTMENTS : 0.014 0.084 0.079 -0.428
 A V E R A G E of ABSOLUTE ADJUSTMENTS : 0.053 0.257 0.254 0.812

10 step length damping applied

Velocity adjustments:				dot	dx	dy	dz
v	dv	hp	reflector	0.199	0.203	0.186	1.437
Velocity model		1					
5.700	-0.000	-5.000		0.155	-0.264	0.179	5.000
6.091	-0.014	0.000		0.057	-0.664	-0.435	-0.340
6.371	-0.002	12.000		0.193	1.241	0.489	2.895
6.420	-0.008	30.000		0.125	0.172	0.970	0.869
7.753	0.023	50.000		-0.043	-0.238	0.304	-1.053
8.084	-0.003	70.000		-0.035	0.237	-0.039	-0.716
8.150	0.000	100.000					
8.250	0.000	200.000					

Calculation of average velocity starts at layer # 1
 z = -5.00 ... 0.00 v = 5.70 AVEL = 5.70 down to z = 0.00
 z = 0.00 ... 12.00 v = 6.09 AVEL = 5.98 down to z = 12.00
 z = 12.00 ... 30.00 v = 6.37 AVEL = 6.18 down to z = 30.00
 z = 30.00 ... 50.00 v = 6.42 AVEL = 6.27 down to z = 50.00
 z = 50.00 ... 70.00 v = 7.75 AVEL = 6.66 down to z = 70.00
 z = 70.00 ... 100.00 v = 8.08 AVEL = 7.07 down to z = 100.00
 z = 100.00 ... 200.00 v = 8.15 AVEL = 7.60 down to z = 200.00

Зураг 6. Зураг 6-ын үргэлжлэл бөгөөд баруун гар талд газар хөдлөлтийн эхэлсэн хугацаа (dot), уртраг (dx), өргөрөг (dy), гүний тохируулгын коэффициентуудыг (dz) буюу дундаж хазайлтыг тооцсон байна. Зүүн гар талд хурдны загварын үе бүрд хурд нь хэдэн км/с-ээр (dv) өөрчлөгдөж болохыг харуулсан байна. Доод хэсэгт тухайн үе давхарга хаанаас эхлээд хаана төгсөж буйг, мөн тухайн үе давхаргаар P долгион хэдэн км/с хурдтай тархахыг үзүүлсэн.

NHYP : nr of hypocenters in this layer
 NREF : nr of headwaves in this layer
 %len : % of "refracted km" in this layer
 with respect to all refracted kilometers
 NHIT : nr of rays passed thru this layer
 xy-km: average horizontal ray length [km] in layer
 z-km : average vertical ray length [km] in layer
 RFLX : number of reflections at bottom of this layer

nlay	top	bottom	velocity	NHYP	NREF	%len	NHIT	xy-km	z-km	RFLX
1	-5.00...	0.00 km	5.70 km/s	0	0	0.0	71415	2.5	1.5	0
2	0.00...	12.00 km	6.08 km/s	1484	0	0.0	94868	29.5	9.8	0
3	12.00...	30.00 km	6.37 km/s	870	** **	30.2	76084	61.0	10.8	0
4	30.00...	50.00 km	6.41 km/s	156	0	0.0	48749	27.2	19.0	0
5	50.00...	70.00 km	7.78 km/s	2	****	43.0	30840	133.3	9.5	0
6	70.00...	100.00 km	8.08 km/s	1	7307	26.8	7338	262.5	0.0	0
7	100.00...	200.00 km	8.15 km/s	0	0	0.0	0	0.0	0.0	0
8	200.00...	km	8.25 km/s	0	0	0.0	0	0.0	0.0	0

Total nr of events was 2513

Total nr of refracted rays = 39182
 Total nr of reflected rays = 0
 Total nr of other rays = 32233

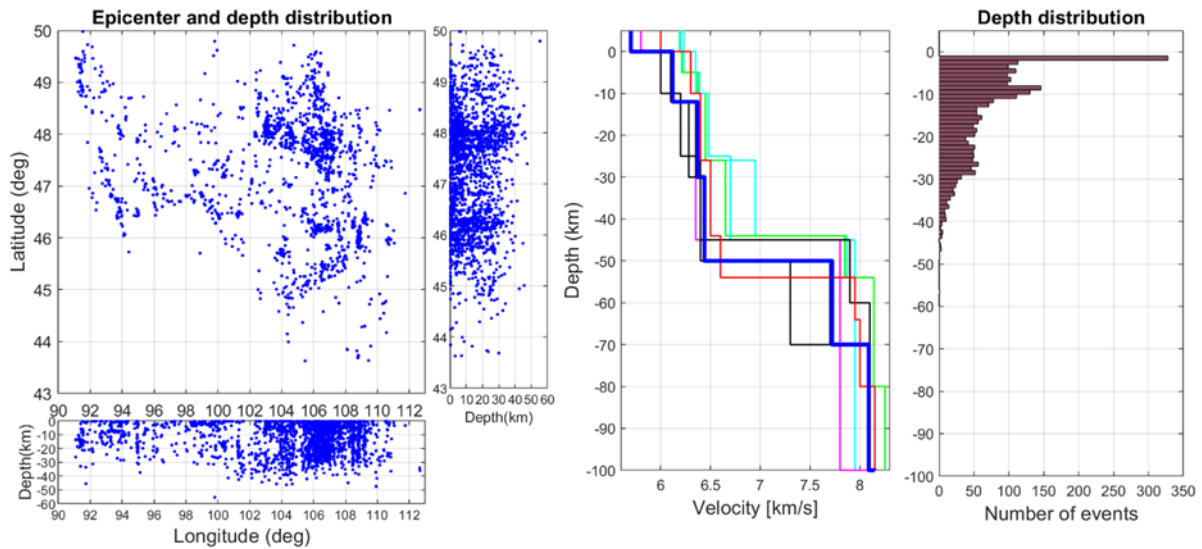
Total nr of all rays = 71415

Зураг 7. Хурдны загварын үе давхаргуудын зузаан, эдгээр үе давхаргуудаар P долгион тархах хурд, тухайн үе давхаргад болсон газар хөдлөлтийн голомтын тоо, үе давхаргуудын заагаар тархсан Pn цацрагийн тоо (тооны орон нь 4-өөс олон байгаад багтаагүй учир одоор тэмдэглэгдсэн байна), тухайн зааг дээр хугарсан долгион хэдэн км туулсан, тухайн үе давхаргаар дамжин өнгөрсөн цацрагуудын тоо, тухайн үеэр тархахдаа хэвтээ чиглэлийн дагуу хэдэн км, босоо чиглэлийн дагуу дунджаар хэдэн км тархсан зэргийг харуулсан байна.

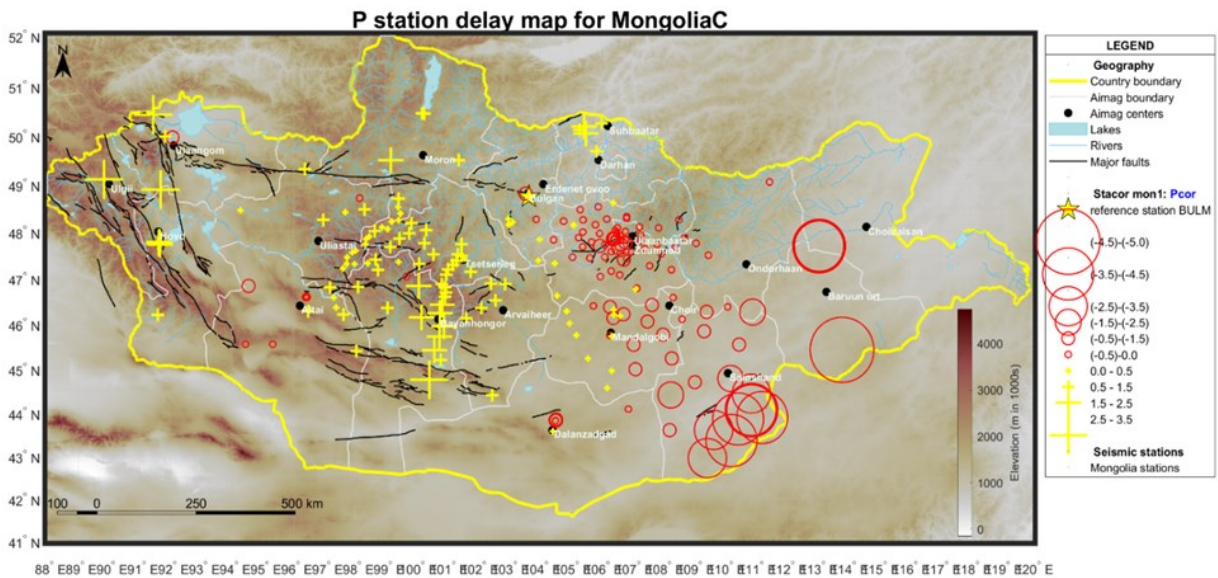
ҮР ДҮН

Шугаман бус coupled hypocenter-velocity problem-ын шийд болох дээрх тооцоологдсон үр дүнг харуулахын тулд 2513 газар хөдлөлтийн төвийн тархалтын зураг, хурдны загвар, гүний тархалтыг тус тус харууллаа (Зураг 8). Станцын засвар (Зураг 9) нь тухайн бүсээр сейсм долгион

тархах бодит орчны хурд нэг хэмжээст хурдны загвараас хэрхэн хазайж байгааг харуулдаг бөгөөд өнгөн хөрсний бүтэц газар газарт өөрчлөгдөх байдал болон чулуулгийн физик, химийн шинж чанараас ихээхэн хамаардаг (Kissling, E, 1995).



Зураг 8. Газар хөдлөлтийн төвийн тархалт, түүний гүнийг уртраг өргөргийн дагуу үзүүлсэн ба дунд нь хурдны загвар (тод цэнхэр өнгөөр тооцож гаргасан хурдны загвараа дүрсэлсэн ба бусад өнгөөр оролтын болон хурдны загвар хайх явцад үүссэн хурдны загваруудыг үзүүлсэн), төгсгөлд нь тухайн гүнд хэдэн газар хөдлөлт болсон тухай мэдээллийг харуулав.



Зураг 9. Станцын засварын зураг. + тэмдгээр станцын засварын эерэг утгууд буюу BULM станцтай харьцангуй долгион хоцорч ирж буйг илэрхийлэх ба улаан дугуй дүрсээр станцын засварын сөрөг утгыг илэрхийлсэн. Сөрөг утга нь зүүн талаас бидний хурдны загварт өгсөн хурднаас түрүүлж ирж байгааг илэрхийлдэг

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны ажлаар Монгол орны бүс нутгийн царцдасын үе давхаргуудаар Р долгион тархах 1D хурдны загвар нь царцдасаар сейсм долгион тархах хурдны загвар болон станцын засварын мэдээллүүдээс бүрддэг. Хурдны загварын хувьд олон мэдээллийн сан дээр зэрэг бодолт хийж, тэдгээрийг харьцуулж, дүн шинжилгээ хийх байдлаар шугаман бус coupled hypocenter-velocity problem-ын шийдийг гаргаж авсан. Газар хөдлөлтөөс тархан станцад бичигдсэн сейсм долгионы тархалтын хугацаа нь голомтоос станц хүртэлх цацрагийн замын дагуух цэг бүрийн хурд болон голомтын параметруудээс шугаман бус хамааралтай байдаг. Үүнийг coupled-hypocenter velocity model problem-гэж нэрлэдэг. Станцын засварын хувьд нэмэх, хасах утгууд нь

царцдасын зузааны өөрчлөлтийг тод харуулж байна. Мөн газар хөдлөлтийн байрлалын тогтворжилтын шалгалтын үр дүнд өргөрөг, уртраг, гүн тус бүр 1,4 км, 1,2 км, 2,8 км-ийн нарийвчлалтайгаар анхны байрлалдаа орсон. Нэг хэмжээст хурдны загвар нь 3 хэмжээст хурдны бүтцийг зураглахад анхдагч мэдээлэл болдог төдийгүй, Монгол орны бүс нутагт болсон газар хөдлөлтүүдийн голомтын байрлалыг өмнөхөөсөө илүү нарийн тодорхойлоход хэрэглэгдэх боломжтой юм. Монгол орны бүс нутгийн царцдасаар сейсм долгион тархах нэг хэмжээст хурдны загварыг гарган авсан аргачлалаа дэлгэрэнгүй тайлбарлалаа.

Цаашид тооцоолсон хурдны загварт тайлал хийх юм.

ТАЛАРХАЛ

Уг ажлыг гүйцэтгэх мэдээллийн санг бүрдүүлсэн ажлын хамт олон, эша С.Одбаяр, эша Ц.Баасанбат болон бодолтын үр дүнд тайлбар хэлж, зөвлөгөө

өгсөн Швейцар улсын ETH Цюрихын эрдэмтэн, профессор Эди Кисслинг нарт гүн талархал илэрхийлье.

ИШЛЭЛ

- C. Tiberi, A. J. (2008). Asthenospheric imprints on the lithosphere in Central Mongolia and Southern Siberia from a joint inversion of gravity and seismology (MOBAL experiment). *Geophys.J. Int*, 175, 1283-1297.
- Carole Petit, C. T. (2008). Teleseismic traveltimes, topography and the lithospheric structure across central Mongolia. *Geophysical research letters*, Vol.35, L11301.
- Crosson, R. S. (1976). Crustal structure modelling of earthquake data 1. Simultaneous Least Squares Estimation of Hypocenter and Velocity Parameters. *Journal of geophysical research*, 3037-3046.
- Jing He, Q. (2015). The crustal structure of south central Mongolia using receiver function. *Tectonics*, 1392-1403.

- Kissling E. (1994). Initial reference models in local earthquake tomography. *Journal of Geophysical Research*, 99, 19635-19646.
- Kissling E. (1988). Geotomography with local earthquake data. *Rev Geophysics*, 659-698.
- Kissling, E, K. U. (1995). VELEST User's Guide: Internal report 26, Institute of Geophysics, ETH, Zurich, Switzerland. *Institute of Geophysics and Swiss Seismological Service, ETH, Zurich*.
- Laske, G. M.-A.-d.-2. (2013). <https://igppweb.ucsd.edu/~gabi/crust1.html#download>.
- Maurer. V., E. K. (2010). Detection of systematic errors in travel time data using a minimum 1-D model: Application to Costa Rica seismic

- tomography,. *Bull.Seism.Soc. Am.*, 100., 629-639.
- Mordvinova V.V, A. T. (2007). Velocity structure of the lithosphere on the 2003 Mongolian-Baikal transect from SV waves. *Phys. Solid Earth*, 119-129.
- Sarantsetseg L., K. E. (2019). The calculation of minimum 1D P and S velocity models for the Hangay region, Mongolia. *Хүрэлтогоот-2019 эрдэм шинжилгээний хурлын эмхэтгэл, Одон Орон Судлах Оргил*, 9-18,.
- Welkey, J., Meltzer, A., Stachnik, J., Munkhuu, U., Tsagaan, B., & Russo, R. (2018). Intracontinental deformation and crustal structure: Hangay Dome, Central Mongolia. *AGU 2018 Fall Meeting*.
- Zorin, V. a. (1996). Thickness of the crust along the Irkutsk-Ulan-Bator-Undurshill profile from spectral ratios of body seismic waves. *Physics of the Solid Earth, English translation*, Vol.31, No.9.

METHODOLOGY TO CALCULATE P WAVE VELOCITY MODEL PROPAGATING THROUGH CRUSTAL LAYERS FOR MONGOLIA

L. Sarantsetseg

Seismological Department, Institute of Astronomy and Geophysics of MAS
sarantsetseg@iag.ac.mn

Abstract. The main goal of this work is to introduce the methodology to obtain minimum 1D P wave layered velocity structure for the territory of Mongolia. The minimum 1D velocity model plays an important role to locate the earthquake precisely, especially focal depths of the earthquakes. Totally, 271 stations are used for the calculation. Also, 10782 events with the magnitude- $M_l > 2.5$ within the area of $\varphi = 44^{\circ} - 50^{\circ}$; $\lambda = 90^{\circ} - 113^{\circ}$ in the period of 2010 and 2020 are selected and divided into 4 parts ordered by time and applied to search model space. VELEST software is applied to simultaneously invert P arrival times and to derive 1D P wave velocity model with station corrections for the territory of Mongolia. The velocity inversions are performed using 4 datasets including events which meet the criterion of $GAP < 180$ (gap of the station coverage) and observed at least 12 stations, including 71415 P wave observations recorded at Mongolian stations within 2010-2020. Minimum 1D velocity model is a solution for a coupled hypocenter and velocity model problem which solved by minimizing the difference between observed and calculated travel times simultaneously inverting hypocenter parameters, velocity model and station corrections for P arrivals. We obtained 8 layered P velocity model with station corrections for Mongolia. It is also examined with stability test shifting the locations along latitude, longitude and depths by 10 km. The derived minimum 1D velocity model can be used for routine high precision earthquake location and for tomography as an initial velocity model.

Keywords: *deep structure, crustal thickness, tomography*

УЛААНБААТАР ХОТ ОРЧМЫН АЭРОЗОЛЫН ЗАРИМ ОПТИК ПАРАМЕТРУУДИЙН ТҮГЭЛТ, ХАМААРЛЫГ СУДАЛСАН ДҮН (2017-2021)

Б.Түвшинжаргал^{1,3}, Ц.Баатарчулуун^{2,3,*}, Т.Нарангарав^{2,3}, Б.Жавзандолгор^{2,3}, Б.Даариймаа^{2,3}

ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэн

²МУИС, ШУС, БУС, Геологи, геофизикийн тэнхим

³МУИС, Ахисан түвшний сургууль, Агаар мандлын оптикийн хэмжилтийн лаборатори

**baatarchuluun@num.edu.mn*

Хураангуй. Энэхүү судалгааны ажлаар олон улсын Skynet сүлжээний Улаанбаатар станцад хэмжсэн 2017-2021 оны нарны шулуун цацрагийн хэмжилтийн утгуудыг ашиглан агаар мандлын аэрозолын оптик зузааны 5 жилийн явцыг харуулахаас гадна хэмжилтийн тухайн жилүүдэд аэрозолын оптик зузааны хамгийн их утгууд ажиглагдсан өдрүүдийг түүвэрлэн авч тухайн өдрүүдийн Ангстромын экспонентийг тодорхойлж, хавар болон зуны улиралд агаар мандалд дэгдсэн аэрозолын үүслийн шалтгааныг тайлбарлах оролдлого хийлээ.

Түлхүүр үгс: *Агаарын бохирдол, агаар мандлын аэрозол, аэрозолын оптик зузаан, Ангстромын экспонент*

ОРШИЛ

Монгол улсын нийслэл Улаанбаатар хот нь Хэнтийн нурууны баруун өмнөд хэсэгт Туул голын хөвөө болох Алтан тэвшийн хөндийд бүх талаараа уулсаар хүрээлэгдэн далайн төвшнөөс дээш 1350 метр өндөрт оршино. Улаанбаатар хотын нийт газар нутгийн хэмжээ нь 4700 км² бөгөөд энэхүү талбайд 1539810 сая хүн амьдарч байна. Энэ нь Монгол Улсын нийт хүн амын 45.9 хувь нь буюу 2 хүн тутмын нэг нь нийслэл хотод, тэр дундаа нийслэл хотын нийт хүн амын 95.2 хувь нь төвийн зургаан дүүрэгт суурьшиж байна (1212.mn, 2020). Энэхүү хэт төвлөрлийн улмаас Улаанбаатар хотод тулгамдаад байгаа гол асуудлын нэг бол агаарын бохирдол болоод байна. Агаарын бохирдлын 80% нь гэр хорооллын зуух болон ус халаах зуухнаас үүдэлтэй бөгөөд үлдсэн 10% нь авто замын хөдөлгөөнд оролцож буй тээврийн хэрэгсэл, 6% нь Дулааны цахилгаан станц (ДЦС), 4% нь ДЦС-ын үнсэн сан болон авто замаас дэгдэх тоосжилт, ил задгай

хаясан хог хаягдал болон бусад зүйлсээс бүрддэг гэж тооцоолсон байдаг (ЖАЙКА, 2021). Иймээс агаар мандлын бохирдолд нөлөөлөх гол хүчин зүйлийн нэг болох аэрозолын шинж чанар, түүний хувьсал өөрчлөлтийг судлах шаардлагатай юм.

Энэхүү судалгааны ажилд агаарын бохирдлын ажиглалт, хяналтын олон улсын Skynet сүлжээний Улаанбаатар станцын Skyradiometer POM-01 багажийн 2017-2022 он хүртэлх хугацаанд 10 минут тутамд хэмжсэн хэмжилтийн утгуудаар аэрозолын оптик зузаан (АОЗ)-ы 5 жилийн явцыг, мөн АОЗ-ы хамгийн өндөр утгуудтай өдрүүдийг түүвэрлэн авч тухайн өдрүүдийн Ангстромын экспонентийг тодорхойлсон ба тухайн хугацаан дахь Улаанбаатар хотын агаарын бохирдлын төлөв байдлыг үнэлэх, өөрчлөлт хувьслын зүй тогтлыг байгаль, нийгмийн зарим хүчин зүйлстэй холбон тайлбарлах оролдлого хийлээ.

СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Skynet сүлжээний Skyradiometer POM -01 багажийг Монгол Улсын Их

Сургуулийн Геологи, геофизикийн тэнхимийн Агаар мандлын оптикийн хэмжилтийн лабораторид 2013 оны 9-р сард суурилуулан судалгааны ажил эхлүүлсэн (Б.Ганбат, 2017). Энэхүү багаж нь нарны шулуун цацрагийн хэмжилтийг долгионы уртын 400 нм, 500 нм, 675 нм, 870 нм, 1020 нм утгуудад хэмжих бөгөөд хэмжилтийн утгуудаар агаарын бохирдлыг илэрхийлэх гол оптик параметрууд болох аэрозолын спектраль оптик зузаан, Ангстромын экспонент, аэрозолын эзлэхүүн түгэлт, нэг сарнилын альбеда зэргийг тодорхойлох боломжтой юм.

Аэрозолын оптик зузаан:

Дэлхийн агаар мандлыг нэвтрэн ирж буй нарны шулуун цацрагийн эрчим агаар мандалд дахь аэрозолын улмаас сулрах хэмжээг АОЗ илэрхийлнэ. АОЗ-ы утга нь орон зай болон цаг хугацааны хувьд өөрчлөгдөж байдаг хэмжигдэхүүн бөгөөд агаар мандал дахь байгалийн болон хүний үйл ажиллагааны гаралтай аэрозолын хэмжээг үнэлэх гол параметр юм (Ц.Баатарчулуун, 2019).

Агаар мандал дахь нарны цацрагийн эрчмийн сулралын хууль буюу Буге-Ламбертийн хуулиас агаар мандлын оптик зузааныг илэрхийлж бичвэл:

$$\tau_{\lambda} = -\frac{1}{m(n_{\oplus})} \ln\left(\frac{I_{\lambda}}{I_{\lambda_0}}\right) = \frac{1}{m(n_{\oplus})} \ln\left(\frac{I_{\lambda_0}}{I_{\lambda}}\right) \quad (1)$$

болно.

Энд: I_{λ_0} нь спектрийн тухайн мужид агаар мандлын гаднах хилд ирж байгаа нарны шулуун цацрагийн утга, I_{λ} нь спектрийн тухайн муж дахь нарны шулуун цацрагийн хэмжсэн утга, m нь нарны тухайн өндөрт харгалзах агаарын массын утга.

Агаар мандлын ерөнхий оптик зузааныг дараах хэлбэрээр буюу оптик зузаануудын нийлбэр байдлаар илэрхийлж болно.

$$\tau_{\lambda} = \tau_{\alpha}(\lambda) + \tau_R(\lambda) + \tau_{O_3}(\lambda) + \tau_{mg}(\lambda) + \tau_{pw}(\lambda) \quad (2)$$

Үүнд: $\tau_{\alpha}(\lambda)$ -аэрозолын, $\tau_R(\lambda)$ -релейн

сарнилын, $\tau_{O_3}(\lambda)$ -озоны, $\tau_{mg}(\lambda)$ -холимог хийн, $\tau_{pw}(\lambda)$ - усны уурын оптик зузаан тус тус болно. (1) болон (2) томъёоноос аэрозолын оптик зузааныг тодорхойлбол дараах хэлбэртэй олдоно (R.M.Goody, 1989), (John M.Wallace, 2006).

$$\tau_{\alpha}(\lambda) = -\frac{1}{m(n_{\oplus})} (\ln I_{\lambda_0} - \ln I_{\lambda}) - (\tau_R(\lambda) + \tau_{O_3}(\lambda) + \tau_{mg}(\lambda) + \tau_{pw}(\lambda)) \quad (3)$$

Ангстромын экспонент:

Шведийн физикч Андерс К.Ангстром аэрозолын оптик зузаан нь гэрлийн долгионы уртаас зэрэгт хуулиар хамаардаг болохыг тогтоосон бөгөөд энэхүү хамаарлыг тодорхойлох параметрийг Ангстромын экспонент (Ангстромын илтгэгч) хэмээн нэрлэдэг.

Ангстромын экспонентийг спектрийн тухайн муж дахь аэрозолын оптик зузааныг жишиг болгон сонгон авсан өөр нэг долгионы уртад харгалзах аэрозолын оптик зузаанд харьцуулсан харьцааг ашиглан тодорхойлдог (Gregory L. Schuster, 2006).

$$\frac{\tau_{\lambda}}{\tau_{\lambda_0}} = \left(\frac{\lambda}{\lambda_0}\right)^{-\alpha} \quad (4)$$

Энд: τ_{λ} нь λ долгионы уртад

харгалзах аэрозолын оптик зузаан, τ_{λ_0} нь жишиг болгон сонгосон λ_0 долгионы уртад харгалзах аэрозолын оптик зузаан,

α нь Ангстромын экспонент. Энэ илэрхийллээс Ангстромын экспонент α -г тодорхойлбол:

$$\alpha = \frac{\ln \frac{\tau_{\lambda}}{\tau_{\lambda_0}}}{\ln \frac{\lambda}{\lambda_0}} \quad (5)$$

болно.

Энэхүү параметр нь тухайн ажиглалт, судалгаа хийж буй бүс нутгийн агаар мандалд агуулагдаж буй аэрозолын шугаман хэмжээтэй урвуу хамааралтай бөгөөд Ангстромын экспонентийн их утга нь тухайн агаар мандал дахь аэрозолын

хэмжээс харьцангуй жижиг байгааг, харин бага утга нь тухайн агаар мандалд харьцангуй том хэмжээст аэрозол голчлон

түгж буйг тус тус илтгэдэг (Kirti Soni, 2011).

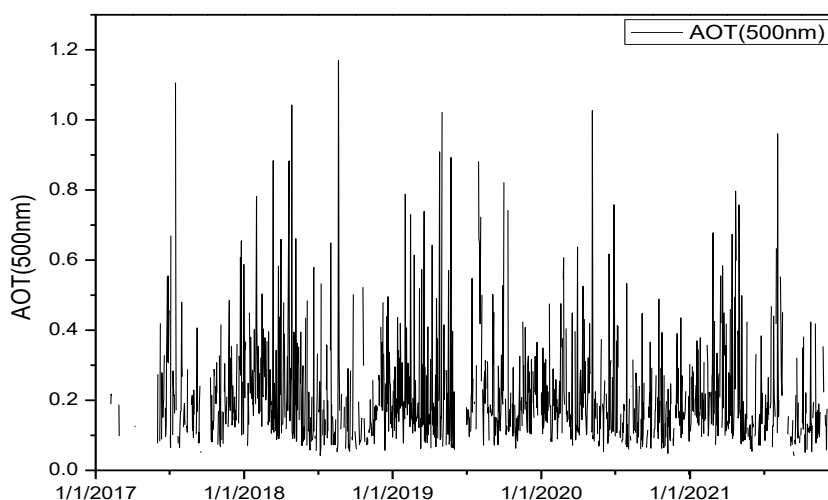
ХЭМЖИЛТ, СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Судалгааны ажлын хүрээнд Skynet сүлжээний Улаанбаатар станцын Skyradiometer POM-01 багажаар 500нм долгионы уртад хэмжсэн нарны шулуун цацрагийн 2017-2021 оны 10 минут тутамд хэмжсэн хэмжилтийн материалыг ашиглан Улаанбаатар хот орчмын агаар мандлынаэрозолын оптик зузааны 5 жилийн явцыг харуулснаас гадна оптик зузааны огцом өсөлтүүдийн шалтгааныг тайлбарлах оролдлого хийлээ. Ингэхдээ өдөрт 5 болон түүнээс дээш хэмжилттэй өдрүүдийн хэмжилтийг авч судалгаанд ашиглав. Мөн хэт өндөр АОЗ утга авсан буюу дэгс алдаатай байж болохуйц хэмжилтүүдийг хассан болно. Агаар мандлын аэрозолын оптик зузааны өдөр тус бүрийн дундаж утгуудаар 5 жилийн явцыг байгуулан зураг 1-т харуулав. Дээрх графикаас харахад аэрозолын оптик зузааны жилийн явц нь 1-р сараас эхлэн аажим буурсаар зуны саруудад бага утгадаа

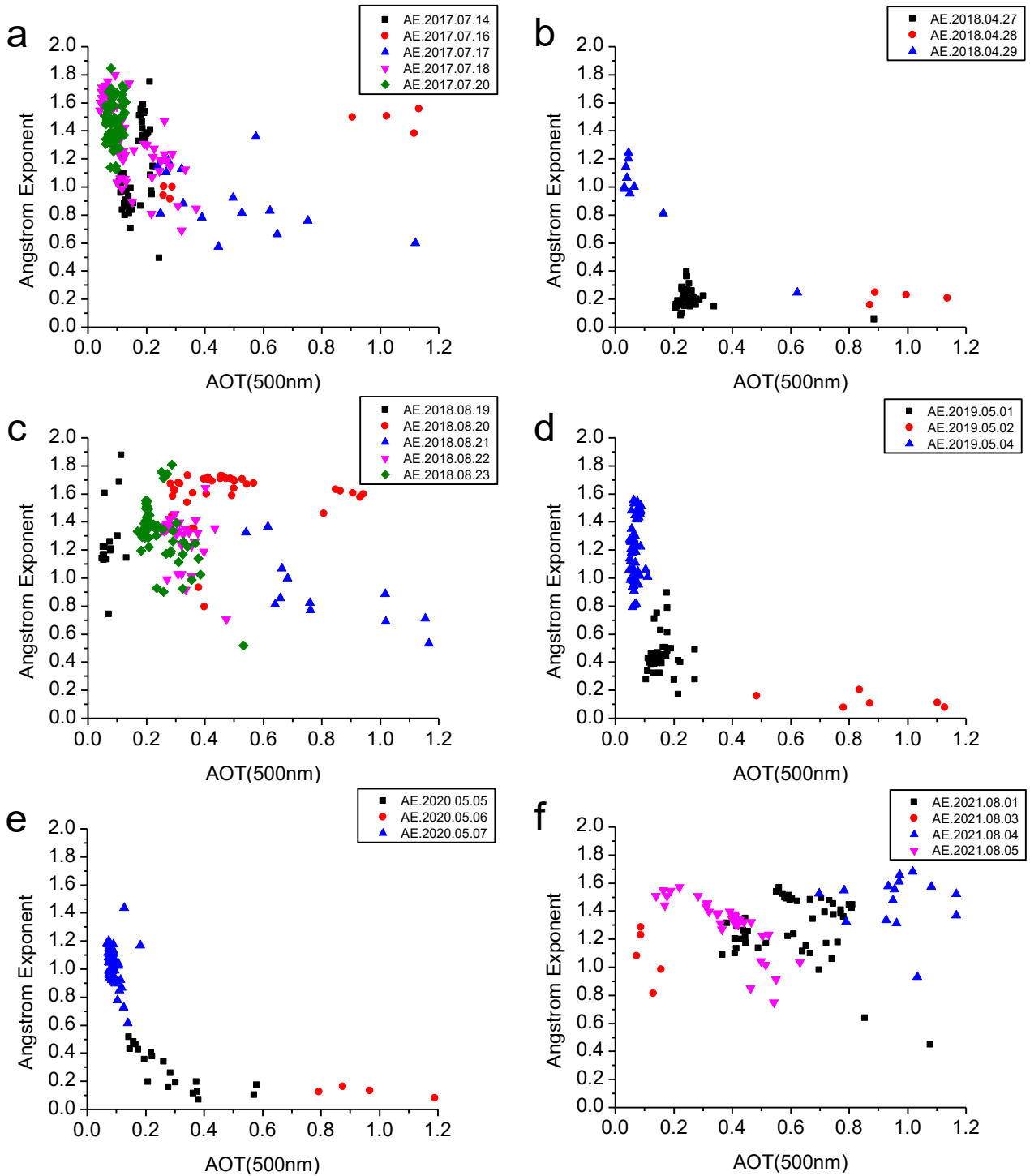
хүрч түүнээс цааш жилийн эцэс хүртэл өсдөг ерөнхий дүр зураг ажиглагдаж байна. Энэ нь өвлийн улиралд гэр хорооллын галлагаанаас үүдэлтэйгээр аэрозолын оптик зузаан ихэсдэгээр тайлбарлагдана (Ц.Баатарчулуун., 2015), (Л.Бадрах, 2015).

Хэдийгээр зуны саруудад аэрозолын оптик зузааны дундаж утга жилийн хамгийн бага утгадаа хүрдэг ерөнхий зүй тогтол ажиглагдаж байгаа боловч зарим тохиолдолд тухайн жилийн хэмжилтийн хамгийн их өндөр утгууд зуны улиралд ажиглагдсан нь сонирхол татаж байна.

Тиймээс хамгийн их утга авсан хэмжилт бүхий өдрүүдийг түүвэрлэн авч шалтгааныг нь тодорхойлох оролдлого хийв. Үүний тулд тухайн түүвэрлэсэн өдрүүдийн хэмжилтээр 500нм долгионы муж дахь АОЗ болон Ангстромын экспонентийн хамаарлын графикуудыг байгуулан зураг 2 (a, b, c, d, e, f)-т харуулав.



Зураг 1. Агаар мандлын аэрозолын оптик зузааны 5 жилийн явцыг 500 нм долгионы уртад тодорхойлсон байдал



Зураг 2. Аэрозолийн оптик зузааны өндөр утгуудад харгалзах өдрүүдийн Ангстромын экспонентийг тодорхойлсон байдал

Дээрх зургаас харахад Ангстромын экспонентийн утга нь зуны буюу VI-VIII саруудад харьцангуй их утгатай байгаа нь (Зураг 2.a, 2.c, 2.f) тухайн үед агаар мандалд агуулагдах аэрозолийн хэмжээ нь жижиг буюу био масс шатааснаас үүдэлтэй болох нь харагдаж байна, харин хаврын саруудад Ангстромын экспонентийн утга

нь харьцангуй бага байгаа нь (Зураг 2.b, 2.d, 2.e) тухайн улиралд хуурайшилтын улмаас салхи шуурганаас үүдэлтэй агаар мандалд шороо тоос бүхий том ширхэгтэй аэрозол давамгайлж байгааг харуулж байна.

Зуны улиралд Улаанбаатар хот орчмын агаар мандлын АОЗ-ыг ихэсгэж

байгаа хүчин зүйл нь био масс шатааснаас үүдэлтэй утаа байгааг бид тодорхойлсон. Тиймээс энэ өдрүүдийн талаар цахимаар хайлт хийж үзэхэд тухайн өдрүүдийн ихэнхэд нь хот түймрийн утаатай байгаа тухай мэдээллүүд олдож байна. Харин

ДҮГНЭЛТ

2017-2022 он хүртэлх хийсэн нарны шулуун цацрагийн хэмжилтээр тодорхойлсон Улаанбаатар хот орчмын агаар мандлын аэрозолын оптик зузааны түгэлтийн байдалд дараах дүгнэлтүүдийг хийв. Үүнд:

Улаанбаатар хот орчмын агаар мандлын аэрозолын оптик зузааны утга нь өвлийн улиралд ихсэж, зуны улиралд буурах ерөнхий зүй тогтолтой боловч зарим үед хавар болон зуны улиралд өссөн нь ажиглагдсан. Энэхүү өсөлтийн шалтгааныг Ангстромын экспонентийн

ТАЛАРХАЛ

Энэхүү судалгааны ажлыг МУИС-ийн Ахисан Түвшний Сургуулийн Агаар мандлын оптикийн хэмжилтийн лабораторийн судалгааны туслахаар ажиллуулах 2022 оны 04 сарын 04 өдрийн

НОМ ЗҮЙ

- 1212.mn. (2020). *Хүн ам, орон сууцны 2020 оны улсын ээлжит тооллогын нийслэлийн нэгдсэн дүн /хураангуй/*. Статистикийн мэдээллийн нэгдсэн сан, Улаанбаатар.
- Gregory L. Schuster, O. D. (2006). Angstrom exponent and bimodal aerosol size. *J. Geoph.Res.*, 111.
- John M.Wallace, P. V. (2006). *Atmospheric science* (Second ed.). Washington.
- Kirti Soni, S. S. (2011). Wavelength Dependence of the Aerosol Angstrom Exponent and Its Implications Over Delhi, India. *Aerosol Science and Technology*, 1488-1498.
- R.M.Goody, Y. (1989). *Atmospheric Radiation* (Second ed.). New York:

хаврын улирал дахь АОЗ-ы их утгуудад харгалзах өдрийн мэдээлэл олдоогүй бөгөөд тухайн сард болсон шороон шуургатай өдрүүдийн тоо статистикийн мэдээллийн нэгдсэн санд олдож байна.

утгаар тодорхойлох боломжтой.

2017-2021 онуудын хувьд хавар болон зуны улиралд ажиглагдсан АОЗ-ы их утгуудад харгалзах Ангстромын экспонентийн утгуудаас харахад дээрх онуудад зуны улиралд Улаанбаатар хот орчмын агаар мандалд түймрийн утаанаас үүсэлтэй жижиг ширхэгт аэрозол давамгайлсан бол хаврын улиралд том ширхэгт аэрозол буюу салхи шуурганы улмаас агаар мандалд дэгдэх шороо тоосны хэмжээ бусад улирлынхаас харьцангуй их байна.

дугаар 01 гэрээний дагуу “Улаанбаатар хот орчмын агаар мандлын оптик төлөвийн судалгаа” сэдэвт ажлын хүрээнд хийж гүйцэтгэв.

Oxford Univ. Press.

- Б.Ганбат, Ц. Т. (2017). Улаанбаатар хот орчмын агаар мандлын бохирдлын оптик параметруудийг өвлийн улиралд болон түймрийн утаатай байх хугацаанд харьцуулан судалсан дүн. *Физик сэтгүүл*, 24 (468), 42-48.
- ЖАЙКА. (2021). *Монгол улс Улаанбаатар хотын хүрээлэн буй орчны дэд бүтцийг хөгжүүлэх суурь судалгаа*. Тайлан, Си Ти Ай Инженеринг Интернэйшнл ХК Сүүри Кэйкакү ХК ТЕК Интернэйшнл ХК, Улаанбаатар.
- Л.Бадрах, Ц. Б. (2015). Улаанбаатар хот орчмын агаар мандлын зарим оптик

параметруудийг тодорхойлсон дүн.
Физик сэтгүүл, 19(425), 59-62.
Ц.Баатарчулуун, Г. Б. (2019). Улаабаатар хотын агаарын бохирдлыг илэрхийлэгч зарим оптик параметруудийн жилийн явцын судалгаа. *Физик сэтгүүл*, 28(510), 56

-61.

Ц.Баатарчулуун. (2015). "Агаар мандалд явагдах оптик үзэгдлийн судалгаа" суурь судалгааны төслийн тайлан (2012-2014). Улаанбаатар.

RESULTS OF DISTRIBUTION AND RELEVANCE OF SOME OPTICAL PARAMETERS OF AEROSOLS IN ULAANBAATAR (2017-2021)

Tuvshinjargal B.^{1,3}, Baatarchuluun Ts.^{2,3,*}, Narangarav T.^{2,3}, Javzandolgor B.^{2,3}, Daariimaa B.^{2,3}

¹*Institute of Astronomy and Geophysics, Mongolian Academy of Sciences*

²*Department of Geology and Geophysics, School of Arts and Sciences, National University of Mongolia*

³*Laboratory of Atmospheric Optics, Graduate School, National University of Mongolia*

*baatarchuluun@num.edu.mn

Abstract. In this work, the 5-year progress of the atmospheric aerosol optical thickness (AOT) is shown using the measured values of the direct solar radiation between 2017-2021 at the Ulaanbaatar station of the International Skynet network. It is observed that the values of the aerosol optical thickness increase in the winter and decrease in the summer in Ulaanbaatar. But, in some days in the spring and summer between 2017-2022, the atmospheric optical thickness has high values. Therefore, we have determined the ratio of Angstrom exponent and atmospheric optical thickness to explain the causes of aerosols evolved in the atmosphere in summer and spring in Ulaanbaatar.

Keywords: Air pollution, atmospheric aerosols, aerosol optical thickness, Angstrom exponent

НАРНЫ ИДЭВХЖИЛ БА ГАЗАР ХӨДЛӨЛТ: ВЕЙВЛЕТ АНАЛИЗЫН СУДАЛГАА

Б.Батбаяр*, Д.Батмөнх

ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэн, Одон орон судлах оргил

*batbayar@iag.ac.mn

Хураангуй. Нарны идэвхжилийн 1700-2021 оны Вольфын тоо болон газар хөдлөлтийн 1970-2019 оны нийт тоонд вейвлет анализ хийж далайц ихтэй үндсэн үеүд болон тэдгээрийн хугацааны хувьслыг тодорхойлов. Нарны толбоны Вольфын тооны 11-жил, 53-жил болон 101-жилийн үеүдийн далайц сүүлийн жилүүдэд ойролцоо түвшинд хүрч, гэхдээ 11-жилийнх буурах, бусад нь бага зэрэг өсөх хандлагатай байна. Газар хөдлөлтийн 1970-2019 оны жилийн тоонд хийсэн вейвлет анализаар, ойролцоогоор 23-жил, 46-жилийн үе далайц ихтэй тодорхойлогдсон байна. Мөн эдгээр үеүдийн хугацааны хувьсал өөрчлөлтийг тодорхойлж Нарны соронзон орны туйлын 22-жилийн циклтэй шүтэлцээтэй байгааг харуулсан байна.

Түлхүүр үгс: Нар; Идэвхжилийн цикл; Дэлхий: газар хөдлөлтийн тоо; Вейвлет анализ

ОРШИЛ

Дэлхийн газар нутагт болсон хүчтэй газар хөдлөлтийн тархалт Пуассон тархалтаас өөр байгаа нь гадаад болон дотоод томоохон хүчин зүйлс газар хөдлөлтийн үйл явцад нөлөөлж байгаатай холбоотой гэж үздэг. Тэдгээр хүчин зүйлсийн нэг нь Нарны идэвхжилийн цикл (идэвхт үзэгдлүүд, нарны салхи, титмийн масс шидэлт), түүний Дэлхийд үзүүлэх нөлөө юм.

Газар хөдлөлтийн идэвхжилтийн үйл явцад Нарны идэвхжил нөлөөлж болохыг харуулсан нэлээд тооны ажил байдаг. Тухайлбал, (Tavares, 2011) ажилд нарны цикл болон газар хөдлөлтийн өгөгдөлд статистик анализ хийж хүчтэй газар хөдлөлтийн тоо нь нарны идэвхжилийн максимум үед ихсэж байгааг харуулсан бол (Patricia, 2016) ажилд Чили улсын нутаг дэвсгэр орчимд болсон хүчтэй газар хөдлөлт ($M \geq 7$) болон нарны идэвхжилийн цикл зэрэгт вейвлет анализ хийж ойролцоогоор 8-12 жилийн үе хоёуланд нь ажиглагдаж байна гэж үзжээ. (Vito Marchitelli, 2020) ажилд SOHO станцын 20 жилийн Нарны салхины өгөгдөл болон газар хөдлөлтийн ISC-GEM каталог

ашиглан тэдгээр хоорондын шүтэлцээг тодорхойлж өндөр хамааралтай болохыг тодорхойлжээ.

Мөн түүнчлэн (Yanchukovsky, 2021) ажилд нарны идэвхжилийн фаз буурах үед титмийн нүхнээс гарах цэнэгт бөөмс болон сансрын туяа ихсэх бөгөөд энэ үед хүчтэй газар хөдлөлтийн тоо ихсэж байна гэж статистик боловсруулалтдаа тулгуурлан дүгнэжээ. (Сергеева, 2014) ажилд урт хугацааны Вольфын тоо, газар хөдлөлтийн энергийн (1705-2012 он) өгөгдлийг байгуулан вейвлет анализ хийж 100 жилийн үе хоёуланд байгаа боловч максимум минимум утгууд нь давхцахгүй, хугацааны хувьд 3 жилийн шилжилттэй, корреляцийн коэффициент $-0,78$ байна гэж тодорхойлжээ. Эдгээр болон бусад ажлуудын Нарны идэвхжил, газар хөдлөлтийн холбооны талаарх дүгнэлт нь ашиглаж байгаа параметр болон ажиглалтын хугацаа зэргээс хамаарахыг харуулж байгаа боловч шүтэлцээ холбоотой болохыг ерөнхийд нь өгүүлж байна.

Нарны идэвхжилийн циклийн хувьд 11 жил, 53 ба 101 жилийн үндсэн үе байдаг

нь олон судалгаагаар батлагдсан байдаг (Gui-Ming Le, 2003; Kasde, 2017).

Бид энэхүү өгүүлэлд Вольфын тоо (1700-2021 он) болон газар хөдлөлтийн

ҮНДСЭН ӨГӨГДЛҮҮД

Нарны идэвхжилийг илэрхийлэгч нэг үзүүлэлт бол нарны толбоны тоо, эсвэл түүний талбайн хэмжээ буюу Вольфын тоо юм. Вольфын тоон жилийн дундаж утгуудыг (1700-2021 он) <https://www.sidc.be/silso/> сайтаас авав.

1970-2019 оны газар хөдлөлтийн жилийн тоог (Yanchukovsky, 2021) ажлаас авсан бөгөөд нэгдүгээр зурагт түүнийг үзүүлэв.

тооны (1970-2019он) хугацааны цуваанд вейвлет анализ хийж зарим үр дүнг харьцуулав.



Зураг 1. Газар хөдлөлтийн тоон өөрчлөлт (1970-2019). (Yanchukovsky, 2021) ажлаас авав.

ХЭРЭГЛЭСЭН АРГА

Вейвлет хувиргалт нь хугацаанаас хамааран хувьсдаг, олон хүчин зүйлсийн нийлмэл бүтэцтэй хугацааны цувааг боловсруулахад өргөн ашигладаг гол арга.

$(x_n, n = 1, \dots, N)$ дарааллын хувьд тасралтгүй вейвлет хувиргалтыг дараах тооцооллын хэлбэрт оруулан бичиж болно (Torrence, 1998).

$$W_n(s) = \sum_{n'=0}^{N-1} x_{n'} \psi^* \left[\frac{(n' - n)\delta t}{s} \right],$$

ҮР ДҮН БА ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Нарны толбоны тоонд (1700-2021 он) хийсэн тооцоолол нь (Gui-Ming, 2003) өмнөх ажлын үр дүнтэй сайн тохирч байна, өөрөөр хэлбэл, 11 жил, 53 жил ба 101 жилийн үндсэн үеүд тодорхой ялгарч байна (Зураг 2). Сүүлийн 20 жилийн утгыг нэмж тооцоолоход 11 жилийн үеийн далайц улам суларч бусад үеүд чангарах хандлага ажиглагдав. Энэ нь нарны идэвхжилийн 25-р цикл ихээхэн сулавтар эрчимтэй байхыг харуулж байна. 2-р зурагт эдгээр гурван үет процессын хугацаанаас хамаарах хувьслыг толбоны жилийн дундаж утгын муруйтай давхцуулан үзүүлэв. Эндээс

энд ψ^* -вейвлет функцын комплекс хосмог, s -вейвлет хуваарь, $|W_n(s)|^2$ -глобал вейвлет чадал. Морлет вейвлет функцийг ашигласан.

Вейвлет хувиргалтыг тооцоолох программыг (Wavelet software, 1998) ажил буюу дараах сайтаас авч Нарны Вольф тоо болон газар хөдлөлтийн тоон өгөгдлийг боловсруулахад хэрэглэв.

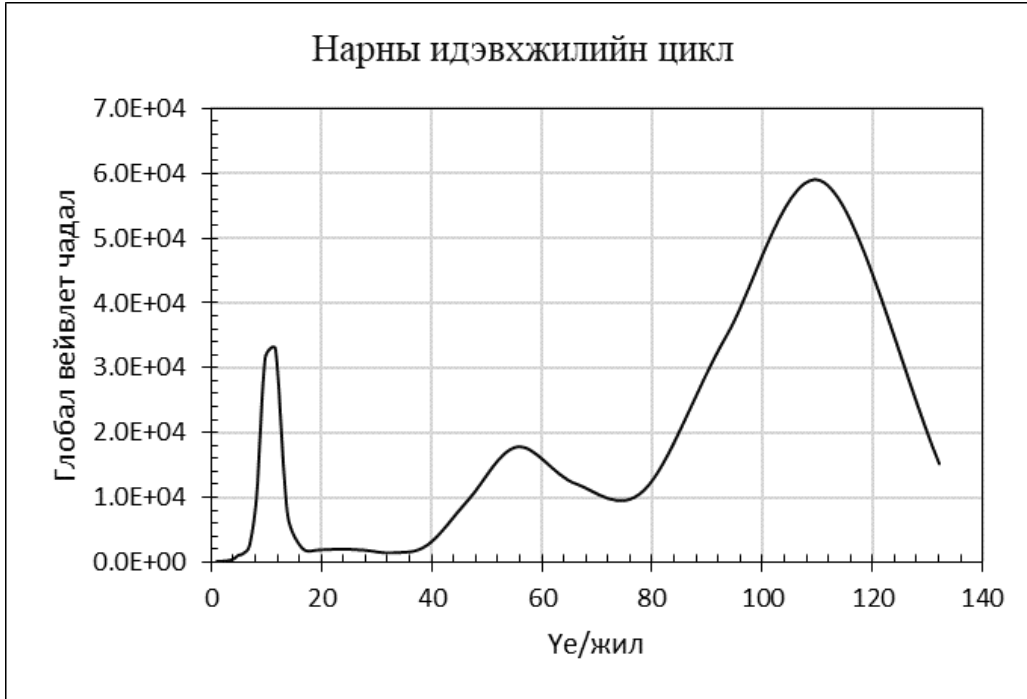
<http://atoc.colorado.edu/research/wavelets/>.

харахад эдгээр гурван үеүд ажиглалтын өгөгдлийг сайн дүрсэлж байгаагаас гадна 2012 оноос хойш бүгд чадлаараа адил түвшинд очсон байна. (Mursula, 2002) ажилд нарны толбоны идэвхжилд 22-жилийн үе тогтвортой ажиглагдаж байгааг дурджээ. Энэ нь 22-жилийн соронзон динамо циклтэй холбоотой гэж үзжээ.

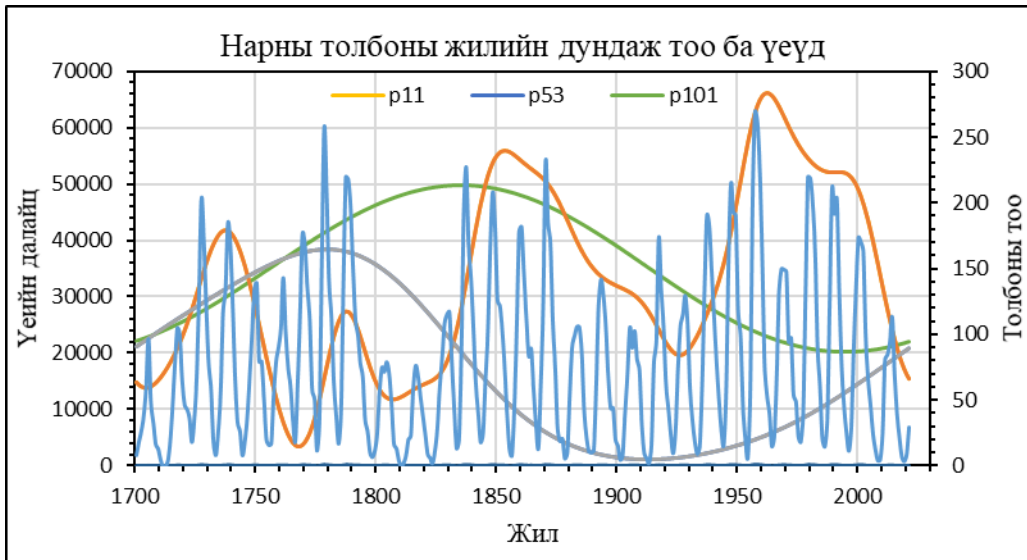
Энэхүү үе нь бидний тооцоонд маш сул байдлаар илэрч байна. (Кнааск, 2005) ажилд соронзон орны 22-жилийн цикл байгааг нотолсноос гадна 2.5-1.2 жилийн хэд хэдэн богино үеүд байгааг харуулсан байдаг. Нарны ерөнхий соронзон орны

туйлууд 22 жилийн үетэйгээр нэг бүтэн цикл хийдэг нь ажиглалт болон онолын загвараар тайлбарлагдсан зүйл юм

(Бэбкока-Лейтон нарын загвар) (Babcock, 1961).



Зураг 2. Нарны толбоны 1700-2021 оны жилийн дундаж утгаар тодорхойлсон Глобал Вейвлет Чадлын (ГВЧ) спектр буюу үндсэн үеүд



Зураг 3. 11 жил, 53 ба 101 жилийн үет процессын эрчим буюу далайцын хугацаанаас хамаарах хувьсал. Эдгээрийг 1700-2020 оны толбоны тоон өөрчлөлтэй харьцуулсан байдал

1-р зурагт үзүүлсэн газар хөдлөлтийн өгөгдөлд вейвлет анализ хийж ГВЧ (Глобал Вейвлет Чадал) тодорхойлсныг 4-р зургаар үзүүлэв. Тооцооны дүнд ойролцоогоор ~23 ба 46 жилийн үе илэрхий ажиглагдаж байна. Эдгээр үеүдийн хугацааны хувьслын чадал 1970 оноос буурсаар 1991 он орчимд минимум утгад хүрч дахин ихсэж 2015 он хүрээд (зураг 5-т хөх өнгийн муруй) дахин буурах хандлагатай байна. Өөрөөр хэлбэл, 22-23 жилийн үеийн далайц

(амплитуд) максимумаас минимумд ойролцоогоор 22 жилийн зай буюу 2 бүтэн 11-жилийн үе, мөн нарны ерөнхий соронзон орны туйлын нэг удаагийн бүтэн циклтэй тохирч байна гэсэн үг. Ийнхүү газар хөдлөлтийн ~23-жилийн үе нь Нарны соронзон динамо цикл болон нарны толбоны идэвхжилийн 22-жилийн үетэй алдааны хүрээнд тохирч байгаа нь газар хөдлөлтийг өдөөх гадаад хүчний нэг байх магадлалтай юм.



Зураг 4. Газар хөдлөлтийн 1970-2019 оны жилийн утгаар тодорхойлсон ГВЧ спектр. Хоёр үе (ойролцоогоор 23 ба 46 жил) илэрхий ялгарч байна.



Зураг 5. 1- 23 жилийн үеийн хугацааны хувьсал. 2- Вольф тоо буюу Нарны идэвхжилийн цикл

Нарны идэвхжил болон газар хөдлөлтийн идэвхжил (1970-2019 он) хоорондын корреляци коэффициент $r \approx -0.37$ байгаа бол (Сергеева, 2014) ажилд урт хугацааны ажиглалтаар $r \approx -0.78$ гарсан байна. Энэхүү ялгаа нь хугацааны дараалал

ДҮГНЭЛТ

1. 1700-2021 оны Нарны идэвхжилийн циклд вейвлет анализ хийж үндсэн үеүд болох 11-жил, 53- жил болон 101-жилийн үеүдийг ялган тэдгээрийн хугацаанаас хамаарах хувьслыг тодорхойлов. Эдгээр үеүдийн далайц сүүлийн жилд ижил түвшинд байгаагаас гадна 11-жилийн үеийн эрчим буурах, бусад нь өсөх хандлагатай байгаа нь 25-р циклийн далайц сулавтар өмнөх циклийн түвшинд байх магадлалтай юм.
2. 1970-2019 оны 50 жилийн газар хөдлөлтийн тоонд Нарны толбоны адил арга зүйгээр вейвлет анализ хийж ~23 ба 46 жилийн үеүд байгааг тодорхойлов. Үеүдийн ГВЧ-ийн хугацааны хамаарлаас

НОМ ЗҮЙ

- Babcock, H. W. (1961). The Topology of the Sun's Magnetic Field and the 22-Year Cycle, *ApJ*, Vol.133, No. 2, 572-587. doi:10.1086 /147060.
- Gui-Ming Le and Jia-Long Wang. (2003). Wavelet Analysis of Several Important Periodic Properties in the Relative Sunspot Numbers, *Chin. J. Astron. Astrophys.* Vol. 3, No. 5, 391– 394.
- Kasde, S.K., Sondhiya, D.K. and Gwai A.K. (2017). Study of Sunspot Time Series Using Wavelet-based Multifractal Analysis during Solar Cycle 23 and Ascending phase of cycle 24, *Physical Science International Journal* 13(4): 1-12.
- Knaack, R. and Stenflo, J. O. (2005). Spherical harmonic decomposition of solar magnetic fields, *A&A*, 438, 349– 363. DOI: 10.1051/0004-6361:20052765.

урт болох тусам урт үетэй процессын нөлөө орж корреляци коэффициентын утга ихсэж байгаатай холбоотой юм. Хасах тэмдэг зөвхөн эсрэг буюу фазын ялгаатайг илтгэнэ.

- харахад 23 жилийн үеийн өөрчлөлт (максимумаас минимум хооронд) 22 жил байгаа нь Нарны 22-жилийн соронзон динамо циклтэй шүтэлцээ хамаарал өндөртэй байна. 46 жилийн үеийн далайц өөрчлөлт 23-жилийнхтэй адил байна.
3. Газар хөдлөлтийн тооны ~22-23 жилийн үе Нарны соронзон орны туйл 22 жилд нэг бүтэн цикл хийдэг үзэгдэлтэй давхцаж байгаа нь физик үндэслэлтэй байх бүрэн боломжтой. Нарнаас гарах цэнэгт бөөмсийн урсгал (нарны салхи, идэвхт үзэгдлүүд, сансрын туяа гэх зэрэг) Дэлхийн соронзон оронтой харилцан үйлчилж үргэлжийн холбоог үүсгэж байдаг.

- Mursula, K., Usoskin, I.G., Kovaltsov, G.A. (2002). A 22-year cycle in sunspot activity, *Advances in Space Research*, Volume 29, Issue 12.
- Patricia Alejandra Larocca. (2016), Application of the Cross Wavelet Transform to Solar Activity and Major Earthquakes Occurred in Chile, *International Journal of Geosciences*, 7, 1310-1317.
- Tavares, M. and Azevedo, A. (2011). Influences of Solar Cycles on Earthquakes. *Natural Science*, Vol.3, No.6, 436-443. <http://dx.doi.org/10.4236/ns.2011.36060>.
- Torrence, C., and Compo G. P. (1998). A practical guide to wavelet analysis. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 79, 61–78.
- Vito Marchitelli, Paolo Harabaglia, Claudia Troise & Giuseppe De Natale. (2020). On the correlation

- between solar activity and large earthquakes worldwide, *Scientific Reports* 10:11495, <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67860-3>
- Wavelet software (1998) was provided by C. Torrence and G. Compo, and is available at URL: <http://atoc.colorado.edu/research/wavelets/>.
- Yanchukovsky, V.L. (2021). Solar activity and earth seismicity, *Solar- Terrestrial Physics*. Vol. 7. Iss. 1. P. 67–77. DOI: 10.12737/ stp-71202109.
- Сергеева, Н.А., Шестопапов, И.П., Забаринская, Л.П., Нисилевич, М.В., Згуровский, М.З., Болдак, А.А., Ефремов, К.В. (2014). Исследование связи активности солнца и сейсмической активности земли с помощью вейвлет-преобразования, *Вестник краунц. Науки о земле*, № 1, Выпуск 23.

SOLAR ACTIVITY AND EARTH SEISMICITY: USE OF THE WAVELET ANALYSIS

B.Batbayar*, D.Batmunkh

Department of Astrophysics, Institute of Astronomy & Geophysics of MAS

**batbayar@iag.ac.mn*

Abstract. A wavelet analysis was carried out for the Wolf number of solar activity from 1700 to 2021, as well as the number of earthquakes from 1970 to 2019, the main periods with high amplitude were determined and their time evolution was determined. The amplitudes of the 11-year, 53-year, and 101-year periods of the Wolf number have reached the same levels in recent years, while the amplitudes of the 11-year period decrease, while for other periods they slightly increase. Based on the wavelet analysis of earthquakes from 1970 to 2019, periods of approximately 23 years and 46 years with a high amplitude were determined. The time evolution of these periods was also determined and compared with the 22-year cycle of the general magnetic field of the Sun.

Keywords: *The sun, activity cycle, The earth, the number of earthquakes, wavelet analysis*

ХҮЧТЭЙ ГАЗАР ХӨДЛӨЛТИЙН МЭДЭЭГ ОЛОН НИЙТЭД ГАР УТАСНЫ АПЛИКЕЙШНЭЭР ХҮРГЭХ

Д.Даваадорж*, Ц.Нямбаяр

ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэн,

*davaadorj@iag.ac.mn

Хураангуй. Өнөөдрийн түвшинд газар хөдлөлтийн талаарх мэдээллийг олон нийтийн телевиз, радио, цахим хуудсаар мэдээлж байгаа боловч энэ нь хэдэн цагаар хэмжигдэх хоцрогдолтой байгаа билээ. Тус ажлын үр дүнд бий болох ухаалаг утасны аппликейшнтэй болсноор Монгол орны нутаг дэвсгэрт болсон хүчтэй газар хөдлөлтийн тухай мэдээллийг /магнитуд нь 3.5 болон түүнээс дээш/ маш богино хугацаанд, цаг алдалгүй олон нийтэд хүртээмжтэй хүргэх боломжтой. Мөн байршил, цаг хугацааны хувьд хаана, хэр хүчтэй газар хөдлөлтүүд болж байсан талаар мэдээллүүдийг болон одоо болж буй газар хөдлөлтийн мэдээллийг шууд харах боломжтой байх юм. Мөн газар хөдлөлтийн чичиргээг өөрийн байгаа газартаа хэр зэрэг мэдэрсэн талаар макро мэдээний асуумжийг бөглөж илгээх боломжийг шууд олгож байгаа нь энэхүү ажлын шинэлэг дэвшилтэт тал болно.

Түлхүүр үгс: Апликейшн, макро мэдээ, магнитуд, балл, гар утас, газар хөдлөлт

ОРШИЛ

Сэдвийн үндэслэл

Монгол улсын хүн амын тал орчим хувь нь ажиллаж амьдарч Улаанбаатар хотод газар хөдлөлтөөс үүсэж болзошгүй гамшгийн талаарх байнгын судалгаа, сургалтын ажлуудыг хийхийн зэрэгцээ хүчтэй газар хөдлөлтийн мэдээ мэдээллийг цаг алдалгүй, түргэн шуурхай ард иргэдэд хүргэх нь нэн чухал асуудлуудын нэг болоод байна. Сүүлийн жилүүдэд монгол орны нутаг дэвсгэр болон хил орчмын бүс нутагт болсон хүчтэй газар хөдлөлтийн чичиргээ Улаанбаатар хотын оршин суугчдад хүчтэй мэдрэгдсэн газар хөдлөлтүүд нэлээдгүй болсон. Техник технологи өндөр хөгжсөн өнөө үед олон нийтэд мэдээ мэдээллийг үнэн зөв, хурдан шуурхай хүргэх боломжуудын нэг нь гар утсанд зориулсан аппликейшн болоод байна.

Судалгааны зорилго

Газар хөдлөлтийн талаарх мэдээ, мэдээллийг ухаалаг утасны аппликейшнээр ард иргэдэд үнэн зөв, хүртээмжтэй, түргэн шуурхай хүргэх, мөн газар хөдлөлтийн дараах баллын үнэлгээ макро судалгааг

олон нийтэд ойлгомжтой хялбар байдлаар шуурхай цуглуулах зорилготой юм.

Судалгааны зорилтууд

Мобайл аппликейшн хөгжүүлэлтийн сүүлийн үеийн шинэлэг, дэвшилтэд технологийг ашиглаж, системийн шинжилгээ, зохиомжийн дагуу ашиглахад хялбар, найдвартай ажиллагаатай EQ Info аппликейшнийг хөгжүүлнэ. Үүнд:

- Апликейшн нь Монгол хэл дээр, ашиглахад ойлгомжтой байх
- Апликейшны ажиллагааг тестэлж, App Store, Play Store серверт хуулах
- Ард иргэдийн газар хөдлөлтийн мэдээлэл авдаг байнгын хэрэглээний аппликейшн болгох
- Олон улсын ижил төстэй аппликейшнуудыг судлах, шинэчлэлт сайжруулалт хийх

ШИНЖИЛГЭЭ ЗОХИОМЖ, ПРОГРАМЧЛАЛ

Энэ бүлэгт системийн ерөнхий шинжилгээ зохиомжийн баримт бичгийг гаргасан бөгөөд аппликейшн хийгдэх дэс дараалал, ерөнхий блок схем, backend буюу аппликейшны ард ажиллах цахим хуудас, өгөгдлийн сан, байршуулах процесс, мобайл аппликейшны үйлдлийн систем болох IOS, ANDROID хэд дүгээр хувилбаруудаас дээш дэмжиж ажиллах мөн программчлалын алгоритмыг блок схемээр харуулсан болно.

EQ Info аппликейшн хийгдэх дэс дараалал

Мобайл аппликейшны системийн шинжилгээ, төлөвлөгөө:

Хэрэглэгч талаас ажиллах/Frontend/ гар утасны программ, Удирдлага хяналтын хэсэг/Backend/ веб сайтын хамгийн зохистой технологи, аргачлал, өгөгдлийн сангийн зөв бүтэц, дизайн, агуулгад дүн шинжилгээг хийж нарийвчилсан төлөвлөгөөг боловсруулан захиалагчид хүргэнэ.

Мобайл аппликейшны дизайн гаргах:

Апликейшны дизайныг хэрэглэгчид хамгийн ойлгомжтой ашиглахад хялбар байхаар төлөвлөж хуудас тус бүрээр зөвхөн тухайн захиалагчид зориулан дизайн гарган захиалагчаар батлуулна.

Апликейшн бүтээх, тестлэх, серверт хуулах:

Дизайны дагуу сонгосон технологиор кодчилон гүйцэтгэсэн аппликейшныг серверт байршуулан бодит агуулга болон өгөгдлийг үүсгэн ямар нэгэн алдаа, буруу ажиллагаа байгаа эсэхийг хуудас тус бүр, үйлдэл тус бүрээр сайтар тестэлж чанарын хяналт хийнэ.

Апликейшн хүлээлгэн өгөх, сургалт хийх:

Апликейшныг сайтар тестэлж чанарын хяналт хийсний дараа аппликейшныг эх кодын хамт захиалагчид хүлээлгэн өгнө.

Хүлээлгэн өгөхдөө агуулга удирдах систем болон аппликейшныг ажиллуулах талаар сургалт зохион байгуулж, агуулга удирдах системийн гарын авлагаар хангана.

Програмчлал

Апликейшныг шинжилгээ зохиомжийн дагуу дэс дараатайгаар хийж гүйцэтгэж байна. Аливаа программыг хийж гүйцэтгэхэд эхлээд алгоритмыг гаргаж төлөвлөдөг. Миний хувьд блок схемийн аргаар дүрслэн гаргаж программчлалыг эхлүүлэн явж байна. Хэрэглэж эзэмшсэн программчлалын хэл, өгөгдлийн сангийн хувьд веб программчлалын чиглэлээр PHP, HTML, CSS, JavaScript, MySQL гэх зэрэг программ хангамжууд дээр ажиллаж динамик болон статик нийлсэн 8-н цахим хуудас хийсэн туршлагатай. Энэ байдал болон сэдвийн үндэслэлийн дагуу Flutter программчлалын хэлийг <https://1234.mn> онлайн цахим хуудаснаас хичээл үзэн судалж мобайл аппликейшн хийж хөгжүүлэхээр зорьж байна. <https://flutter.io> цахим хуудаснаас тус программчлалын хэлний суулгацыг татан суулгаж, emulator-г тохируулж, код бичих талбарыг Visual Studio Code программыг ашиглан ажиллаж байна. Flutter дээр ямар нэг функц нэмэхээсээ өмнө түүнийг хийдэг бэлэн package/widget байна уу шалгах хэрэгтэй. Учир нь бүх юмыг өөрөө 0-с нь хийх албагүй. Flutter package-н хувьд нэг том давуу тал байдаг нь хэчнээн том package байсан ч хэрэглэгчид зориулсан хувилбар / release mode/ гаргах үед зөвхөн ашиглагдсан код compile хийгддэг.

Хөгжүүлэлт

Боломжууд:

- Апп дотроо газар хөдлөлтийн жагсаалт агуулна(list)
- Газар хөдлөлтийн жагсаалтаас сонгох (select-route navigation)
- Чичирхийлэл мэдэрсэн бол даргах (button&state change)

Загвар:

Апликайшн маань эхний ээлжид 2 хуудастай бөгөөд нэг нь газар хөдлөлтийн жагсаалт харуулах, нөгөө нь тухайн газар хөдлөлтийг мэдэрсэн бол баллын үнэлгээг илэрхийлсэн зурагт хуудаснаас өөрт тохирсон зургийг сонгох юм.

```
import 'package:flutter/material.dart';
import './list.dart';

void main() => runApp(MyApp());

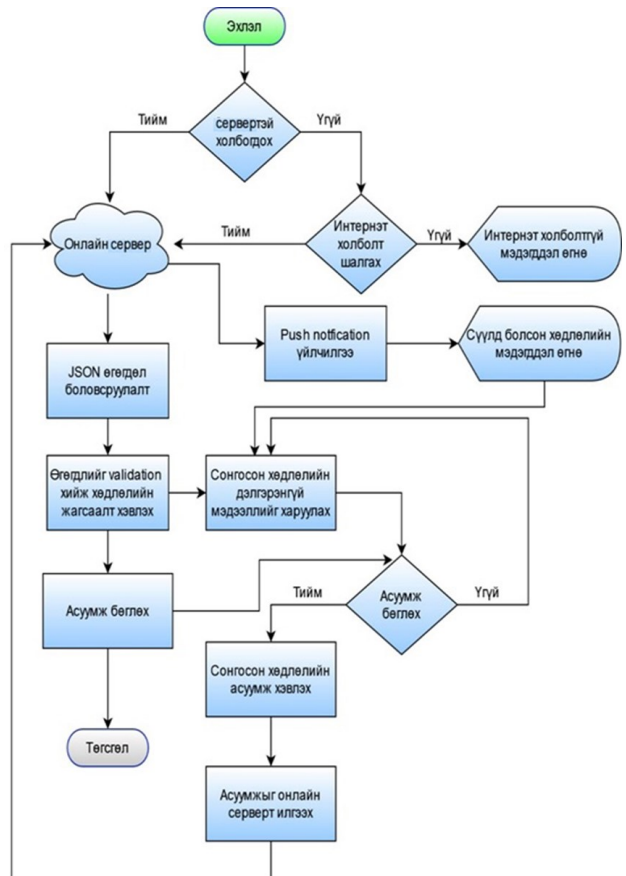
class MyApp extends StatefulWidget {
  const MyApp({Key? key}) : super(key: key);
  @override
  _MyAppState createState() => _MyAppState();
}

class _MyAppState extends State<MyApp> {
  @override
  Widget build(BuildContext context) {
    return MaterialApp(
      home: Scaffold(
        appBar: AppBar(
          title: Text("ГАЗАР ХӨДЛӨЛТ"),
        ),
        body: new EqList(),
        floatingActionButton: FloatingActionButton(
          child: Icon(Icons.hail),
          onPressed: () {
            print("FloatButton");
          },
          tooltip: Text("Би газар хөдлөл мэдэрсэн").toString(),
        ),
      ),
    );
  }
}
```

Кодчилол:

Апликайшн main.dart, EqClass.dart, List.dart, more.dart, material.dart гэсэн хуудаснаас бүрдэнэ.

Main.dart- Апликайшны эхлэлийн цэг. Апликайшн асах үед list.dart-г дуудаж харуулна.



Зураг 1. Алгоритмын блок схем

Хүчтэй газар хөдлөлтийг шуурхай зарлан мэдээлэх автомат цахим хуудас

EQ Info апликайшны backend программ бол хүчтэй газар хөдлөлтийг шуурхай зарлан мэдээлэх автомат цахим хуудас ажилладаг. Тус цахим хуудас хийх ажил 2016 онд хийгдэж эхэлж хувилбар 1-г гаргаж, 2019 онд хувилбар 2-г гаргаж одоо 2021 онд хувилбар 3 дээр хийж дуусгасан.

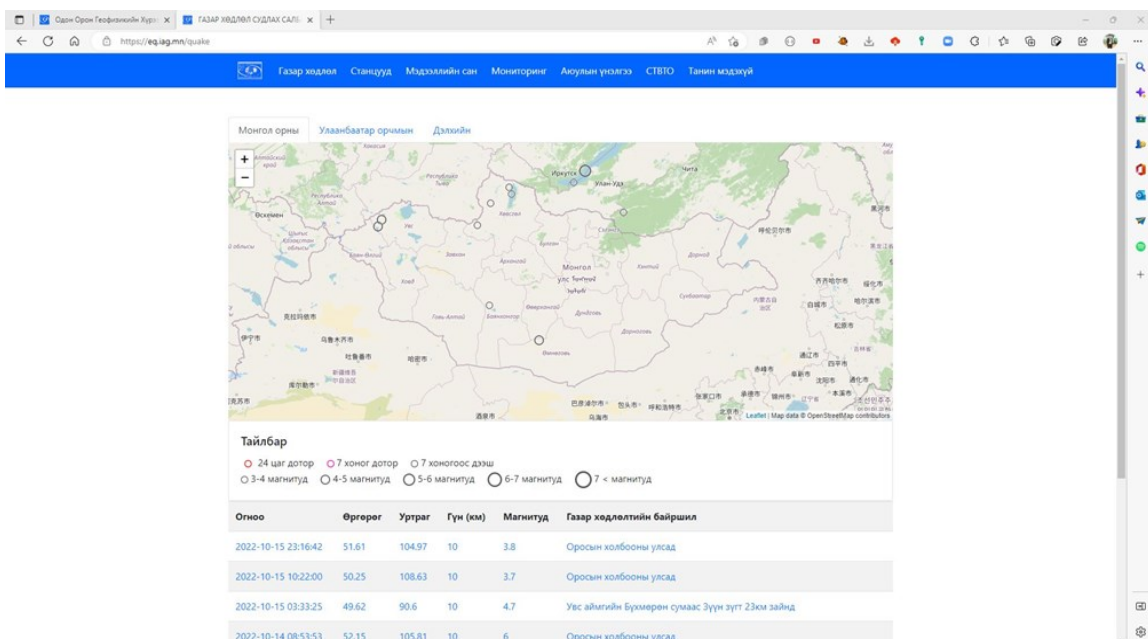
Эдгээр хувилбарууд нь газар хөдлөлтийн автомат бодолтын программ хангамжийг нутагшуулах, өөрийн системд тааруулж газар хөдлөлтийн мэдээллийг автоматаар хурдан илгээх асуудал

жигдрээгүйгээс зогсонги байдалтай болж байлаа. Хувилбар 1-р PHP5.3 болон MySQL ашиглан гаргаж байсан бол 2019 онд seiscomp программын өгөгдлийн бааз PostgreSQL учир цахим хуудсыг Python3.7 Django болон PostgreSQL өгөгдлийн бааз дээр шинээр хийж байсан. 2021 он гарсаар газар хөдлөлтийн автомат бодолтын программ хангамж зүгширч бэлэн болсноор газар хөдлөлтийн талаарх дэлгэрэнгүй мэдээллийг боловсруулж 2 минут, 20 минутад дамжуулах боломжтой болсон.

Ингэснээр цахим хуудсанд газар хөдлөлтийн талаарх дэлгэрэнгүй мэдээллийг илгээх боломжтой болсон. Цаг үе, программ хангамж, техник технологийн хөгжлийн дагуу цахим хуудасны өгөгдлийн сангийн программын хувилбар, кодчиллын хувьд PHP5.3 байсныг PHP7.4 болгож, MySQL8 дээр өгөгдлийн санг үүсгэсэн, цахим хуудасны арын хэсэг/ backend/, нүүрэн хэсгийг/ frontend/ Symfony framework, bootstrap ашиглан цахим хуудсыг зурсан. Эдгээр ажлууд бол динамик цахим хуудас хийгдэж байгаа юм, харин Мобинет ХХК дээр байрших цахим хуудасны хостинг болон өгөгдлийн сан руу газар хөдлөлтийн мэдээлэл автоматаар дамжуулах шаардлага байгаа учир

программист С.Одбаяр автомат дамжуулах программ хийсэн боловч хостинг болон өгөгдлийн сан хүлээж авахгүй алдаа гарсан. Ингээд Мобинет ХХК-н админтай холбогдож тодруулахад MySQL өгөгдлийн сангийн 3306 портыг нээж өгөх боломжгүй, хэрэглэгч өөрөө тохируулах ёстой, манайх мэдээллийн аюулгүй байдлыг хангаж ажиллана гэсэн. Хоёр өдөр судалж үзээд веб сервис программ бичиж тохируулж, мэдээллийг *.JSON файлаар дамжуулах асуудлыг шийдсэн, мөн цаг уур, боловсролын үнэлгээний төв гэх зэрэг байгууллагууд энэ аргаар мэдээллээ аюулгүй дамжуулж чаддагийг мэдсэн. Ингээд мэдээллээ аюулгүй дамжуулж цахим хуудсандаа газар хөдлөлтийн талаарх мэдээллийг зурж 2021 оны 3-р сарын 30 нд 14:00 цаг, 15:00 цагт туршиж үзсэн.

Эхний ээлжид газар хөдлөлтийн мэдээлэл болон газар хөдлөлт бүртгэх станцуудын мэдээллийг бүрэн оруулсан. Мөн сабдомэйн дээрээ SSL сервис авч тавьж мэдээллийн аюулгүй байдлаа сайжруулсан. Цаашид хөгжүүлэлтийг байнга хийж явна, энэ цахим хуудасны өгөгдлийн сангаас төлөвлөгдөж буй ухаалаг гар утасны аппликейшны мэдээлэл татагдах болно.



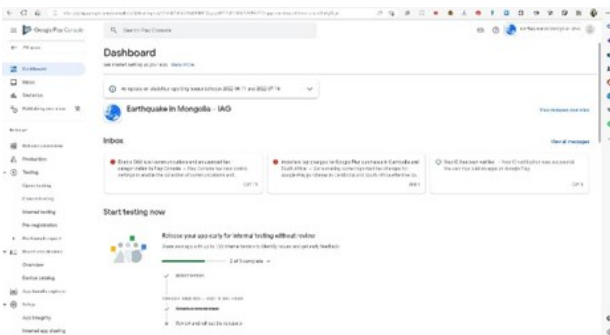
Зураг 2. Цахим хуудасны ерөнхий харагдах байдал

ЦААШДЫН ШИНЭЧЛЭЛТ, ХӨГЖҮҮЛЭЛТ

Орчин үеийн техник, технологийн хөгжил, ижил төстэй аппликейшны дэвшилтэд тал болон хэрэглэгчийн хэрэглээ, шаардлага, зөвлөмжийн дагуу шинэчлэлт, сайжруулалтыг цаг тухай бүрд нь хийж хөгжүүлж, газар хөдлөлтийн мэдээллийг сэтгэл ханамжтайгаар авдаг аппликейшн болгон хөгжүүлнэ.

Аппликейшныг байршуулах

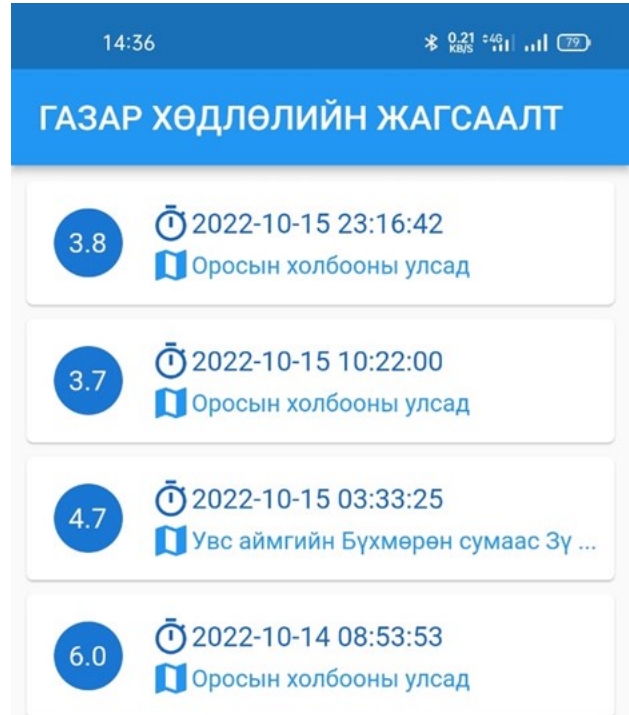
Бидний хийх ёстой зүйлийн нэг бол аппликейшныг play store, app store дээр байршуулах юм. Эхний хийх алхам бол Андроид хөгжүүлэгчээр бүртгүүлэх. Play Console (google.com) холбоосоор орж gmail аккоунтаар бүртгэл үүсгэнэ. Уг бүртгэлээрээ төлбөр болох 25\$ төлж play store дээр, 99\$ төлж app store дээр аппликейшныг байршуулах боломжтой болно. Үүний дараа Developer console хяналтын самбарт шинэ программ нэмэх товч дарж аппликейшны нэр, үндсэн хэлийг сонгож APK файлыг хуулна. Андроид системийн хувилбар 9, IOS системтэй утасны ios 8.1-ээс хойших хувилбарууд дээр аппликейшн дэмжин ажиллана.



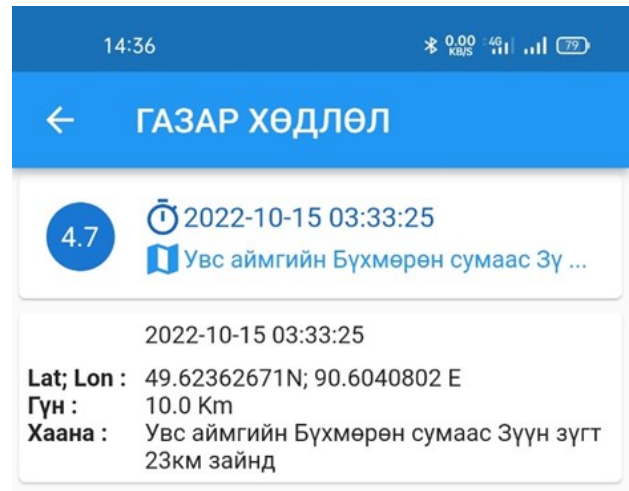
Зураг 3. Play store дээр бүртгэл үүсгэх консол

Аппликейшны өнөөгийн үр дүн

Шинжилгээ зохиомж, аппликейшн хийгдэх дэс дарааллын дагуу ажил явагдаж байна. Одоогийн байдлаар төлөвлөсөн ажил 80% -тай хийгдсэн, play store, app store дээр байршуулаад тест хийж дуусвал аппликейшн ашиглахад бэлэн болно.



Зураг 4. Аппликейшн дээрх газар хөдлөлтийн жагсаалт



Зураг 5. Аппликейшн дээрх газар хөдлөлтийн жагсаалтаас тухайн хөдлөл рүү орсон хэсэг

Шинэчлэн сайжруулах зорилтууд

Ажиллах процесс болон үзүүлэх үйлдлүүд, загварыг үлгэр болгон хийж байгаа LastQuake Европын сейсмологийн холбооны аппликейшн дээрх газрын зураг дээр газар хөдлөлтийн төвийн цэгийг зурах, социалд түгээх, газар хөдлөлтийн дараах баллын үнэлгээг зургаар авах хэсэг дээр тухайн хүн хүсвэл дарсан зураг болон

зураг дарж хавсаргах, бичлэг хийж хавсаргах зэрэг үйлдлүүдийг нэмэх мөн Япон улсын газар хөдлөлтийн аппликейшнуудыг судлан сайжруулах санаа байвал хөгжүүлэлт хийнэ.

EQ_info аппликейшныг ард иргэд ашиглаж жигдэрсэн үед болон хүчтэй газар хөдлөлт болсны дараах хандалтын үед сервер руу хандах зурвасын өргөн хэт ачаалал үүсвэл нэмэх сервер болон хостинг үзүүлэгч компанийг сольж сайжруулах ажил хийгдэнэ. Мөн хандалт, ашиглалтын статистик тайланг гаргаж жилийн эцэст танилцуулж байна.

Туршилт, тест хийсэн байдал

Монгол Улсын Засгийн газрын 2011 оны 339 дүгээр тогтоолоор баталсан “Гамшгийн аюулын тухай зарлан мэдээллийн дохио дамжуулах журам”-ын дагуу жил бүрийн 3 дугаар сарын дөрөв дэх долоо хоногийн пүрэв гарагийн 16.00 цагт улс орон даяар гамшгийн аюулын тухай зарлан мэдээллийн дохиог дуугаргаж дадлага, сургалт зохион байгуулж байгууллагуудын гамшгийн үед зарлан мэдээллийн дохиогоор ажиллах бэлэн байдлыг хангаж ажилладаг.

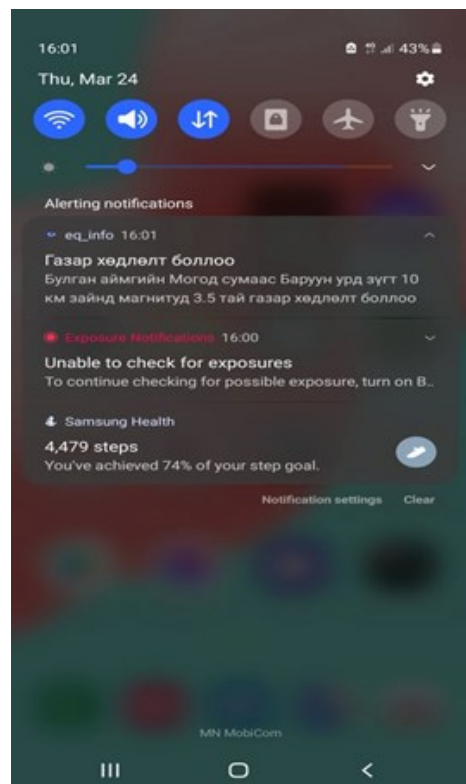
Уг дадлага, сургуулийн зорилго нь: Гамшгийн аюулын тухай зарлан мэдээллийг бүх нийтэд үнэн зөв, шуурхай хүргэх, удирдлагын мэдээллийн нэгдсэн тогтолцоо бүрдүүлэх, төрийн захиргааны болон нутгийн захиргааны байгууллага, аж ахуйн нэгж, иргэдийг тогтоосон дохиогоор ажиллах арга ажиллагаанд сургаж дадлагажуулах оршино.

Энэ дадлага сургуулийн үеэр 2022-03-24 өдрийн 16:00 цагт газар хөдлөлтийн үндэсний мэдээллийн төвөөс зохиомлоор хуурамч газар хөдлөлтийн мэдээллийг аппликейшны сервер өгөгдлийн сан руу дамжуулж туршилт хийж ямар хугацаанд, хэдэн цаг минутад мэдээлэл /notification/ ирж байгаа үр дүнг бичлэг болон зургаар баримтжуулж туршиж үзлээ. Газар хөдлөлт болсон хугацааг 2022-03-24 өдрийн 15:59:40 секундэд болсноор үүсгэж 16:00

цагт хөдлөлтийн мэдээллийг илгээхэд 16:01 минутад аппликейшнд мэдээлэл ирж байна. Зургаар үр дүнг хавсаргав.



Зураг 6. Аппликейшн дээрх газар хөдлөлтийн баллын үнэлгээ өгөх хэсэг



Зураг 8. Мэдээлэл ирж байгаа мэдэгдэл болон цаг минут

ДҮГНЭЛТ

Хүчтэй газар хөдлөлтийн мэдээллийг олон нийтэд хурдан шуурхай хүргэдэг, хүн бүр ашигладаг аппликейшнтэй болно. Мөн газар хөдлөлтийн чичиргээ мэдэрсэн эсэх талаарх тайлбар текст бүхий зурагтай байх бөгөөд энэхүү зурган товч/button/, нэмэлт текст/comment/ бөглөснөөр тухайн хүний байгаа газрын чичирхийллийг үнэлэх боломж бий болно.

Технологи хурдацтай хөгжиж буй өнөө үед хэрэглэгчдийн хандлага, ашиглалтын дагуу мөн мэдээллийн урсгалын өөрчлөлтийг харгалзан хуучин газар хөдлөлтийн мэдээ, мэдээллийг цахим шуудан болон цахим хуудсаар, телефон

НОМ ЗҮЙ

(Монгол орны газар хөдлөлийн идэвхжилт, аюулын үнэлгээний ба дэлхийн гүний тогтцын судалгаа (2012). Газар Хөдлөл Судлалын салбарын тайлан)

(Монгол орны газар хөдлөлийн идэвхжилт, аюулын үнэлгээний ба дэлхийн гүний тогтцын судалгаа (2015) Газар хөдлөл Судлалын салбарын тайлан)

(Монгол орны газар хөдлөлийн идэвхжилт, аюулын үнэлгээний ба дэлхийн гүний тогтцын судалгаа (2017) Газар Хөдлөл Судлалын салбарын тайлан).

(Монгол орны хүчтэй газар хөдлөлтийн /

утсаар, радио телевизээр мэдээлдэг байсныг энэхүү аппликейшн бий болсноор хүн цаг минут бүр хэрэглэж ашиглаж байдаг ухаалаг гар утсанд нь шууд мэдээлэх болсноороо шинэлэг дэвшилтэд давуу талтай болно.

Нарийн тестэлж шалгасны дараа уг төслийг ОБЕГазрын ШУЗМТөвийн үндсэн чиг үүрэг болох хүчтэй газар хөдлөлт болон газар хөдлөлтийн гамшгийн аюулаас урьдчилан сэргийлэх, зарлан мэдээлэх үүргийн дагуу манай байгууллага тус байгууллагад төслийн гүйцэтгэгчээр зарж болох юм.

магнитуд нь М3.5 ба түүнээс/ зарлан мэдээлэх цахим хуудас <https://eq.iag.mn>) Монгол орны хүчтэй газар хөдлөлтийг/ магнитуд нь М3.5 ба түүнээс / зарлан мэдээлэх цахим хуудас <https://eq.iag.mn>

Flutter программчлалын албан ёсны цахим хуудас *Flutter - Build apps for any screen*

Онлайн сургалтын цахим хуудас *Програмчлалын орчин үеийн өндөр чанартай видео сургалтууд (1234.mn)*

COMMUNICATE EARTHQUAKE INFORMATION TO THE PUBLIC UTILIZE CELLPHONE APPLICATION

D.Davaadorj*, Ts.Nyambayar

Institute of Astronomy and Geophysics, Mongolian Academy of Sciences

*davaadorj@iag.ac.mn

Abstract: As of today, the earthquake information has been reported through public television, radio, and social media. But this is not an efficient way to provide the information in time and gather earthquake intensity data from the public.

This research study aims to make an application to communicate information about strong earthquakes to the public, more than a magnitude of 3.5, that occurred in Mongolia. The application's advantage is to allow one to see previous and recent real-time earthquake information, including location and magnitude on the cellphone. Also, it gathers earthquake-shaking data from the public just after the event.

Keywords: application, macro-data, magnitude, intensity, cellphone, earthquake

МОГОДЫН ХАГАРЛЫН ДАГУУХ ГАЗАР ХӨДЛӨЛТИЙН ГОРИМЫН СУДАЛГАА

Ч. Балдулам*, Э.Өнөрмаа, Б. Цогтоо

ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэн,

*baldulam@iag.ac.mn.

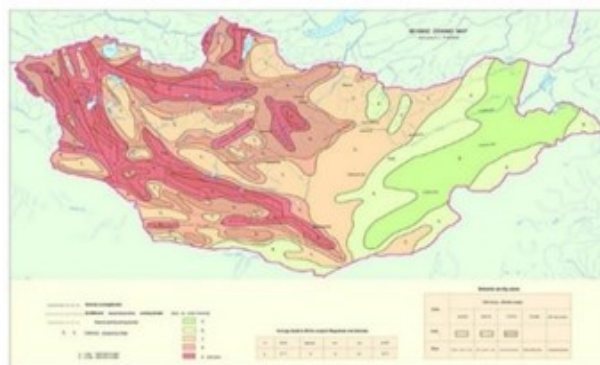
Хураангуй. Энэхүү судалгааны ажлаар Булган аймгийн Могод сумын газар хөдлөлтийн идэвхтэй бүс нутагт горимын судалгаа хийж газар хөдлөлтийн идэвхжилтийн зэрэг болон давтагдлын утгыг тодорхойллоо. Могодын хагарал нь 1967 оны 1 сарын 5ны өглөө Могод сумын Түлээ уулын орчим ХӨ 48.1, ЗУ 102.9 градуст магнитуд нь 7.5-тэй хүчтэй хөдлөлөөс гадаргууд хойноосоо урагшаа чиглэлтэй хэсэг хэсэг тасралттайгаар 45 километрийн урт хагарал үүссэн юм. Булган аймгийн нутаг дэвсгэрт 1900-2022 оны хооронд нийт 26568 удаагийн газар хөдлөлт бүртгэгдсэнээс Могодын хагарлын районд нийтдээ 6661 удаагийн газар хөдлөлт бүртгэгдээд байна. Эдгээр хөдлөлүүдэд дата гүйцээлт хийж, Гутенберг-Рихтерийн хуулийн дагуу Шугаман хамаарлын аргаар газар хөдлөлтийн идэвхжилтийн зэрэг болон хүчтэй хөдлөлийн давтагдлын утгыг тодорхойлсон. Уг голомтын бүсийн газар хөдлөлтийн идэвхжилт a утга нь 3.2 давтагдал b утга нь 0.7 гарсан бөгөөд хэд хэдэн хугацаагаар ангилан тооцооллыг хийсэн болно. Судалгааны үр дүнг гаргахдаа Windows explorer, ArcGIS программуудыг ашиглан дата гүйцээлт хийж, утгуудыг тодорхойлж газар хөдлөлтийн төвийн тархалтын зургийг зохиолоо.

Түлхүүр үгс: Газар хөдлөлт, афтершок, магнитуд, баллын шаталбар

УДИРТГАЛ

Хүчтэй газар хөдлөлт нь хот суурин газрын барилга байгууламж нурах, инженерийн шугам сүлжээг гэмтээх, тог цахилгаангүй болгох цаашлаад эрдэнэт хүний амь насыг эрсдэлд оруулах аюултай байгалийн гамшигт үзэгдэл юм. Энэхүү байгалийн гамшигийг одоог хүртэл урьдчилан мэдэх боломж хараахан бүрдээгүй байгаа боловч эрсдэлээс хамгаалах эхний алхам бол олон жилийн судалгааны үр дүнгээр зохиосон Монгол улсын нутаг дэвсгэрийн газар хөдлөлтийн ерөнхий болон бичил мужлалын зураг юм. (Адъяа, 2020). Булган аймгийн нутаг дэвсгэрийг 1983 онд зохиогдсон “Монголын нутаг дэвсгэрийн газар чичирхийллийн мужлалын зураг”-аас харахад MSK-64 баллын шаталбараар 9-10 баллын бүсэд харьяалагдаж байна (Зураг 1).

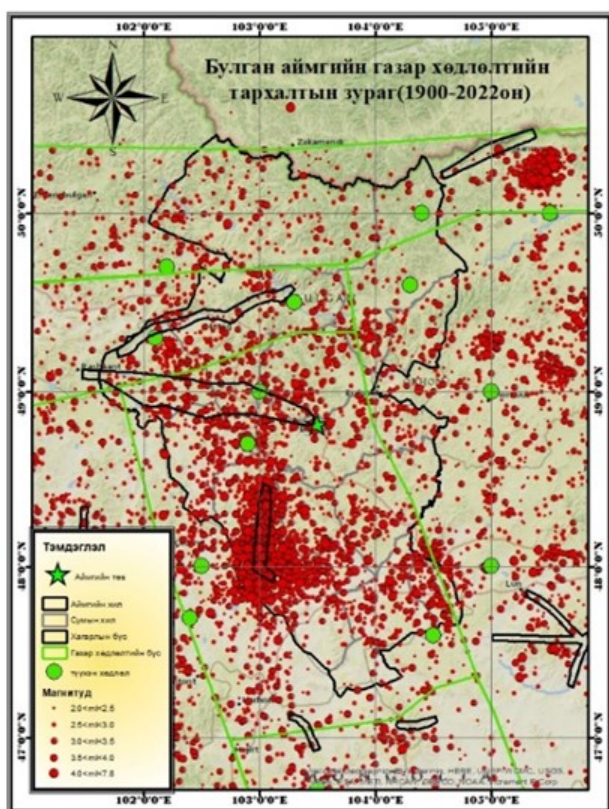
Булган аймаг нь газар хөдлөлтийн идэвхтэй бүс болохыг 1958 оны 6 дугаар



Зураг 1. Монгол орны газар хөдлөлийн ерөнхий мужлалын зураг (Эх сурвалж: ООГХ-ийн цахим хуудаснаас)

сарын 23-нд Бүрэнгийн нурууны баруун өмнө орших Орхон голын бэлчирт ХӨ 48.7, ЗУ 102.9 градуст голомтдоо магнитуд нь 6.1 хүчтэй VIII-IX баллын эрчимжилтэй Сайханы газар хөдлөлт, 1967 оны 1 сарын 5-нд Булган аймгийн Могод сумын Түлээ уулын орчим ХӨ 48.1, ЗУ 102.9 градуст магнитуд нь 7.5-тэй Могодын газар хөдлөлтүүд баталж байна. (Зураг 2).

Булган аймагт болж буй газар хөдлөлтүүд нь Могодын хагарал, Баян-



Зураг 2. Булган аймгийн газар хөдлөлтийн төвийн тархалтын зураг (1900-2022 оны хоорондох $m \leq 2.0$ хөдлөл ашиглав)

Агтын хагарал, Хутаг-Өндөрийн хагарлын дагуу идэвхжилт байгааг судалгаанаас харж болно.

Мөн Өлзийтийн хагарал, Хануй хагарал, Мөстийн цагааны хагарал, Батхааны хагарал нь Булган аймгийн төвөөс даруй 300 км радиуст байрлаж байна (Зураг 3). Энэхүү судалгааны ажлаар Могодын хагарлын бүс нутгийг онцлон авч газар хөдлөлтийн горимын судалгааг хийж гүйцэтгэлээ.



Зураг 3. Могодын хагарал (Эх сурвалж: ООГХ-ийн цахим хуудаснаас)

СУДАЛГААНЫ АРГАЗҮЙ

Газар хөдлөлийн орон зай, хугацаа, энергийн хамаарал болох горимын судалгаа нь сейсмологийн шинжлэх ухаанд онцгой байр суурь эзэлдэг. Горимын судалгааны үр дүнгээр бүс нутгийн газар хөдлөхүйд үнэлгээ өгөх, хүчтэй хөдлөлийн давтагдлыг тооцох, идэвхийн зургийг зохиох ба эдгээр нь Монгол орны газар хөдлөлийн ерөнхий мужлалын болон хот суурин газрын бичил мужлалын зураг зохиоход гол үүрэгтэй учраас эдийн засгийн чухал ач холбогдолтой. (ООГХ, 2017) Горимын судалгааг хийхдээ:

- Сонгож авсан бүс нутаг дээр болсон газар хөдлөлийн цаг хугацааг нарийн тодорхойлсон байх
- Уг процесс явагдаж буй газар нутгийн геологийн тогтцыг судлах
- Газар хөдлөлтөөс үүссэн долгионы замхралт, зай, геологийн нөхцөл,

чиглэлээс хэрхэн хамаарахыг судалсан байх ёстой.

Газар хөдлөлтийн горимын үндсэн параметрууд болох давтагдлын коэффициент болон идэвхийг Гутенберг-Рихтерийн аргаар тодорхойлдог. Давтагдалтын график налалтын өнцөг b утга нь сул ба хүчтэй хөдлөлтүүдийн хоорондын харьцааг тодорхойлох өөрөөр хэлбэл тухайн бүс нутгийн хүчдэл хуримтлагдах нөхцөлийг тодорхойлдог. Харин давтагдалтын графикийн a утга нь газар хөдлөлтийн идэвхжилтийн зэргийг харуулдаг. (Gutenberg В., 1985-1988) Томьеолон харуулбал:

$$\text{Log}(N) = a - bM \quad (1)$$

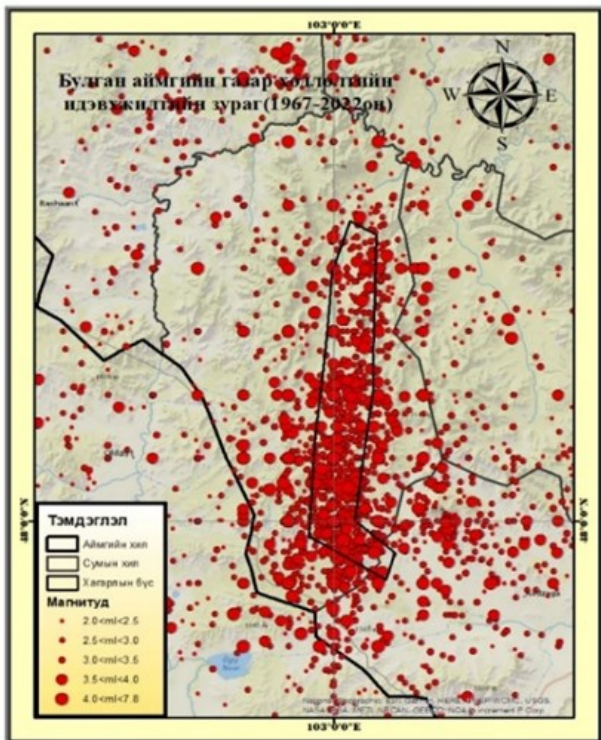
Энд: N – газар хөдлөлтийн тоо, M магнитуд.

Газар хөдлөлтийн b утга нь “1”-ээс багасах

нь идэвхтэй хагарлын дагуу хүчдэл хуримтлагдах үзэгдэл нь хүчтэй явагдаж буйн илрэл байдаг. Өөрөөр хэлбэл хүчтэй газар хөдлөлт болох магадлал өндөр юм.

МЭДЭЭЛЛИЙН САН БҮРДҮҮЛЭЛТ

Могодын хагарлын дагуух бүс нутагт 1967 оноос 2022 он хүртэл нийт 6661 удаагийн газар хөдлөлт бүртгэгджээ. Сүүлийн 10 жилийн хугацаанд 2012-2022 оны хооронд магнитуд 3 ба түүнээс дээш газар хөдлөлт 2013 онд хамгийн их буюу 11 удаа тохиолдсон бол энэ хугацаанд хамгийн хүчтэй нь 2016 оны 01 сарын 10-нд Могод суманд /ХӨ 47.93, ЗУ 103.04 солбицолд/ 4.64 магнитудын хүчтэй газар



Зураг 4. Могодын хагарлын дагуух бүс нутаг дахь газар хөдлөлтийн төвийн тархалтын зураг (1967-2022 оны дата мэдээллийг ашиглав).

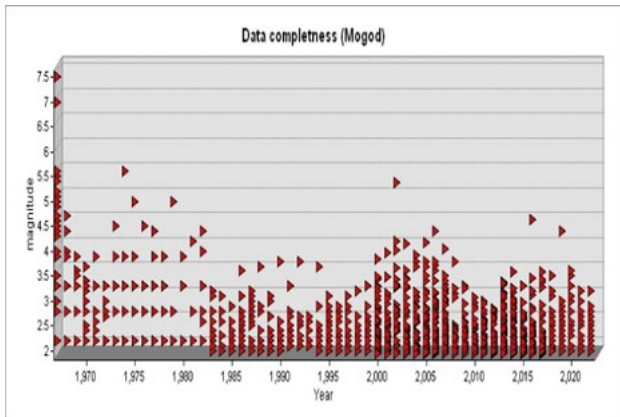
СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Могодын хагарлын дагуух бүс нутаг:

Булган аймгийн төвөөс Могод сум нь 150 гаруй км зайд байрлах бөгөөд энэ бүс нутагт 1967 оны 01 сарын 05-н өдөр болсон хүчтэй хөдлөлийн улмаас гадаргууд хойноосоо урагшаа чиглэлтэй хэсэг хэсэг тасралттайгаар 45 километрийн урт хагарал

(Адьяа, 2010). Энэхүү аргаар Могодын хагарал орчмын бүс нутгийн газар хөдлөлтийн идэвхжилт болон давтагдлын төлөв байдлыг судаллаа.

хөдлөлт байлаа. Нийт 6661 хөдлөлөөс магнитуд нь тодорхойлогдоогүй 66, магнитуд нь 0-0.9-тэй хөдлөл 199, 1-1.9-тэй хөдлөл 3655, 2-2.9 магнитудын хүчтэй хөдлөл 2276, 3-3.9 магнитудын хүчтэй хөдлөл 361, 4-4.9-тэй хөдлөл 86, 5-5.9 магнитудын хүчтэй хөдлөл 16, 7 магниудаас дээш хөдлөл 2 удаа бүртгэгдсэн байна. Могодын хагарал орчмын бүс нутагт магнитуд нь 2.0-оос дээш хөдлөл нийт 2565 удаагийн хөдлөл бүртгэгдсэн (хүчтэй хөдлөлийн дараах афтершокоыг хасаж тооцсон). Эдгээр хөдлөлийг ашиглан ArcGIS дээр дараах тархалтын зураглал (Зураг 4) болон мэдээллийн сангийн гүйцээлт (Data Completeness)-ийг хийж гүйцэтгэсэн. (Зураг 5).



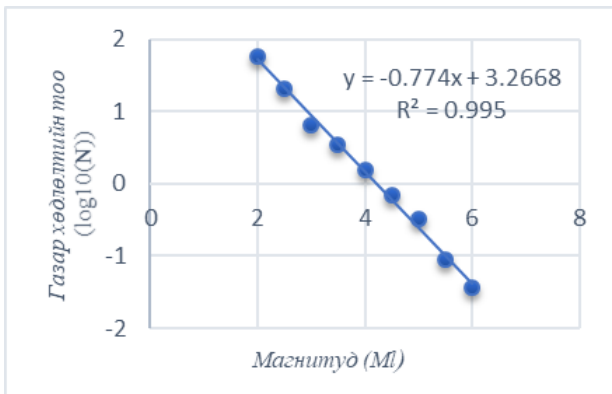
Зураг 5. Могодын хагарлын дагуух бүс нутаг дахь газар хөдлөлтийн мэдээллийн сангийн гүйцээлт ($M \leq 2.0$)

үүссэн. Уг хүчтэй хөдлөл нь Булган аймгийн төвд VI-VII баллаар, Улаанбаатар хотод IV-V баллаар мэдрэгдсэн (Балжинням, бас бус., 1975, хууд. 24). Тус бүс нутгийн хувьд газар хөдлөлтийн идэвхжилт a утга, хүчтэй газар хөдлөлтийн давтагдлын b утгуудыг тодорхой

хугацаагаар ангилан тооцооллыг гаргасан. Хугацааны ангиллыг тухайн бүс нутагт болсон хүчтэй хөдлөлт болон Газар Хөдлөлтийг Бүртгэх станцын техник тоног төхөөрөмжийн шинэчлэл зэргийг харгалзан үзэж сонгосон.

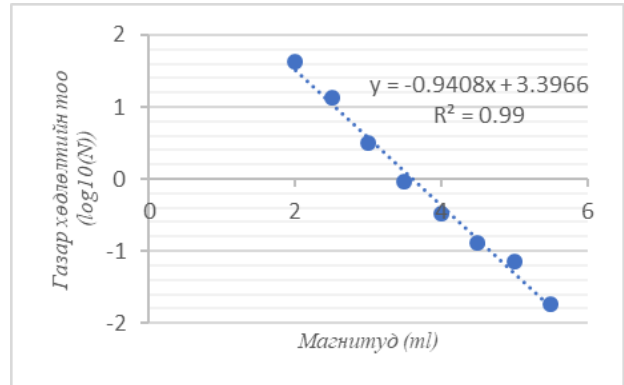
- 1) 1967-2022 оны хооронд болсон газар хөдлөлийн мэдээлэл ашиглан тооцоолол хийсэн. 1967 оны 1 сарын 5 ны өдөр Могод сум Түлээ уулын орчим магнитуд нь 7.5-тай хөдлөл тохиолдсон. Энэ хүчтэй хөдлөлийн дараах давтан хөдлөл буюу афтершокийг хасаж 2299 газар хөдлөлөөр тооцоолол хийсэн. Уг тооцооллоор газар хөдлөлтийн идэвхжилт a утга нь 3.2 давтагдал b утга нь 0.7 гарсан. Энэ нь тус нутагт болсон хүчтэй хөдлөлийн давтамжаас хамаараад өндөр идэвхжилттэй гарсан гэж үзэж байна.
- 2) 2018-1974оны хоорондох 1673 удаагийн газар хөдлөлтийн мэдээлэл ашиглаж

График 1. Могодын хагарлын дагуух бүс нутгийн газар хөдлөлтийн давтамжийн муруй (1967-2022 оны хоорондох мэдээллийг ашиглав)



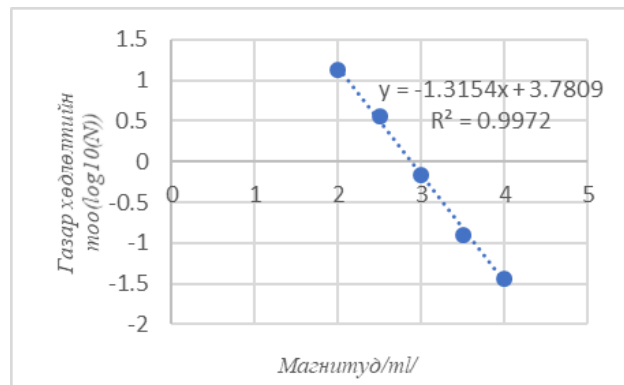
тооцоолол хийсэн. Уг хугацааг сонгох болсон шалтгаан нь 1973 онд Булган аймагт Газар хөдлөлтийг бүртгэх станц шинээр байгуулснаар газар хөдлөлтийг бүртгэн авах чадвар нэмэгдсэнтэй холбоотой. Тооцооллын үр дүнд газар хөдлөлтийн идэвхжилт a утга нь 3.3 гарсан бол давтагдал b утга нь 0.9 гарсан. 2011 оны 9-р сард Булган аймгийн Орхон сумын нутаг Ачуутын адаг "Тасархайн сайр" гэдэг газар уулын оройд ургаа чулуун давхаргад 2м гүн

График 2. Могодын хагарлын дагуух бүс нутгийн газар хөдлөлтийн давтамжийн муруй (1974-2022 оны хоорондох мэдээллийг ашиглав)



цооногт долгион хүлээн авагчийг байрлуулснаар GURALP станц нь 3 байгуулагчаар ажиллаж ойрын болон холын газар хөдлөлтийг бичихэд зориулагдан ажиллаж эхэлсэнтэй холбоотойгоор уг хугацааг сонгон авч тооцоолол хийсэн. (Булган станц, 2022)

График 3. Могодын хагарлын дагуух бүс нутгийн газар хөдлөлтийн давтамжийн муруй (2011-2022 оны хоорондох мэдээллийг ашиглав)



ДҮГНЭЛТ

Судалгааны талбай болох Могодын хагарлын дагуух бүс нутагт газар хөдлөлт хэр идэвхтэй байгаа, хүчтэй хөдлөл болох магадлал байгаа эсэх, хэр хүчтэй хөдлөл болох эсэхийг судлах зорилгоор газар хөдлөлтийн идэвхжилт *a* утга, газар хөдлөлтийн давтагдал *b* утгыг тооцоолсон. Уг тооцооллыг хийхдээ 3 хугацаанд ангилан судалсан. Энэ нь тухайн бүс нутагт болсон хүчтэй газар хөдлөлт болон түүний давталт газар хөдлөлтүүд, газар хөдлөлт бүртгэх станцын тоног төхөөрөмжийн шинэчлэл зэрэгтэй холбоотойгоор сонгосон ба уг тооцооллыг нэгтгэн үзүүлэв (Хүснэгт 1).

Сонгож авсан хугацаанаас харахад Могодын хагарлын дагуух бүс нутагт 55 жилд 7 магнитудтай хөдлөл 2 удаа, 48 жилд 5.5 магнитудтай хөдлөл 1 удаа, сүүлийн 11

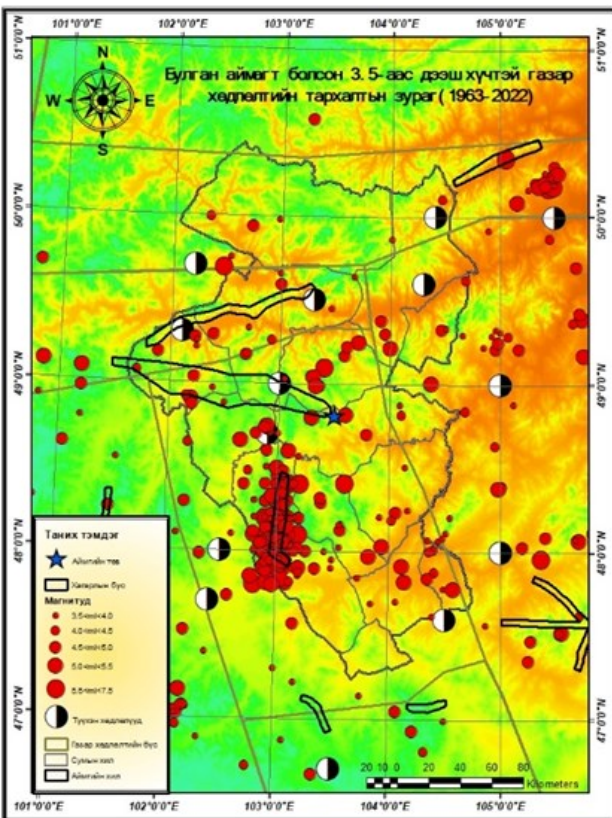
Хүснэгт 1. Могодын хагарлын дагуух бүс нутгийн газар хөдлөлтийн идэвхжилт (*a*) болон газар хөдлөлтийн давтагдал (*b*) утга

Сонгосон хугацаа	а утга	б утга	алдааны хүрээ R
1967-2022 (55жил)	3.2668	0.774	0.995
1974-2022 (48жил)	3.3966	0.9408	0.99
2011-2022 (11жил)	3.7809	1.3154	0.9972

жилд 4.5 магнитудтай хөдлөл 1 удаа тус тус тохиолдсон байна (Зураг 6).

Могодын хагарал орчмын бүс нутагт өмнө нь хийгдэж байсан горимын судалгаанаас (1964-2008 оны мэдээллийг ашигласан) харахад газар хөдлөлтийн идэвхжилт *a* утга нь 5.686 байсан бол давтагдлын *b* утга нь 1.01-тэй байв. (Адьяа, 2010) Энэхүү судалгааны үр дүнд 1967-2022 оны хоорондох дата мэдээллийг ашиглан газар хөдлөлтийн идэвхжилт *a* утга нь 3.2 давтагдал *b* утга нь 0.7 гарлаа.

Өмнө нь хийгдсэн судалгаатай харьцуулахад идэвхжилт багатай ч давтагдлын утга бага буюу хүчтэй хөдлөл болох магадлал өндөр гэсэн судалгааны дүн гарлаа. Могодын хагарал нь Булган аймгийн төвөөс 150 гаруй км зайд, хүн ам шигүү суурьшсан Эрдэнэт хотоос 200 гаруй км зайд, Монгол улсын нийслэл Улаанбаатар хотоос 350 гаруй км зайд байрлаж байгаа нь энэхүү бүс нутагт хүчтэй хөдлөл болсон тохиолдолд учрах гамшиг, эрсдэл, хор хохирол ихтэйг харуулж байна. Тиймээс ч газар хөдлөлтийн идэвхжил бүхий бүс нутагт болон утгуудыг байнга хянаж байх нь хүчтэй газар хөдлөлтийг урьдчилан таамаглах нэг нөхцөл нь болж байгаа юм.



Зураг 6. Булган аймгийн хэмжээнд хүнд мэдэгдэм хүчтэй хөдлөлийн төвийн тархалтын зураг ($m \leq 3.5$ 1900-2022 оны мэдээллийг ашиглав)

НОМ ЗҮЙ

- Gutenberg B., а. R. (1985-1988). *Frequency Earthquakes in California. Bulletin of the Seismological Society of America.* california.
- Адъяа, М. (2020). *Газар хөдлөлт.* Улаанбаатар.
- Адъяа, М. (2010). *Сейсмический режим территории монголии.* Улаанбаатар.
- Балжинням, И., Мөнхөө, Д., Цэмбэл, Б., Дугармаа, Т., Адъяа, М., & Баяр, Г. (1975). *Монголын газар хөдлөхүй.* Улаанбаатар.
- Булган станц, 2. (2022). *Булган станц үйл ажиллагааны тайлан-2022.* Булган.
- ООГХ. (2017). *Одон Орон Геофизикийн Хүрээлэн тайлан-2017.* Улаанбаатар хот.

THE STUDY ON SEISMICITY ALONG MOGOD ACTIVE FAULT

Ch.Baldulam¹, E. Unurmaa¹, B. Tsogtoo¹

Institute of Astronomy and Geophysics, Mongolian Academy of Sciences

[*baldulam@iag.ac.mn](mailto:baldulam@iag.ac.mn)

Abstract: Through this research work, the activity and frequency of earthquakes have been determined by conducting a mode study in the active region of the Mogod Sum earthquake in Bulgan province. On January 5, 1967, an earthquake of magnitude 7.5 occurred in Tulee Uul, Mogod Sum, Bulgan Province. As a result of the earthquake, a 45 km long seismic fault was formed. In the period from 1900 to 2022, 26,568 earthquakes were recorded in the territory of Bulgan province, and a total of 6,661 earthquakes were recorded in the Mogod fault region. Data was completed for these earthquakes, and according to the Gutenberg-Richter law, the degree of earthquake activity and the frequency of strong earthquakes were determined by the Linear Correlation method. Seismic activity in the epicenter area has a value of 3.2 and a value of b is 0.7. When producing the results of the research, Windows explorer and ArcGIS programs were used to complete the data, determine the values, and create a distribution map of the earthquake center.

Keywords: *earthquake, magnitude, aftershock, seismic activity, active fault*

ХОВД АЙМГИЙН ТӨВД ГАЗАР ХӨДЛӨЛТИЙН ГАМШГИЙН ЭРСДЭЛИЙН БОЛЗОШГҮЙ НӨХЦӨЛ ҮҮСГЭХ НӨЛӨӨЛӨЛ, ҮЙЛЧЛЭЛ НЬ ОЙРХОН ХАГАРЛЫН ДАГУУХ БҮС НУТГИЙН ГОРИМЫН СУДАЛГАА

С.Загдсүрэн*, Ш.Баасансүрэн

ШУА-ийн Одон орон геофизикийн хүрээлэнгийн Ховд салбар

*zagdsuren@iag.ac.mn

Хураангуй. Энэхүү судалгааны ажлаар Ховд аймгийн төвөөс 200 км радиус бүхий зайнд орших гадаргуун хагарлын дагуух бүс нутагт болж байгаа газар хөдлөлийн идэвхжилт болон давтагдалтыг тооцоолон тухайн бүс нутгийн газар хөдлөлийн горим нь хэр идэвхтэй явагдаж байгааг тодорхойлсон юм. Ховд аймгийн нутаг дэвсгэр болон хил залгаа бүс нутагт болсон 1900-1963 оны түүхэн газар хөдлөлт, 1964-2021 оны хооронд магнитуд нь 3.5-аас их хүчтэй газар хөдлөлтийн мэдээллийн сан болон 2011-2021 онд болсон газар хөдлөлтийн мэдээлэлд анализ хийсэн бөгөөд Ховд аймгийн нутаг дэвсгэр болон хил залгаа бүс нутагт буюу бидний сонгож авсан судалгааны хэсэгт 2011-2021 онд нийтдээ 37145 удаагийн газар хөдлөлт болжээ. Үүнээс $M_l < 1.0$ хөдлөл 20643, $M_l \geq 1.0$ хөдлөл 16502, мэдэгдэм хүчтэй буюу магнитуд нь 3.5-аас их хөдлөлт 62 удаа тус тус болжээ. Мөн эдгээрээс магнитуд 5.0-аас дээш хүчтэй газар хөдлөлт 4 удаа бүртгэгджээ. Тухайн хагарлын дагуух газар хөдлөлийн идэвхжилтийн зэрэг болон давтагдалтын утгыг Гутенберг-Рихтерийн хуулиар тооцоолон 2011-2021 оны хооронд болсон магнитуд нь 0.7 болон түүнээс хүчтэй газар хөдлөлтүүд бүрэн бүртгэгдэх боломжтой гэсэн 24890 гаруй газар хөдлөлтийг хамруулсан ба уг мэдээллээр тооцоолон газар хөдлөлтийн давтамжийн муруйг гаргахад газар хөдлөлтийн давтагдлын утга $b=0.717 \pm 0.004$ (*Magnitude completeness=0.7*) байгаа нь деформацийн хүчдэлийн энерги чөлөөлөгдөх процесс зүй тогтлын дагуу хэвийн түвшинд явагдаж байгаа төдийгүй хүчтэй газар хөдлөлт тохиолдох магадлал харьцангуй бага байгааг илэрхийлж байна.

Түлхүүр үг: Магнитуд, идэвхжил, давтагдалт, горимын судалгаа

ОРШИЛ

Алтайн уулс нь Төв Азийг бүрхсэн томоохон нурууны нэг бөгөөд ойролцоогоор 100000 км.кв талбайг эзлэн баруун Монгол, баруун хойд Хятад мөн Оросын нутагт оршдог. Дундаж өндөр нь 2500 м-ээс давах ба нэлээд хэдэн оргил нь 4000м-ээс өндөр байдаг. Уг нуруу нь баруун хойшоо чиглэсэн ба Оросын өмнөд Саяаны нуруутай гадаргуугаараа холбогддог бөгөөд энэ нь түүний баруун хойд төгсгөл юм. Алтай нь зүүн урд зүгт Зүүнгарын хөндий, зүүн хойд зүгт Монголын Их нуруудын хотгортой хил залгадаг. Уламжлал ёсоор, Монголын газрын зурагт бүх баруун болон баруун

өмнөд Монголын уулс нь Алтайн нурууны хэсэг болон дүрслэгддэг. Хэдий тийм боловч, геологийн 3 хэмжээст тусгал зургаас харахад Алтай нь 2 тусдаа нуруунаас тогтох ба гадаргуугийн хувьд ойролцоогоор 45°N , 95°E –д нийлэх Баруун Алтай ба Говь-Алтайн нуруунуудаас тогтоно (Cunningham D, 1996).

Баруун аймгуудын нутаг дэвсгэр нь Алтай ба Хангайн нуруудын өндөр өргөгдлийн уулархаг систем ба тэдгээрийг заагласан Их Нууруудын хотгор болон бусад уулс хоорондын хөндий зэрэг морфологийн томоохон элементүүдийг хамарсан байдаг. Бүс нутгийн ялгарлын

хувьд хөндийн хэсэгтээ далайн түвшнээс дээш 500 м, харин уулархаг хэсэгтээ 5000 м дээш байх бөгөөд тус бүс нутагт Монголын хамгийн өндөр цэг болох Алтай Таван Богд, Мөнххайрхан, Цамбагарав, Жаргалант, Сутай зэрэг сүрлэг уулс оршдог (Ulziibat M, 2006).

Төв Азийн газар хөдлөлийн идэвхтэй бүсийн нэг Алтайн бүсэнд 1903 оноос хойш магнитуд нь 5.5 ба түүнээс дээш хүчтэй газар хөдлөлт 60 гаруй болсноос Фу-Юн /Монгол Алтай/, Үүрэг нуур, Тахийн шар болон Чуйн газар хөдлөлтүүд гадаргууд эвдрэл үүсгэсэн байна. Мөн И.В. Мушкетов, А.П. Орлов нарын жагсаалтад тэмдэглэгдсэн 1761 оны 12 дугаарын 9-нд Монгол Алтайн нуруунд тохиолдсон Ар хөтлийн хагарлын дагуух бүс нутагт сул газар хөдлөлтүүд ажиглагдсаар байна. Түүнчлэн Жаргалант орчмын идэвхтэй бүс, Сутайн нурууны хөндий, Увс аймгийн үүрэг нуур, Цагаан шувуут, Хархираа, түргэний уулсын хөндий, Баян-Өлгий аймгийн Ачит нуурын хагарлын бүс, Толбо, Сагсайн хагарлын бүс, Алтайн хойд хэсгийн Чүйн орчмын идэвхтэй бүсүүдийг

ОРШИЛ

Жил бүр олон жижиг газар хөдлөлт, цөөн хэдэн том газар хөдлөлт болдог. 1954 онд Гутенберг, Рихтер нар 1918-1945 оны хооронд жил бүр магнитуд нь 4-4,9-тэй газар хөдлөлт 6000 гаруй, магнитуд 6-6,9-тэй газар хөдлөлт дунджаар 100 удаа болсон үзүүлэлтүүдийг ашиглан дүн шинжилгээ хийсний үр дүнд газар хөдлөх жилийн давтамж (N) ба магнитуд (M_s) хоорондын хамаарал нь логарифм байна гэж гаргаж ирсэн.

$$\log N = a - bM$$

СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ, МЭДЭЭЛЛИЙН САН БҮРДҮҮЛЭЛТ

Сейсмологийн судалгааны суурь материал бэлтгэн гаргахад Газар хөдлөлт болох, уул уурхайн тэсэлгээ хийх, бусад янз бүрийн шилжилт хөдөлгөөний улмаас чичирхийлэл болох тохиолдолд тэдгээрийн

нэрлэж болохоор байна (Ulziibat M, 2006). Баруун бүс нь Монгол орны газар хөдлөлтийн идэвхтэй бүс нутаг төдийгүй жил бүрийн ихэнх газар хөдлөлтүүд нь идэхтэй хагарлын дагуух бүс нутагт ихэвчлэн болж байдгаараа онцлогтой ба Ховд аймгийн төвд эрсдэл үүсгэж болзошгүй хагарлуудын дагуух газар хөдлөлтийн давтагдалт, идэвхжилтийг байнга харж, голомтын тархалтын байдлыг нарийвчлан судалж байх нь чухал юм.

Сүүлийн жилүүдэд газар хөдлөлтийн статистик тоо баримт өсөж, зарим газруудад мэдэгдэм хүчтэй газар хөдлөлтүүд тохиолдож байна. Эдгээр газар хөдлөлтүүдийн чичирхийлэл нь Ховд аймгийн төв болон хүн ам түлхүү суурьшсан суурин газруудад мэдрэгдэж ард иргэд газар хөдлөлтийн нөлөөллөөс үүсэх нөлөөллийг их бага хэмжээгээр мэдсэн. Тиймээс газар хөдлөлтийн болзошгүй аюулын эрсдэлийг үнэлэх, идэвхжилийг судлах, тандах асуудал хэрэгтэй юм.

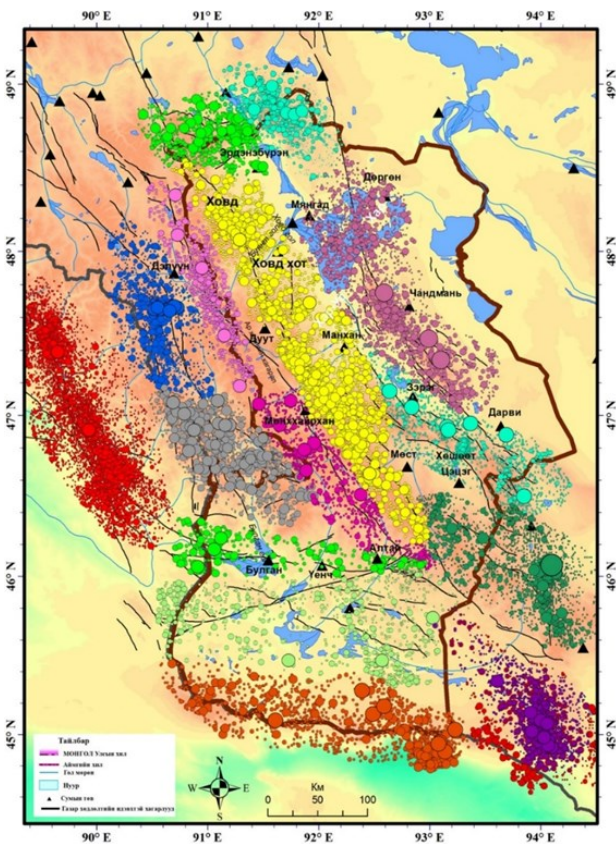
энд, a утга нь нэг бүс нутгаас нөгөө рүү шилжихэд 8 ба 9-ийн хооронд, харин b нь бүс нутгийн хувьд нэгж рүү дөхдөг. (Angelo De Santis, 2009).

Энэхүү хамаарлын давтамжийн муруй (Гутенберг-Рихтерын хууль)-г газар хөдлөлтийн идэвхжил өндөр бүс нутагт болсон газар хөдлөлтийн мэдээллийн сангийн мэдээллээр тооцоолон зурж үр дүнгээр нь газар хөдлөлтийн идэвхжил болон давтагдлын хугацааг тооцоолдог.

фазыг зөв таньж, үүссэн голомт буюу эпицентрийг зөв тодорхойлох явдал хамгийн чухал байдаг.

Горимын судалгаанд үндэслэж Ховд аймгийн төв болон хүн амын нягтаршил

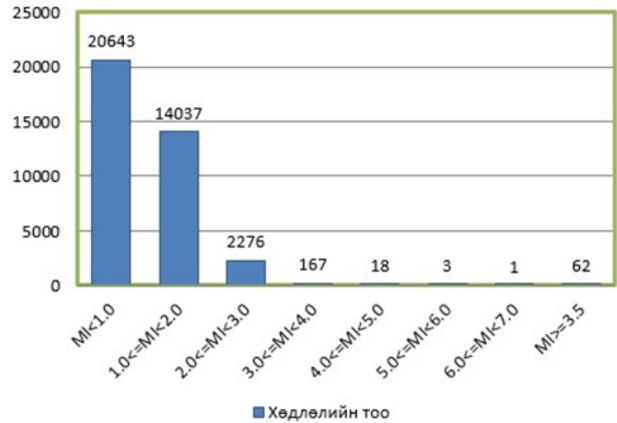
ихтэй суурин газруудад газар хөдлөлтийн нөлөөлөл, болзошгүй газар хөдлөлтийн эрсдэл хэр байгаа эсэх, газар хөдлөлтийн идэвхжил, давтагдалтын нөхцөл байдлыг гаргах зорилгын хүрээнд Ховд аймгийн нутаг дэвсгэр болон хил залгаа бүс нутагт тохиолдсон газар хөдлөлтийн мэдээлэлд судалгаа хийсэн. Зураг 1-д 2011-2021 онд Ховд аймгийн нутаг дэвсгэр болон хил залгаа бүс нутагт болсон газар хөдлөлтийн төвийн тархалтын зургийг идэвхтэй хагарлуудын дагуу идэвхжилийг дугуй дүрс бүхий өнгө өнгөөр ялган харуулав.



Зураг 1. Ховд аймгийн нутаг дэвсгэр болон хил залгаа бүс нутаг дахь газар хөдлөлтийн идэвхтэй хагарлуудын дагуу болсон газар хөдлөлтийн төвийн тархалт (2011-2021 он)

ШУА-ийн ООГХ-ийн Газар хөдлөл судлалын ҮМТ-ийн мэдээллийн сангаас Ховд аймгийн нутаг дэвсгэр болон хил залгаа бүс нутагт 2011-2021 онд нийт 37145 удаагийн газар хөдлөлт болсон байна. Үүнээс $M_l < 1.0$ газар хөдлөлт 20643, $M_l \geq 1.0$ газар хөдлөлт 16502 тус тус

болсон бөгөөд мэдэгдэм хүчтэй буюу магнитуд нь 3.5-аас их хүчтэй газар хөдлөлт 62 болжээ. Эдгээрээс магнитуд 5.0-аас дээш хүчтэй газар хөдлөлт 4 удаа болсон байна. Тухайн бүс нутагт тохиолдсон хөдлөлтийн тоог магнитудаар ангилж Зураг 2-т харуулав.



Зураг 2. 2011-2021 онд болсон Газар хөдлөлтийн магнитуд болон тоон хамаарлын график

Газар хөдлөлтийн тухайн жилд болсон газар хөдлөлтийн тоо хэмжээ, хугацаа / жил/-ны хамаарал (Зураг 3а), жил бүрийн давтагдлын b утга ба магнитуд, жил бүрийн давтагдлын утга b ба хугацааны хамаарлыг (Зураг 3б), (Зураг 3в)-т тус тус харуулав.

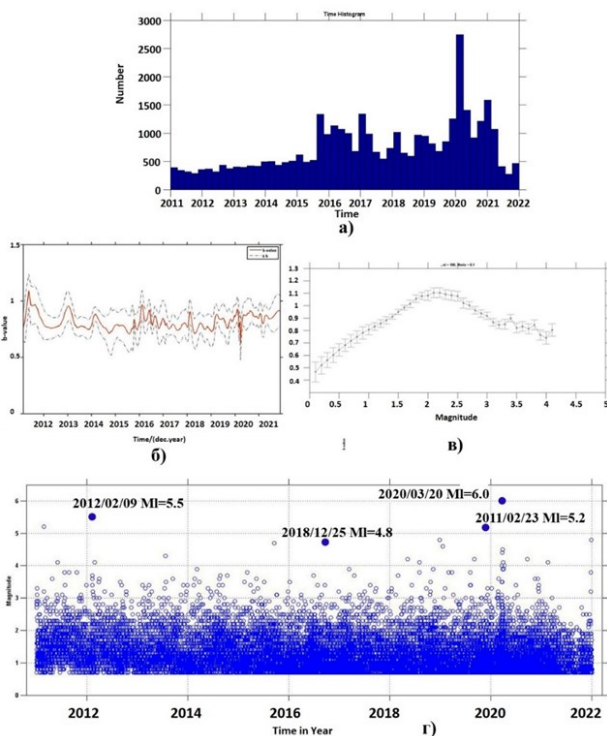
Энэ бүс нутагт 2011-2021 оны хооронд болсон магнитуд нь 0.7 болон түүнээс дээш болсон газар хөдлөлтүүд бүрэн бүртгэгдэх боломжтой гэсэн 24890 гаруй газар хөдлөлтийг хамруулсан (Зураг 3г) ба уг мэдээллээр тооцоолсон газар хөдлөлтийн давтамжийн муруйг гаргахад газар хөдлөлтийн давтагдалт $b=0.717 \pm 0.004$ ($Magnitude\ completeness=0.7$) байгаа нь деформацийн хүчдэлийн энерги чөлөөлөгдөх процесс зүй тогтлын дагуу хэвийн дундаж түвшинд явагдаж байгаа төдийгүй хүчтэй газар хөдлөлт тохиолдох магадлал харьцангуй бага байгааг илэрхийлж байна. Үр дүнг (Зураг 4а)-т харуулсан зургаас харж болно.

Дээрх тооцооллоор газар хөдлөлтийн идэвхжилтийн зэрэг буюу $a=4.9$ байна

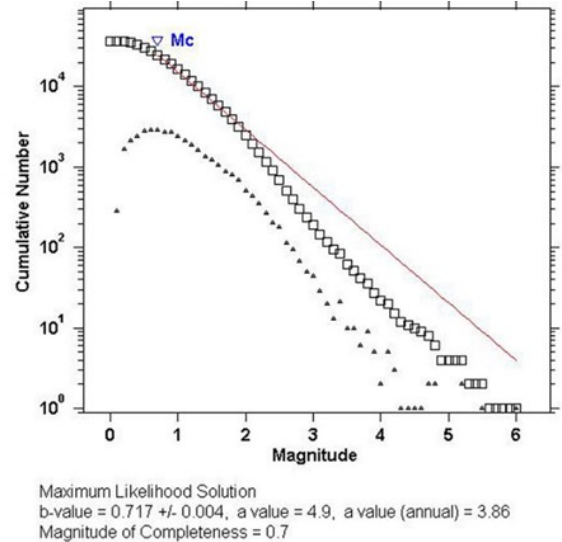
(Зураг 4а). Энэ нь Монголын нутаг дэвсгэрийн сүүлийн 10 жилийн мэдээллээр тооцож гаргасан ($a=5.3$) үр дүн (Одон орон, 2021)-тэй харьцуулахад тус бүс нутагт хүчтэй газар хөдлөлтийн давтамжаас хамаарсан идэвхжил харьцангуй их түвшинд буюу идэвхжил өндөртэй байна.

Мөн “Magnitude completeness” буюу хамгийн их магнитудын давтамжда дундаж утгыг өсгөж тооцоолж газар хөдлөлтийн давтамжийн муруйг гаргахад газар хөдлөлтийн давтамжлын утга $b=0.98\pm 0.01$ (Magnitude completeness=1.6) байгаа нь деформацийн хүчдэлийн энерги чөлөөлөгдөх процесс зүй тогтлын дагуу хэвийн түвшинд явагдаж байгаа төдийгүй хүчтэй газар хөдлөлт тохиолдох магадлал бага байгааг илэрхийлж байна.

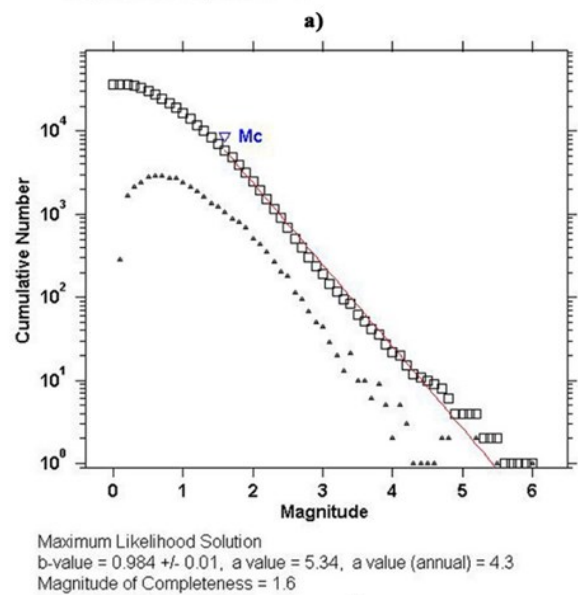
Газар хөдлөлтийн идэвхжилтийн зэрэг буюу $a=5.34$, жилийн дундаж идэвхжилтийн зэрэг 4.3 байгаа нь Монголын нутаг дэвсгэрийн сүүлийн 10



Зураг 3. а) 2011-2021 онд болсон газар хөдлөлтийн тоо болон хугацаа /жил/-ны хамаарал, б) Жил бүрийн давтамжын b утга ба хугацааны хамаарал, в) Жил бүрийн давтамжын a утга b ба магнитудын хамаарал, г) Магнитуд ба хугацааны хамаарал



Maximum Likelihood Solution
 b -value = 0.717 +/- 0.004, a value = 4.9, a value (annual) = 3.86
 Magnitude of Completeness = 0.7



Maximum Likelihood Solution
 b -value = 0.984 +/- 0.01, a value = 5.34, a value (annual) = 4.3
 Magnitude of Completeness = 1.6

б)

Зураг 4. Газар хөдлөлтийн давтамжийн муруй (Гутенберг-Рихтерийн хууль)

жилийн мэдээллээр тооцож гаргасан ($a=5.3$) үр дүнтэй харьцуулахад газар хөдлөлтийн идэвхжил адил тэнцүү байгааг харуулж байна (Зураг 4б).

Дээрх үр дүнгүүдээс дүгнэхэд газар хөдлөлтийн идэвхжил өндөр хэдий ч хүчтэй газар хөдлөх магадлал багатай, магнитуд нь 1-ээс их байх газар хөдлөлтийн идэвхжил өндөртэй байна.

Энэхүү судалгаагаар 2011-2021 онд Ховд аймгийн нутаг дэвсгэр болон хил залгаа бүс нутаг дахь суурин газар болох аймаг, сумын төвүүд болон хүн амын нягтаршил ихтэй газруудад газар хөдлөлтийн үйлчлэл, нөлөөлөл хэр байж болохыг газар хөдлөлтийн идэвхжилийн

зэрэг болон давтагдлын судалгаагаар гаргасан.

Мөн Ховд аймгийн төв (<200км)-д газар хөдлөлтийн болзошгүй аюул ойрхон бүс нутгийн горимын судалгааны сонгож авсан хэсэгт Ховд аймгийн нутаг дэвсгэрт

оршдог Ховд хагарал /Ар хөтөл/, Жаргалант, Цамбагарав, Алтанхөхий, Хөх сэрх, Мөнххайрхан зэрэг уулын хагарлын системийн бүс нутгийг хамааруулж авч үзсэн болно.

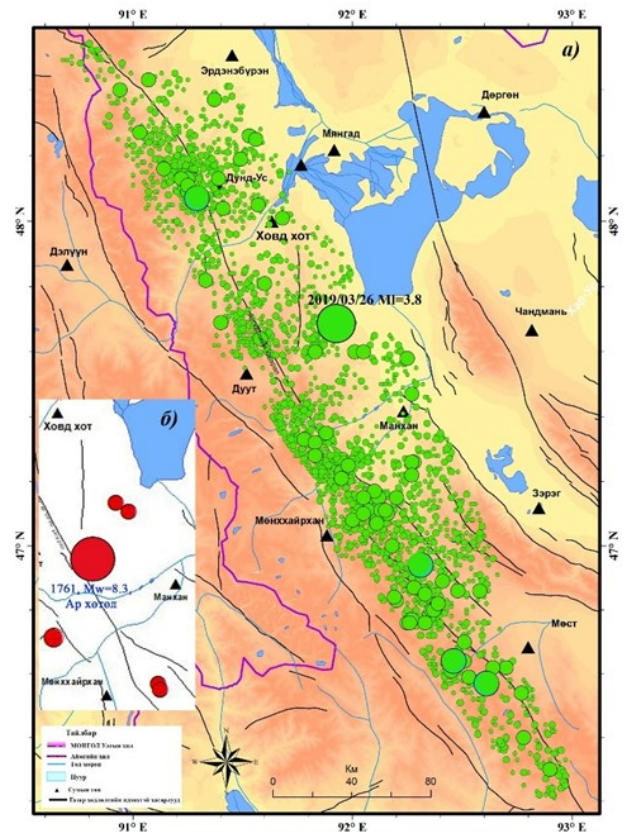
ИДЭВХТЭЙ ХАГАРЛУУДЫН ДАГУУХ ГОРИМЫН СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН (аймгийн төвөөс 200км-ээс бага зайнд)

Ар хөтлийн хагарлын дагуух бүс нутаг. Ховд аймгийн төвөөс баруун тийш 20 гаруй км зайнд 215 орчим км урт хагарлын ул мөр байдаг. Энэ хагарлын ул мөрийг 1761 онд магнитуд нь 8.3-тай хүчтэй газар хөдлөлтөөр үүссэн гэж таамагладаг. (Зураг 5)-д баруун доод булан дахь зураг дээр улаан бөөрөнхий тэмдэгтээр харуулав. Энэхүү хүчтэй газар хөдлөлтийн нөлөөгөөр Ар хөтлийн хэмээх хагарал үүссэн байж болох бөгөөд энэ хагарал нь 4-10м баруун гарын шилжилттэй гэж судлаачид гаргасан байдаг. (Хилько С.Д, 1985).

Энэ хагарлын дагуух бүс нутагт 2011-2021 онд 3137 удаагийн газар хөдлөлт бүртгэгдсэнээс $M \leq 1.0$ -тэй газар хөдлөлт 2303 удаа, $M > 1.0$ -тэй газар хөдлөлт 834 удаа тус тус болсон байна. Эдгээрээс магнитуд нь 3.0 болон түүнээс дээш хүчтэй газар хөдлөлт 5 удаа тохиолдсон байна. (Зураг 5)-д Ховд хагарлын дагуух болсон газар хөдлөлтийн төвийн тархалтыг харуулав. Тус хугацаанд болсон хамгийн хүчтэй газар хөдлөлт нь 2019 оны 03 сарын 26-ны өдрийн 14 цаг 12 минутад Ховд аймгийн төвөөс зүүн урд зүгт 37 км-ийн зайд магнитуд нь $M 3.8$ -тай газар хөдлөлт юм. болсон Энэ хөдлөлийг (Зураг 5)-д ногоон бөөрөнхий тэмдэгтээр дүрсэлж харуулсан. Энэхүү газар хөдлөлтийн төв нь Буянт сумын нутаг дахь Наранхайрхан багийн Ямаат Улаан уулын орчимд байсан бөгөөд Ховд аймгийн төвөөс 37 км, Манхан сумын төвөөс 42 км, Зэрэг сумын төвөөс 99 км, Дуут сумын төвөөс 32 км, Мянгад сумын төвөөс 56 км, Буянт сумын төвөөс 51 км, Ховд сумын төвөөс 57 км, Чандмань сумын төвөөс 70 км зайтай байна. Гол газар хөдлөлтийн дараа 10 гаруй

удаагийн давталт газар хөдлөлт болсон хэдий ч магнитуд нь $M 3.5$ -аас дээш хүчтэй газар хөдлөлт болоогүй байна.

Аймгийн төвийн иргэд болон зэргэлдээх сумдаас макро мэдээлэл цуглуулсан ба Аймгийн төвийн иргэд нэлээд мэдэрсэн бөгөөд сумуудын хувьд Эрдэнэбүрэн, Ховд сумдад илүү мэдрэгдсэн байна. Ихэнх хүмүүс хүнгэнэсэн дуу гарсан, гэр чахран дуугарч



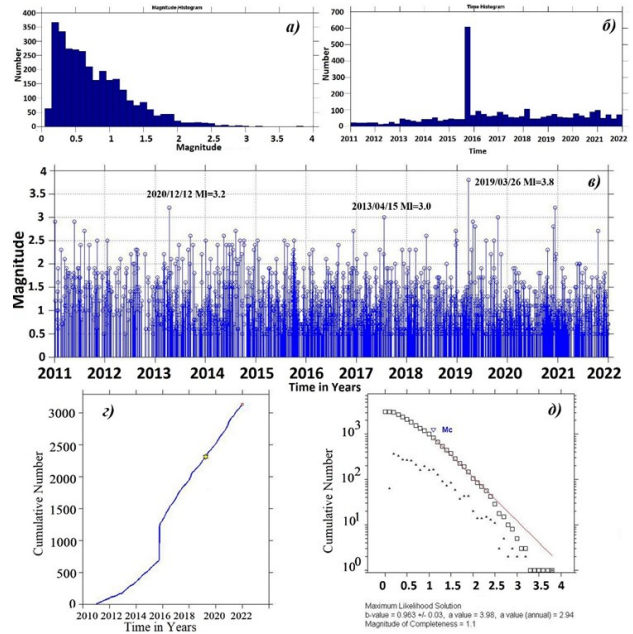
Зураг 5. а) 2011-2021 онд Ар хөтлийн хагарлын дагуух бүс нутагт болсон газар хөдлөлтийн төвийн тархалтын зураг. б) зураг дээр улаан бөөрөнхий тэмдэгтээр тухайн бүс нутагт болсон түүхэн хүчтэй газар хөдлөлтийн мэдээллийг харуулсан.

яндан зуух харшин дуугарах, зарим нэг хүмүүс дотор муухайрах зэргээр мэдэрсэн бөгөөд хүмүүсээс асуусан аман асуулга, макро мэдээний үр дүнгээс харахад аймгийн төвийн иргэдэд газар хөдлөлтийн чичирхийлэл III-IV баллаар мэдрэгдсэн байна.

Харин аймгийн төвөөс хойд чиглэлд байгаа Ховд, Эрдэнэбүрэн сумдын ард иргэдэд уг газар хөдлөлтийн чичирхийлэл нь II-III Баллаар мэдрэгдсэн бол урагшаа байх Манхан, Зэрэг, Мөстөд чичирхийллийн нөлөөлөл бараг мэдрэгдээгүй нь сонирхол татаж байгаа юм. Ховд хагарлын дагуух бүс нутагт 2011-2021 онд болсон газар хөдлөлтийн тоо ба магнитуд, газар хөдлөлтийн тоо хэмжээ ба хугацааны хамаарлыг (жилээр) (Зураг 6а), (Зураг 6б)-т харуулав. (Зураг 6г)-аас харахад 2015 онд газар хөдлөлтийн тоо огцом өссөн нь харагдаж байна. Энэ нь 2015 оны 10-р сарын 01-02-нд шилжих шөнө орон нутгийн цагаар 03 цаг орчмоос эхлэн Мөнххайрхан сумаас хойд зүгт 20 орчим км-ийн зайд сулавтар (магнитуд < 2.5) газар хөдлөлтүүд ойр ойрхон ажиглагдаж эхэлсэнтэй холбоотой.

Тухайн газар хөдлөлтүүдээс хамгийн хүчтэй нь 2015/10/02-нд орон нутгийн цагаар 06:03 минутад болсон газар хөдлөлт ($j=47.24$, $l=91.97$) магнитуд нь $M2.3$ -тай газар хөдлөлт юм. 2015 оны 10 дугаар сарын 09-н хүртэл энэ бүс нутагт 560 орчим удаагийн сул болон сулавтар хөдлөлтүүд ажиглагдсаар байсан.

2011-2021 оны мэдээлэлд анализ хийснээр магнитуд нь 0.5-аас их хүчтэй газар хөдлөлтийг бүрэн бүртгэх боломжтой (Зураг 6в) гэж үзэн 2100 гаруй газар хөдлөлтийн мэдээллээр тооцоолон газар хөдлөлтийн давтамжийн муруйг гаргахад газар хөдлөлтийн давтагдлын утга $b=0.963$ (*Magnitude completeness = 1.1*) байгаа нь газар хөдлөлтийн голомтын деформацийн хүчдэлийн энерги чөлөөлөгдөх процесс зүй тогтлын дагуу хэвээр явагдаж байгаа буюу хүчтэй газар хөдлөлт тохиолдох магадлал бага байгааг илэрхийлж байна (Зураг 6д).



Зураг 6. 2011-2021 онд Ар хөтлийн хагарлын дагуух бүс нутагт болсон газар хөдлөлтийн мэдээллийн сангаар гаргасан үр дүн. а) тухайн жилд болсон газар хөдлөлтийн тоо болон магнитудын хамаарал, б) Газар хөдлөлтийн тоо болон хугацаа /жил/-ны хамаарал, в) Магнитуд ба хугацааны хамаарал /мэдээлэл гүйцээлт/, г) Жил бүрийн газар хөдлөлтийн нийт тоо ба хугацааны хамаарал, д) Газар хөдлөлтийн давтамжийн муруй (Гутенберг-Рихтерийн хууль)

Мөн энэ бүс нутагт газар хөдлөлтийн идэвхжилтийн зэрэг буюу $a=3.98$ байна (Зураг 6д). Энэ нь тус бүс нутагт хүчтэй газар хөдлөлтийн давтамжаас хамаарсан идэвхжил харьцангуй дундаж түвшинд байна гэж дүгнэж болохоор байна.

Энэ хагарлын дагуух бүс нутагт тохиолдох газар хөдлөлтийн гамшгийн эрсдэлийг Ховд аймгийн төв болон Дуут, Мөнххайрхан, Манхан, Зэрэг, Дарви, Чандмань, Мөст, Цэцэг, Хөшөөт, Ховд, Эрдэнэбүрэн, Буянт, Мянгад, Дөргөн зэрэг хүн амын нягтрал ихтэй суурин газруудад тооцох нь маш чухал юм. Хэдийгээр хүчтэй газар хөдлөлтийн тохиолдох магадлал бага байгаа хэдий ч газар хөдлөлтийн идэвхжил жил бүр нэмэгдэж байгаа нь анхаарууштай асуудал юм.

Тиймээс Ховд аймгийн төвд газар хөдлөлтийн гамшгийн аюул учруулж болох хамгийн ойрхон голомт бол Ховд хагарлын

дагуух бүс нутаг болж байна. Иймд энэ бүс нутагт болж байгаа жил бүрийн газар хөдлөлтийн идэвхжилийг тандан судалж байх нь зүйтэй юм.

Хөх сэрх-Мөнххайрхан-Түргэний гол орчмын бүс нутаг. Энд Хөх сэрхийн нуруунаас Мөнххайрхан уулын бүс, түүний баруун тал дахь Баян-Өлгийн Булган сумын Түргэний голын хагарлын орчмын бүс нутаг хүртэлх сунаж тогтсон уулсын бүс нутгийг хамааруулж авч үзсэн (Зураг 7).

Хөх сэрхийн нурууны дагуух хагарлын бүс нутаг: Толбо нуур орчмын хагарлын бүсээс эхлэлтэй Мөнххайрхан уулын

хагарлын бүс хүртэлх хөх Сэрхийн нурууны хойд бэлээр дайран өнгөрсөн хагарлын системийн дагуух бүс нутагт газар хөдлөлтүүд байнга болсоор байдаг.

Хөх Сэрхийн нурууны хагарлын ойролцоо магнитуд 5.3 (1938/09/20)-тай, магнитуд 5.8 (1933/01/21)-тай хүчтэй газар хөдлөлтүүд болсон байдаг. Мөн хагарлын орчимд магнитуд 4.1 (1961/10/24)-тэй хөдлөлт болж байжээ (Зураг 7-ийн баруун дээд буланд ногоон ногоон дугуйгаар тэмдэглэгдсэн).

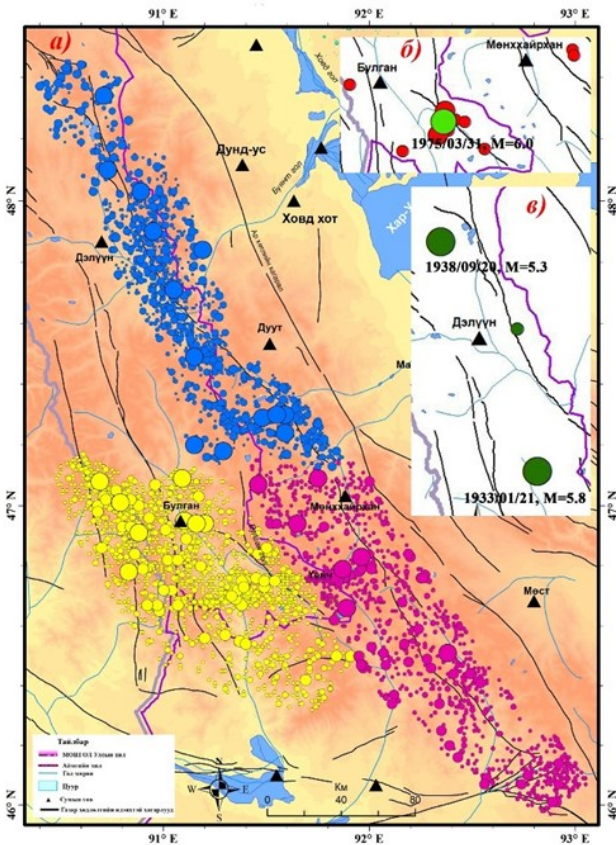
Энэхүү судалгааны сонгож авсан бүс нутагт 2011-2021 онд 1600 гаруй хөдлөл болсноос $M \leq 1.0$ хөдлөл 1430, $M > 1.0$ хөдлөл 170, мэдэгдэм хүчтэй буюу магнитуд нь 3.5-аас их байх хөдлөл 1 удаа тус тус бүртгэгджээ (Зураг 7-д цэнхэр өнгөөр тэмдэглэгдсэн).

Хүнд мэдрэгдэм болсон хөдлөл нь 2017 оны 03 сарын 13-ны өглөөний орон нутгийн цагаар 04 цаг 41 минутад Баян-Өлгий аймгийн Дэлүүн сумаас зүүн зүгт 27 км-ийн зайд магнитуд нь $M=3.9$ -тэй газар хөдлөлт болсон бөгөөд магнитуд 2-оос дээш хүчтэй давтан хөдлөлт 6 удаа бүртгэгдсэн байдаг.

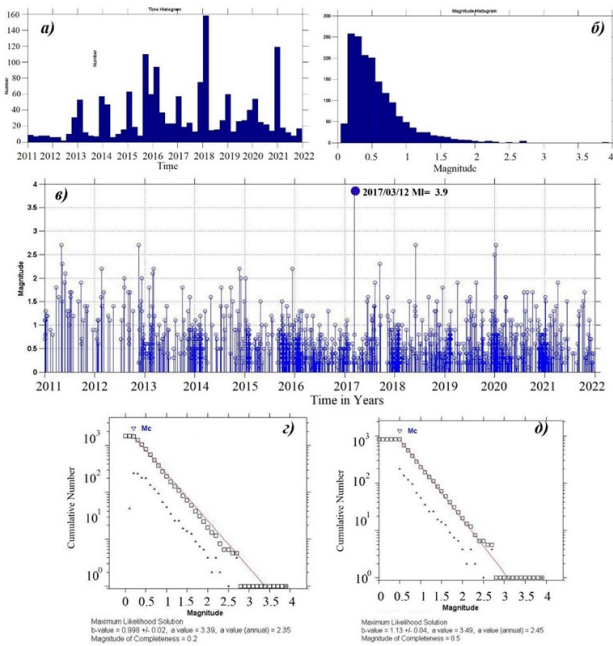
Эдгээр газар хөдлөлтийн эпицентр нь Хөх сэрхийн нурууны баруун талд бөгөөд бэлд Ховд аймгийн төв, Ховд сум, Эрдэнэбүрэн сум, Дуут сум зэрэг газар хөдлөлтийн чичирхийлэл илүү мэдрэгдсэн сумдын иргэдээс авсан 100 гаруй макро мэдээний судалгаагаар Ховд аймгийн төв болон зарим ойролцоох сумдад III-V баллаар мэдрэгдсэн нь иргэдээс авсан макро судалгаагаар гарсан байдаг.

Энэ бүс нутгийн хувьд 2011-2021 онд болсон газар хөдлөлтийн тоо хэмжээ, хугацааны хамаарал болон газар хөдлөлтийн тоо, магнитудын хамаарлыг харуулав (Зураг 8а, Зураг 8б).

Энэ бүс нутгийн горимын судалгаанд сонгож авсан мэдээлэлд “мэдээлэл гүйцээлт” хийснээр 2011-2021 оны хооронд болсон магнитуд нь 0.2 болон түүнээс хүчтэй газар хөдлөлтүүд бүрэн бүртгэгдэх боломжтой гэсэн 1450 гаруй газар



Зураг 7. 2011-2021 онд Хөх сэрхийн нурууны хагарлын системээс Мөнххайрхан уулын хагарлын систем хүртэлх бүс нутагт болсон газар хөдлөлтийн төвийн тархалт. а) цэнхэр тэмдэгтээр Хөх сэрхийн нурууны дагуух хагарлын газар хөдлөлтийн идэвхжилт, нил ягаан тэмдэгтээр Мөнххайрхан уулын хагарлын системийн дагуух газар хөдлөлтийн идэвхжилт, шар тэмдэгтээр Түргэний гол орчмын хагарлын дагуух газар хөдлөлтийн идэвхжилтийг тус тус харуулсан. Зургийн зүүн дээд буланд б), в) зурагт түүхэн газар хөдлөлтийн мэдээллийг үзүүлсэн.



Зураг 8. Хөх сэрхийн нурууны орчмын хагарлын дагуух бүс нутагт болсон газар хөдлөлтийн 2011-2021 оны мэдээллийн сангаар гаргасан үр дүн. а) Газар хөдлөлтийн жил бүрийн тоо хэмжээ ба хугацаа /жил/-ны хамаарал, б) Тухайн жилд болсон газар хөдлөлтийн тоо хэмжээ ба магнитудын хамаарал, в) Магнитуд ба хугацааны хамаарал /мэдээлэл гүйцээлт/, г) Газар хөдлөлтийн давтамжийн муруй (Гутенберг-Рихтерийн хууль, $M_c=0.2$), д) Газар хөдлөлтийн давтамжийн муруй (Гутенберг-Рихтерийн хууль, $M_c=0.5$)

хөдлөлтийг хамруулсан (Зураг 8в) ба мэдээллээр тооцоолон газар хөдлөлтийн давтамжийн 2 муруйг гаргахад газар хөдлөлтийн давтамжийн утга $b=0.998\pm 0.02$ (*Magnitude completeness*=0.2), $b=1.13\pm 0.04$ (*Magnitude completeness*=0.2) тус тус гарч байгаа нь энерги чөлөөлөгдөх процесс зүй тогтлын дагуу хэвийн явагдаж байгаа төдийгүй хүчтэй газар хөдлөлт тохиолдох магадлал бага байгааг илэрхийлж байна (Зураг 8г, Зураг 8д Хөх Сэрхийн нурууны хагарлын дагуух газар хөдлөлтийн давтамжийн муруй (Гутенберг-Рихтерийн хууль)).

Мөн энэ бүс нутагт газар хөдлөлтийн идэвхжилтийн зэрэг буюу $a=3.39$ байна (Зураг 8г, Зураг 8д). Энэ нь тус бүс нутагт хүчтэй газар хөдлөлтийн давтамжаас хамаарсан идэвхжил харьцангуй дундаж түвшинд байна гэж дүгнэж болохоор байна.

Мөнххайрхан уулын бүс: Хөх Сэрхийн нурууны хойд талаар дайран өнгөрч байгаа хагарлын төгсгөл хэсгээс Мөнххайрхан сумаас эхлэлтэй өндөр уулын системийн хагарлын дагуу газар хөдлөлтүүдийн идэвхжил байнга ажиглагддаг. Энэ бүс нутагт магнитуд 3.6 (1986/03/26)-тай, магнитуд 4.1 (2003/08/30)-тэй хүчтэйвтэр газар хөдлөлтүүд болсон байдаг.

Энэхүү судалгааны сонгож авсан бүс нутагт 2011-2021 онд 1212 хөдлөл болсноос $M_I \leq 1.0$ хөдлөл 817, $M_I > 1.0$ хөдлөл 395, $M_I \geq 3.0$ хөдлөл 7, мэдэгдэм хүчтэй буюу магнитуд нь 3.5-аас их байх хөдлөл 1 удаа тус тус бүртгэгджээ (Зураг 7-д ягаан өнгөөр тэмдэглэгдсэн).

Гол онцлох хөдлөлт нь 2020 оны 12 сарын 04-ний өдөр орон нутгийн цагаар 20 цаг 52 минутад Ховд аймгийн Мөнххайрхан сумаас урд зүгт 30 км-ийн зайд магнитуд нь $M=3.6$ -тай газар хөдлөлт болж макро судалгааны ажил хийгдсэн. Газар хөдлөлт болсон газар нь Мөнххайрхан сумын Борт багийн Индэрт гэдэг газар болсон ба зуны зуслангийн газар учраас малчид ямар нэгэн байдлаар мэдрээгүй байсан.

Харин 2020 оны 11-р сарын 28-ны өдөр орон нутгийн цагаар 21:54-д болсон магнитуд 2.8-тай газар хөдлөлт сумын төвийн хүмүүст чичирхийлэл мэдрэгдэж хүчтэй хүнгэнэх дуу гарсан гэсэн мэдээлэл ирүүлсэн.

Мөнххайрхан сумаас урт зүгт 30км орчим газарт газар хөдлөлтийн идэвхтэй голомттой газар байгаа нь тэрхүү газар хавьд магнитуд нь 2-3-тай газар хөдлөлтүүд нэлээд ажиглагдсанаас харж болох юм (Зураг 7-д ягаан өнгөөр тэмдэглэгдсэн).

Энэ бүс нутгийн хувьд 2011-2021 онд болсон газар хөдлөлтийн тоо ба хугацааны, мөн тухайн жилд болсон газар хөдлөлтийн тоо хэмжээ, магнитудын хамаарлыг (Зураг 9а, Зураг 9б)-т тус тус харуулав.

Энэ бүс нутгийн горимын судалгаанд сонгож авсан мэдээлэлд “мэдээлэл гүйцээлт” хийснээр 2011-2021 оны хооронд

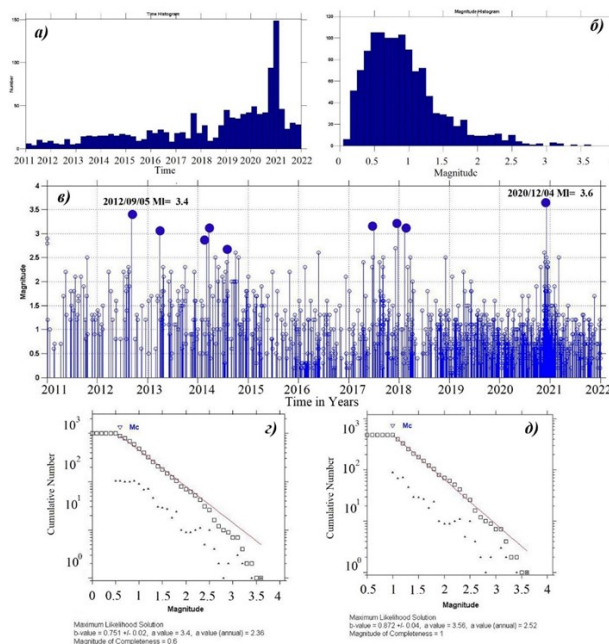
болсон магнитуд нь 0.6 болон түүнээс хүчтэй газар хөдлөлтүүд бүрэн бүртгэгдэх боломжтой гэсэн 1450 гаруй газар хөдлөлтийг хамруулсан (Зураг 9в) ба энэ мэдээллээр тооцоолон газар хөдлөлтийн давтамжийн 2 муруйг зурахад газар хөдлөлтийн давтагдалтын утга $b=0.751 \pm 0.02$ (*Magnitude completeness*=0.6) ба давтагдалтын утга $b=0.872 \pm 0.04$ (*Magnitude completeness* =1.0) тус тус байгаа нь деформацийн хүчдэлийн энерги чөлөөлөгдөх процесс харьцангуй хэвийн явагдаж байгаа төдийгүй хүчтэй газар хөдлөлт тохиолдох магадлал бага байгааг илэрхийлж байна (Зураг 9г, Зураг 9д).

Мөн газар хөдлөлтийн идэвхжилтийн зэрэг буюу $a=3.5$, жил бүрийн идэвхжилийн зэрэг 2.46 байна (Зураг 9г). Энэ нь Монголын нутаг дэвсгэрийн сүүлийн 10 жилийн мэдээллээр тооцож гаргасан ($a=5.3$) үр дүнтэй харьцуулахад тус бүс нутагт хүчтэй газар хөдлөлтийн давтамжаас хамаарсан идэвхжил харьцангуй дундаж түвшинд байна гэж дүгнэж болохоор байна.

Булган /Түргэний гол/-ы бүс нутагт: Энэ голын бүс нутагт болсон хамгийн хүчтэй газар хөдлөлт нь 1975 оны 03-р сарын 31-нд магнитуд нь 5.8-тай болж байсан. Энэ хөдлөлт болохоос өмнө 3-р сарын 28-нд магнитуд нь 4,7-тай газар хөдлөлт болсон байдаг. Баян-Өлгий, Ховд аймгийн хилийн бүс дамнаж болсон учраас Булган (Мөнххайрхан)-ны газар хөдлөлт гэж нэрлэдэг бөгөөд Түргэний голын гүний хагарлын бүсэд тохиолдсон (С.Д.Хилько, 1985).

Уг газар хөдлөлт Түргэний голын зүүн цутгалангийн эх, Булган голын хөндийд хамгийн хүчтэйгээр мэдрэгдэж энэ орчмын ойролцоох хавцлуудад хадны нуралт үүсэж, шороо чулуу нурснаас болж Булган голын баруун эргийн автомашины замыг хаасан байжээ (М.Адъяа, 2020).

Энэ хүчтэй газар хөдлөлтийн нөлөөлөл нь голомтдоо магнитуд 6,0-тай буюу 8 балл, голомтоосоо 15-20км-т VII-VIII балл, 30-90км-т VI балл, 100-145км-т



Зураг 9. Мөнххайрхан уулын орчмын салбар хагарлын бүс нутагт болсон газар хөдлөлтийн 2011-2021 оны мэдээллийн сангаар гаргасан үр дүн. а)Газар хөдлөлтийн жил бүрийн тоо хэмжээ ба хугацаа /жил/-ны хамаарал, б) Тухайн жилд болсон газар хөдлөлтийн тоо хэмжээ ба магнитудын хамаарал /мэдээлэл гүйцээлт/, г) Газар хөдлөлтийн давтамжийн муруй (Гутенберг-Рихтерийн хууль, $M_c=0.6$), д) Газар хөдлөлтийн давтамжийн муруй (Гутенберг-Рихтерийн хууль, $M_c=1.0$)

V балл, 200-260 км-т IV балл тус тус хүрч байжээ (Хилько С.Д, 1985).

Тухайн үед 100-140 км зайнд байсан Ховд аймгийн төв, Дэлүүн, Манхан сумын төвд 5 баллаар мэдрэгдэж байсан нь энэхүү голомтод магнитуд нь 6-аас дээш хүчтэй газар хөдлөлт болбол аймгийн төв болон суурин газруудад нөлөөлөх үйлчлэл ихэсч гамшиг учруулж мэдэх аюулын голомттой бүс нутаг юм.

Энэ бүс нутагт 2011-2021 онд 1811 удаагийн газар хөдлөлт тохиолдсон бөгөөд $M \leq 1.0$ хөдлөл 1337, $M > 1.0$ хөдлөл 474, $M \geq 3.0$ хөдлөл 12, мэдэгдэм хүчтэй буюу магнитуд нь 3.5-аас их байх хөдлөл 2 удаа тус тус бүртгэгджээ (Зураг 7-д шар өнгөөр тэмдэглэгдсэн).

Энэ бүс нутагт 2011-2021 онд болсон газар хөдлөлтийн тоо ба хугацааны (Зураг 10а), мөн тухайн жилд болсон газар хөдлөлтийн тоо хэмжээ, магнитуд (Зураг

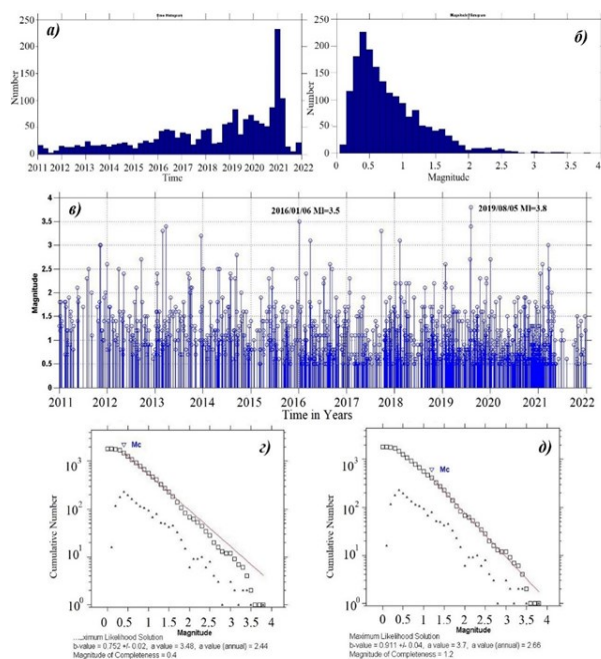
10б)-г тус тус харуулсан ба 2021 онд газар хөдлөлтийн тоо хэмжээ огцом өссөн, $M_I > 1.0$ байх хөдлөлтүүд нийт хөдлөлтийн ихэнх хувийг эзэлж байгааг харж болохоор байна.

Энэ бүс нутгийн хувьд 2011-2021 оны хооронд болсон магнитуд нь 0.4 болон түүнээс хүчтэй газар хөдлөлтүүд бүрэн бүртгэгдэх боломжтой гэсэн 1274 гаруй газар хөдлөлтийг хамруулсан (Зураг 10в) ба энэхүү мэдээллээр тооцоолон газар хөдлөлтийн давтамжийн 2 муруйг гаргахад газар хөдлөлтийн давтагдлын утга $b=0.752 \pm 0.02$ (Magnitude completeness = 0.4), $b=0.911 \pm 0.04$ (Magnitude completeness = 1.2) тус тус байгаа нь энерги чөлөөлөгдөх процесс зүй тогтлын дагуу хэвийн явагдаж байгаа төдийгүй хүчтэй газар хөдлөлт тохиолдох магадлал бага байгааг илэрхийлж байна (Зураг 10г, Зураг 10д).

Мөн энэ бүс нутагт газар хөдлөлтийн идэвхжилтийн зэрэг буюу $a=3.7$ байна. (Зураг 10д). Энэ нь Монголын нутаг дэвсгэрийн сүүлийн 10 жилийн мэдээллээр тооцож гаргасан ($a=5.3$) үр дүнтэй харьцуулахад тус бүс нутагт хүчтэй газар хөдлөлтийн давтамжаас хамаарсан идэвхжил харьцангуй их түвшинд байна гэж дүгнэж болохоор байна.

Дэлүүн сумын орчмын газар хөдлөлтийн идэвхжилт бүхий бүс нутаг. Сүүлийн үед газар хөдлөлтийн идэвхжил өндөр байгаа Дэлүүн сумаас зүүн урд өндөр уулсын орчмын хагарлын дагуух бүс нутгийг хамруулж идэвхжилийн зэрэг, давтагдлын судалгааг гаргасан. (Зураг 11) - д цэнхэр бөөрөнхий дүрсээр Дэлүүн сумын орчмын хагарлын дагуух газар хөдлөлтийн төвийн тархалтыг харуулав.

Энэ бүс нутагт 2018 оны 8 дугаар сарын 3-нд Баян-Өлгий аймгийн Дэлүүн сумын төвөөс баруун урагш 95 км-ийн зайд магнитуд 3.9-тэй, 2018 оны 11 дүгээр сарын 10-нд Дэлүүн сумын төвөөс урагш 25 км-ийн зайд магнитуд нь 3.9-тэй газар хөдлөлтүүд тус тус болсон байдаг. 2020 оны 2 дугаар сарын 22-нд Баян-Өлгий аймгийн Дэлүүн сумын төвөөс урагш 22 км

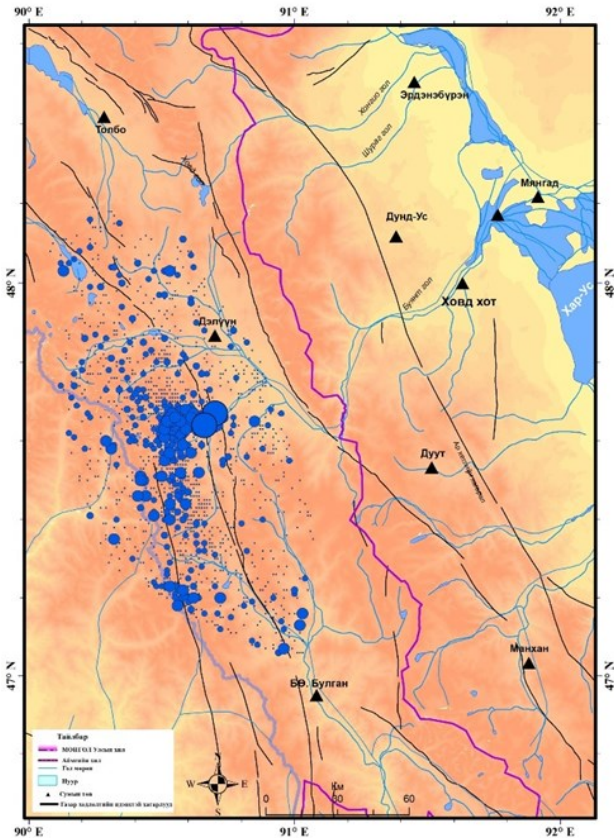


Зураг 10. Түргэний голын орчмын хагарлын бүс нутагт болсон газар хөдлөлтийн 2011-2021 оны мэдээллийн сангаар гаргасан үр дүн. а) Газар хөдлөлтийн жил бүрийн тоо хэмжээ ба хугацаа /жил/-ны хамаарал, б) Тухайн жилд болсон газар хөдлөлтийн тоо хэмжээ ба магнитудын хамаарал /мэдээлэл гүйцээлт/, г) Газар хөдлөлтийн давтамжийн муруй (Гутенберг-Рихтерийн хууль, $M_c=0.4$), д) Газар хөдлөлтийн давтамжийн муруй (Гутенберг-Рихтерийн хууль, $M_c=1.2$)

-ийн зайд байсан бөгөөд магнитуд 3.6-тай болсноос хойш давтан хөдлөлтийн тоо ихээр нэмэгдэж давтан хөдлөлтийн тоо 1000 гаруй удаа болсон (Зураг 11).

Газар хөдлөлтийн төв нь Дэлүүн сумын Ганц модны даваа орчимд Алтайн нурууны өндөр уулсын бүсэд болсон бөгөөд давтан хөдлөл ихээр ажиглагдах болсон нь ихээхэн анхаарал татаж байна. Бидний сонгож авсан хэсгийн судалгаагаар энэ хагарлын системийн бүс нутагт 2011-2021 онд 2600 гаруй удаагийн газар хөдлөлт тохиолдсон бөгөөд $M_I \leq 1.0$ хөдлөл 1957 удаа, $M_I > 1.0$ хөдлөл 646 удаа, $M_I \geq 3.0$ хөдлөл 10 удаа, мэдэгдэм хүчтэй буюу магнитуд нь 3.5-аас их хөдлөл 2 удаа тус тус бүртгэгджээ.

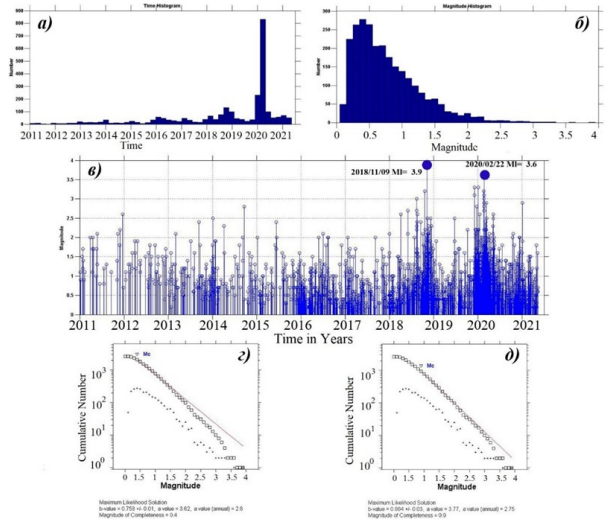
Энэ бүс нутагт 2011-2021 онд болсон газар хөдлөлтийн тоо ба хугацаан (Зураг 12а)-ны, мөн тухайн жилд болсон газар хөдлөлтийн тоо хэмжээ, магнитуд (Зураг



Зураг 11. Дэлүүн сумын орчмын хагарлын бүс нутагт болсон газар хөдлөлтийн төвийн тархалт (2011-2021 он)

12б)-г тус тус харуулсан ба 2020 онд газар хөдлөлтийн тоо хэмжээ огцом өссөн нь тухайн бүсэд болсон $M3.6$ -тай хүчтэй хөдлөлтийн дараах идэвхжилтэй холбоотой юм.

Энэ бүс нутгийн горимын судалгаанд сонгож авсан 2011-2021 оны хооронд болсон магнитуд нь 0.5 болон түүнээс хүчтэй газар хөдлөлтүүд бүрэн бүртгэгдэх боломжтой гэсэн 1780 гаруй газар хөдлөлтийг хамруулсан тооцоолон (Зураг 11в) газар хөдлөлтийн давтамжийн 2 муруйг зурахад газар хөдлөлтийн давтагдлын утга $b=0.758$ (*Magnitude completeness* $=0.4$) ба газар хөдлөлтийн давтагдалт $b=0.884$ (*Magnitude completeness* $=0.9$) байгаа нь деформацийн хүчдэлийн чөлөөлөгдөх процесс хэвийн явагдаж байгаа төдийгүй хүчтэй газар хөдлөлт тохиолдох магадлал харьцангуйгаар бага байгааг илэрхийлж байна (Зураг 12г, Зураг 12д). Мөн энэ бүс нутагт газар хөдлөлтийн дундаж



Зураг 12. Дэлүүн сумын ойролцоох хагарлын бүс нутагт болсон газар хөдлөлтийн 2011-2021 оны мэдээллийн сангаар гаргасан үр дүн. а) Газар хөдлөлтийн жил бүрийн тоо хэмжээ ба хугацаа /жил/-ны хамаарал, б) Тухайн жилд болсон газар хөдлөлтийн тоо хэмжээ ба магнитудын хамаарал, в) Магнитуд ба хугацааны хамаарал /мэдээлэл гүйцээлт/, г) Газар хөдлөлтийн давтамжийн муруй (Гутенберг-Рихтерийн хууль, $M_c=0.4$), д) Газар хөдлөлтийн давтамжийн муруй (Гутенберг-Рихтерийн хууль, $M_c=0.9$)

идэвхжилтийн зэрэг $a=3.62$, жилийн идэвхжилийн зэрэг $a=2,6$ байна. (Зураг 12г, 12д) Энэ нь Монголын нутаг дэвсгэрийн сүүлийн 10 жилийн мэдээллээр тооцож гаргасан ($a=5.3$) үр дүнтэй харьцуулахад тус бүс нутагт хүчтэй газар хөдлөлтийн давтамжаас хамаарсан идэвхжил харьцангуй их түвшинд, жил бүрийн идэвхжил харьцангуй дундаж түвшинд байна гэж дүгнэж болохоор байна.

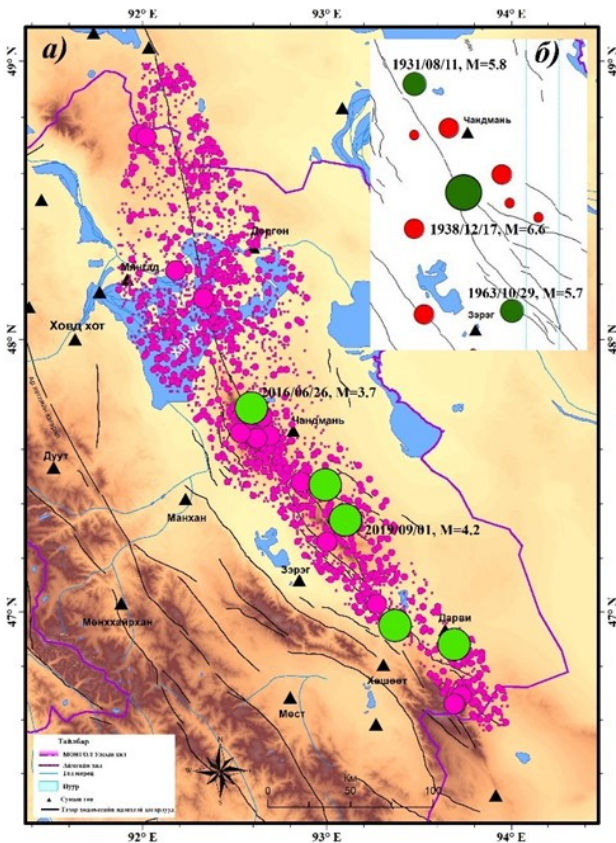
Жаргалант уулын хагарлын дагуух бүс нутаг. Ховд аймгийн төвөөс 100 гаруй км-ийн зайд Жаргалант хайрхан, Бумбат хайрхан гэсэн 2 уулын систем оршдог. Энэ хоёр уулсын систем бүхэлдээ хагарлын ул мөрүүд ихтэй, түүхэндээ хүчтэй газар хөдлөлтүүд болж байсан, газар хөдлөлтийн идэвхтэй бүс нутаг юм.

Энэ судалгаандаа Дарви сумын Толийн уулаас Жаргалант хайрхан, Бумбат хайрхан, Хар-Ус нуураар дайран Алтан хөхий уулын төгсгөл хэсэг хүртэлх

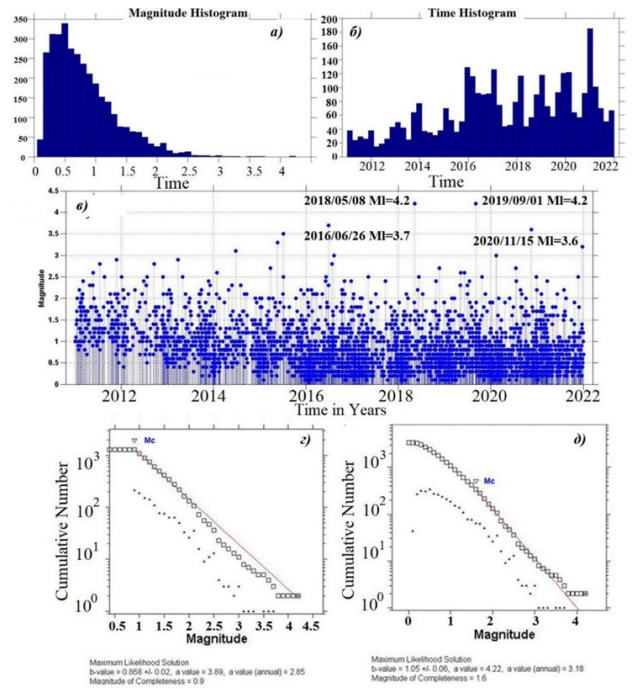
хагарлын дагуух бүс нутгийг хамааруулсан ба энэхүү судалгаагаар Увс аймгийн Цагаан шувуут уул хүртэлх 500 гаруй км бүхий хагарлын системийн Ховд аймгийн нутаг дэвсгэрт хамаарах хэсгийг тухайлан авч үзсэнээрээ онцлог юм.

Түүхэн газар хөдлөлтийн мэдээллийн сангаас харахад дээрх хагарлын дагуух бүс нутагт бүс нутагт магнитуд 6.6 (1938/12/17)-тай, магнитуд 5.8 (1931/08/18)-тэй, магнитуд 5.7 (1963/10/29)-тай хүчтэй газар хөдлөлтүүд болсон байдаг (Зураг 13б).

Бидний сонгож авсан хэсгийн судалгаагаар энэ хагарлын системийн бүс нутагт 2011-2021 онд 2740 гаруй удаагийн газар хөдлөлт тохиолдсон бөгөөд $M_I \leq 1.0$ хөдлөл 2018 удаа, $M_I > 1.0$ хөдлөл 742 удаа, $M_I > 3.0$ хөдлөл 6 удаа, мэдэгдэм хүчтэй буюу магнитуд нь 3.5-аас их байх хөдлөл 3 удаа тус тус бүртгэгджээ (Зураг 13а). Сүүлийн 10 жилийн хугацаанд мэдэгдэм



Зураг 13. а) Хар-Ус нуур- Жаргалант хайрхан уулын бүсийн хагарлын дагуух газар хөдлөлтийн төвийн тархалтыг харуулав. б) тухайн бүс нутагт тохиолдсон түүхэн газар хөдлөлтийн мэдээллийг үзүүлсэн.



Зураг 14. Жаргалант-Хар-Ус нуурын хагарлын дагуух бүс нутагт болсон газар хөдлөлтийн 2011-2021 оны мэдээллийн сангаар гаргасан үр дүн. а) Газар хөдлөлтийн жил бүрийн тоо хэмжээ ба хугацаа /жил/-ны хамаарал, б) Тухайн жилд болсон газар хөдлөлтийн тоо хэмжээ ба магнитудын хамаарал, в) Магнитуд ба хугацааны хамаарал /мэдээлэл гүйцээлт/, г) Газар хөдлөлтийн давтамжийн муруй (Гутенберг-Рихтерийн хууль, $M_c=0.9$), д) Газар хөдлөлтийн давтамжийн муруй (Гутенберг-Рихтерийн хууль, $M_c=1.6$)

хүчтэй газар хөдлөлтүүд нь 2015/07/04-д $M_{I3.5}$ -тай, 2016/06/26-д $M_{I3.7}$ -той, 2019/09/01-нд $M_{I4.2}$ -той тус тус болсон байдаг. Макро мэдээгээр тухайн хөдлөлтийн талаар байшингийн гаднаас мөргөж байгаа юм шиг болж устай сав савлаж ус нь асгарсан гэсэн мэдээллийг өгсөн. Макро судалгаагаар Чандмань сумын төвийн хүмүүс тухайн хөдлөлтийг III-IV баллаар мэдэрсэн гэж гарсан.

2019 оны 09 сарын 01-ны өдрийн орон нутгийн цагаар 13 цаг 20 минутад Ховд аймгийн Зэрэг сумаас зүүн хойд зүгт 36 км-ийн зайд Чандмань сумын Талын булаг багийн нутагт магнитуд нь $M_{I4.2}$ -тай газар хөдлөлт болсон бөгөөд эпицентр нь Ховд аймгийн төвөөс 133 км, Зэрэг сумаас 36 км, Чандмань сумаас 42 км, Дарви сумаас 61 км зайд байсан. Ховд аймгийн

Зэрэг, Чандмань, Дарви гэх сумуудаас макро мэдээ цуглуулахад газар хөдлөлт болсон газар нь Чандмань, Дарви сумдын зуслан газар бөгөөд айлууд бүгд гол руугаа орсон тул газар хөдлөлт мэдэрсэн хүн харахан байгаагүй бөгөөд харин Дарви сумын тамгын газрын ажилтан 2 хүн Дарви сумын 4-р баг (Мөнгөн аяга)-ийн дунд буудал гэдэг газар /газар хөдлөлтийн голомтоос 19 км зайд мотоциклтой явж байгаад голын эрэг дээр түр амарч суух үед газар доргих шиг болж хажуу тийш харахад өвс ногоо ганхаж голын ус цалгих шиг болсон гэсэн мэдээг өгснийг шинжилж үзэхэд тэр 2 хүн IV баллаар мэдэрсэн байна.

Энэ бүс нутагт 2011-2021 онд болсон газар хөдлөлтийн тоо ба магнитудын хамаарлыг (Зураг 14а)-г, мөн тухайн жилд болсон газар хөдлөлтийн тоо хэмжээ ба хугацааны (жилээр) хамаарлыг (Зураг 14б)-т тус тус харуулсан ба жил бүрийн газар хөдлөлтийн статистик тоо хэрхэн өөрчлөгдсөнийг харж болох юм.

Энэ бүс нутгийн горимын судалгаанд сонгож авсан мэдээлэлд “мэдээлэл гүйцээлт” хийснээр 2011-2021 оны хооронд болсон магнитуд нь 0.9 болон түүнээс дээш хүчтэй газар хөдлөлтүүд бүрэн бүртгэгдэх боломжтой гэж тооцон 1005 газар хөдлөлтийг сонгосон (Зураг 14в) ба энэхүү мэдээллээр тооцоолон газар хөдлөлтийн давтамжийн муруйг гаргахад газар хөдлөлтийн давтагдлын утга $b=0.868$ (*Magnitude completeness* =0.9) байгаа нь деформацийн хүчдэлийн чөлөөлөгдөх процесс хэвийн явагдаж байгаа төдийгүй хүчтэй газар хөдлөлт тохиолдох магадлал харьцангуйгаар бага байгааг илэрхийлж байна. (Зураг 14г). Тэгвэл $M_I > 1.6$ байх газар хөдлөлтийн давтагдалт $b=1.05 \pm 0.06$ (*Magnitude completeness* =1.6) байгаа нь хүчтэй газар хөдлөлт тохиолдох магадлал бараг байхгүйг илтгэж байгаа бөгөөд идэвхжилтийн зэрэг хөдлөлтийн тоо өсөж байгаатай холбоотой гэж дүгнэж байна.

Мөн энэ бүс нутагт газар хөдлөлтийн дундаж идэвхжилтийн зэрэг $a=3.89$,

жилийн идэвхжилийн зэрэг $a=2.85$ байна. (Зураг 14г, 14д) Энэ нь Монголын нутаг дэвсгэрийн сүүлийн 10 жилийн мэдээллээр тооцож гаргасан ($a=5.3$) үр дүнтэй харьцуулахад тус бүс нутагт хүчтэй газар хөдлөлтийн давтамжаас хамаарсан идэвхжил харьцангуй их түвшинд, жил бүрийн идэвхжил харьцангуй дундаж түвшинд байна.

Дээрх үр дүнгээс дүгнэхэд, Жаргалант хайрхан уулын хагарлын системийн дагуух бүс нутагт тохиолдох газар хөдлөлтийн нөлөө болон үйлчлэл нь Ховд аймгийн төвөөс 200 км-ийн дотогш радиуст багтах учир магнитуд нь 5-аас дээш хүчтэй газар хөдлөлт болоход Ховд аймгийн төв болон зэргэлдээ сумууд болох Чандмань, Зэрэг, Дарви, Манхан, Мянгад, Дөргөн, мөн Цэцэг, Мөст, Говь-Алтайн Хөхморьт, Тонхил, Завхан аймгийн дөрвөлжин зэрэг хүн амын нягтрал ихтэй суурин газруудад ирэх газар хөдлөлтийн болзошгүй эрсдэлийн нөлөөлөл, үйлчлэл нь өндөр эрсдэл үүсгэх боломжтой учраас эрсдэлийг тооцоолох нь маш чухал юм.

Баатархайрханы нуруу. Ховд аймгийн төвөөс 100 гаруй км-ийн зайнд ховд аймгийн Зэрэг сумын урдуур орших, Манхан сумын Баянтүмбэ уулаас Сутай уул хүртэл сунаж тогтсон нурууг Баатарын нуруу гэдэг. Энэ нурууны хойд бэлээр бүхэлдээ хагарлын ул мөрүүд ихтэй, довцог толгодоос бүрдсэн, газар хөдлөлт сүүлийн үед нэлээд ажиглагдаж байгаа бүс нутаг юм.

Зураг 15-д Баатарын нурууны дагуух хагарлын бүс нутгийн газар хөдлөлтийн идэвхжлийг харуулав.

Хүчтэй газар хөдлөлтийн мэдээллийн сангаас харахад дээрх хагарлын дагуух бүх нутагт бүс нутагт магнитуд 5.6 (1949/11/01)-тай, магнитуд 4.6 (1999/03/27)-тай, магнитуд 4.2 (2010/03/29)-тай хүчтэй газар хөдлөлтүүд болсон байдаг. Зураг 15-ийн баруун дээд буланд тэмдэглэсэн).

Бидний сонгож авсан хэсгийн судалгаагаар энэ хагарлын системийн бүс нутагт 2011-2021 онд 1770 гаруй удаагийн

газар хөдлөлт тохиолдсон бөгөөд $M \leq 1.0$ хөдлөл 795 удаа, $M > 1.0$ хөдлөл 975 удаа, $M \geq 3.0$ хөдлөл 11 удаа, мэдэгдэм хүчтэй буюу магнитуд нь 3.5-аас их байх хөдлөл 5 удаа тус тус бүртгэгджээ (Зураг 15).

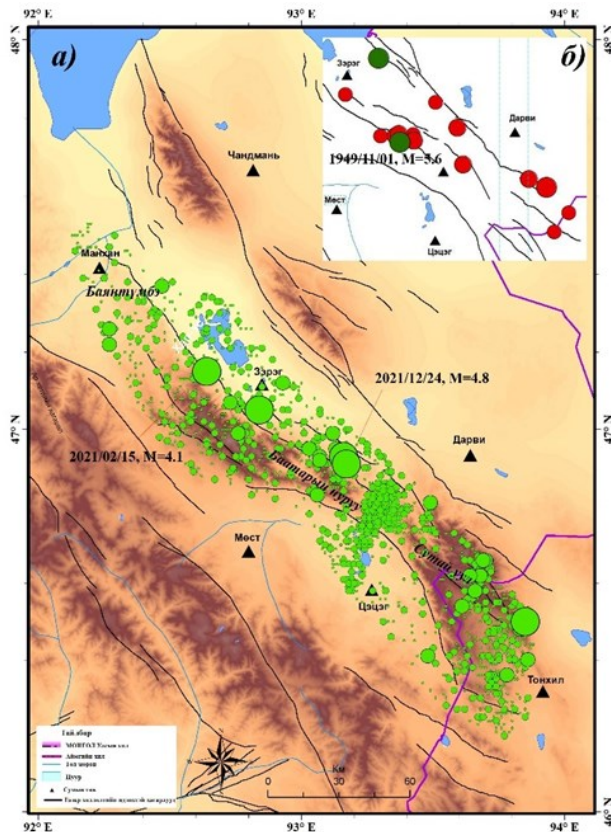
Энэ бүс нутагт хамгийн сүүлд магнитуд 4.1 (2021/02/15)-тай, магнитуд 4.8 (2021/12/24)-тай хүчтэй газар хөдлөлт тус тус болсон. 2021/02/15-ны макро мэдээний судалгаагаар газар хөдлөлтийн голомтын ойролцоо болох Шар хөтөлд өвөлжиж байгаа малчин н.Алтансүхийн гэрт гэнэтийн нүргэлсэн чимээ гарч, хад чулуу нурж байгаа шиг дуу чимээ сонсогдсон байна. Хавцал газар учраас битүү нүргэлсэн дуу гарсан гэж мэдэгдсэн. Иргэдийн өгсөн судалгаагаар тооцож үзэхэд Зэрэг сумын төв болон Бургасан баг, Гүвээ багийн нутагт III-IV баллаар мэдрэгдсэн байна.

2021/12/24-ны макро мэдээний

судалгаагаар Дарви сумын төвийн иргэдэд дотор муухайрах, яндан зуух харших, том машин явж байгаатай адил чичиргээ үүссэн, хүчтэй хүнгэнэх дуу сонсогдох гэх зэргээр мэдэрсэн ба уг газар хөдлөлт нь Дарви сумын төвийн иргэдэд IV-V баллаар мэдрэгдсэн байна гэсэн дүгнэлт гарсан.

Энэ бүс нутагт 2011-2021 онд болсон газар хөдлөлтийн тоо ба магнитудын хамаарлыг (Зураг 16а)-т, мөн тухайн жилд болсон газар хөдлөлтийн тоо хэмжээ, хугацаа (жилээр)-ны хамаарлыг (Зураг 16б) -т тус тус харуулсан ба жил бүрийн газар хөдлөлтийн статистик тоо хэрхэн өөрчлөгдсөнийг харж болно.

Энэ бүс нутгийн горимын судалгаанд сонгож авсан мэдээлэлд “мэдээлэл гүйцээлт” хийснээр 2011-2021 оны хооронд болсон магнитуд нь 0.7 болон түүнээс дээш хүчтэй газар хөдлөлтүүд бүрэн бүртгэгдэх боломжтой гэж тооцон 1370 газар хөдлөлтийг сонгосон (Зураг 16в) ба энэхүү мэдээллээр тооцоолон газар хөдлөлтийн давтамжийн муруйг гаргахад газар хөдлөлтийн давтагдлын утга $b=0.699 \pm 0.01$ ($Magnitude\ completeness = 0.7$) байгаа нь деформацийн хүчдэлийн чөлөөлөгдөх процесс зүй тогтлын дагуу хэвийн явагдаж байгаа төдийгүй $M > 1.0$ байх газар хөдлөлт тохиолдох магадлал харьцангуйгаар их байгааг илэрхийлж байгаа ба $M < 1.0$ газар хөдлөлтийн давтагдалт $b=0.899 \pm 0.03$ ($Magnitude\ completeness = 1.1$) байгаа нь газар хөдлөлт давтагдлын утга нь багасаж, харин идэвхжилтийн зэрэг 3.92 байгаа нь сүүлийн жилүүдэд газар хөдлөлт болж байгаа тоо өсөж байгааг харуулж байна (Зураг 16г, Зураг 16д). Мөн энэ бүс нутагт газар хөдлөлтийн дундаж идэвхжилтийн зэрэг $a=3.89$, жилийн идэвхжилтийн зэрэг $a=2.59$ байна (Зураг 16д). Энэ нь Монголын нутаг дэвсгэрийн сүүлийн 10 жилийн мэдээллээр тооцож гаргасан ($a=5.3$) үр дүнтэй харьцуулахад тус бүс нутагт хүчтэй газар хөдлөлтийн давтамжаас хамаарсан идэвхжил харьцангуй их түвшинд, жил бүрийн идэвхжил харьцангуй бага түвшинд байна гэж дүгнэж болохоор байна.



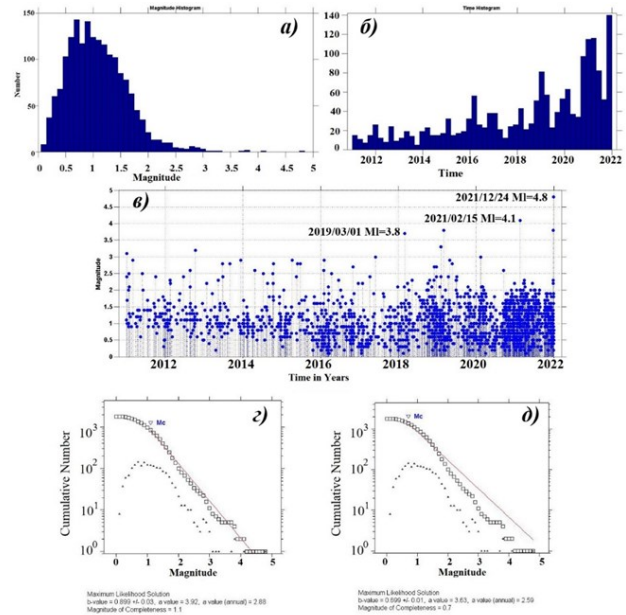
Зураг 15. а) Баатарын нуруу-Сутай уулын бүсийн хагарлын дагуух газар хөдлөлтийн төвийн тархалтыг харуулсан. б) Тухайн энэ бүс нутагт тохиолдсон түүхэн газар хөдлөлтийн мэдээллийг үзүүлсэн.

Цамбагарав, Алтанхөхий уулсын орчмын хагарлын бүс нутаг. Энэ хоёр уулсын систем нь дундуураа Ховд голоор зааглагдсан, геологийн хувьд хоёр өөр бүтэц өргөгдөлтэй, газар хөдлөлтийн идэвхтэй бүс нутаг юм. Цамбагарав нь баруун талаар Ар хөтлийн хагарлын, Хойд талаараа Баяннуур, Алтанцөгцийн хооронд орших гадаргуун хагарлын харилцан үйлчлэл дунд оршдог өндөр уулсын бүс нутаг юм. Алтанхөхий уул нь Ачит нуурын хагарал, Цагаан шувуут уулын хагарлын харилцан үйлчлэл дор оршдог бөгөөд хүчтэй хөдлөлт цөөхөн болдог ч сул болон дундаж хүчтэй хөдлөлтүүд нэлээд ажиглагддаг бага судлагдсан уулсын систем юм. Энэ хоёр уулсын системээс ирэх газар хөдлөлтийн үйлчлэл нөлөөллийг зайны хувьд ижилхэн учир Ховд хот болон суурин газруудад бий болгох эрсдэл нь адилхан гэж тооцсон юм.

Цамбагарав уулын орчмын бүс. Түүхэн газар хөдлөлтийн мэдээллийн сангаас харахад Цамбагарав уулын зүүн талд буюу Ар хөтлийн хагарлын салбар хагарал дээр магнитуд 4.8 (1931/08/19)-тай газар хөдлөлт болсон бөгөөд Зураг 17 -ийн баруун дээд булангийн түүхэн газар хөдлөлтийг харуулсан зурагт тод ногоон бөөрөнхий тэмдэгтээр харуулсан. Мөн Ар хөтлийн хагарлын төгсгөл хэсэгт Цамбагарав уулын хойд талд Баян-Өлгий аймгийн Баяннуур сумын нутагт орших гадаргуугийн хагарал дээр 1988 оны 7 дугаар сарын 23-нд магнитуд нь 6.5-тай хүчтэй газар хөдлөлт болсон. Зураг 176-ийн баруун дээд булангийн түүхэн газар хөдлөлтийг харуулсан зурагт улаан бөөрөнхий тэмдэгтээр харуулсан.

Уг газар хөдлөлт голомтдоо IX балл хүрсэн гэж үздэг. Иргэдийн аман яриагаар Цамбагаравын цас нурж ойролцоох хавцалд байсан айлын азарга адуу, зэлтэй тугал болон гэрийн эзэгтэй өртсөн гэсэн мэдээ байдаг.

Бидний сонгож авсан мэдээллээр Цамбагарав уулын орчмын бүс нутагт 2011-2021 онд 870 гаруй удаагийн газар



Зураг 16. Баатарын нуруу-Сутай хайрхан хүртэлх хагарлын дагуух бүс нутагт болсон газар хөдлөлтийн 2011-2021 оны мэдээллийн сангаар гаргасан үр дүн. а) Тухайн жилд болсон газар хөдлөлтийн тоо хэмжээ ба магнитудын хамаарал, б), Газар хөдлөлтийн жил бүрийн тоо хэмжээ ба хугацаа /жил/-ны хамаарал, в) Магнитуд ба хугацааны хамаарал /мэдээлэл гүйцээлт/, г) Газар хөдлөлтийн давтамжийн муруй (Гутенберг-Рихтерийн хууль, $M_c=1.1$), д) Газар хөдлөлтийн давтамжийн муруй (Гутенберг-Рихтерийн хууль, $M_c=0.7$)

хөдлөлт тохиолдсон бөгөөд $M_I \leq 1.0$ хөдлөл 570 удаа, $M_I > 1.0$ хөдлөл 300 удаа тус тус бүртгэгджээ (Зураг 17 дээр ногоон бөөрөнхий дүрсээр илэрхийлэгдсэн).

Цамбагарав уул орчмын бүс нутагт 2011-2021 онд болсон газар хөдлөлтийн тоо ба магнитудын хамаарлыг харуулав (Зураг 18а).

Мөн тухайн жилд болсон газар хөдлөлтийн тоо хэмжээ, хугацаа /жил/-ны хамаарлыг (Зураг 18б)-т харуулсан ба сүүлийн жилүүдэд газар хөдлөлтийн статистик тоо хэмжээ буурсан үзүүлэлтэй байна.

Энэ бүс нутгийн горимын судалгаанд 2011-2021 оны хооронд болсон магнитуд нь 0.5 болон түүнээс дээш хүчтэй газар хөдлөлтүүд бүрэн бүртгэгдэх боломжтой гэсэн 740 газар хөдлөлтийг сонгосон (Зураг

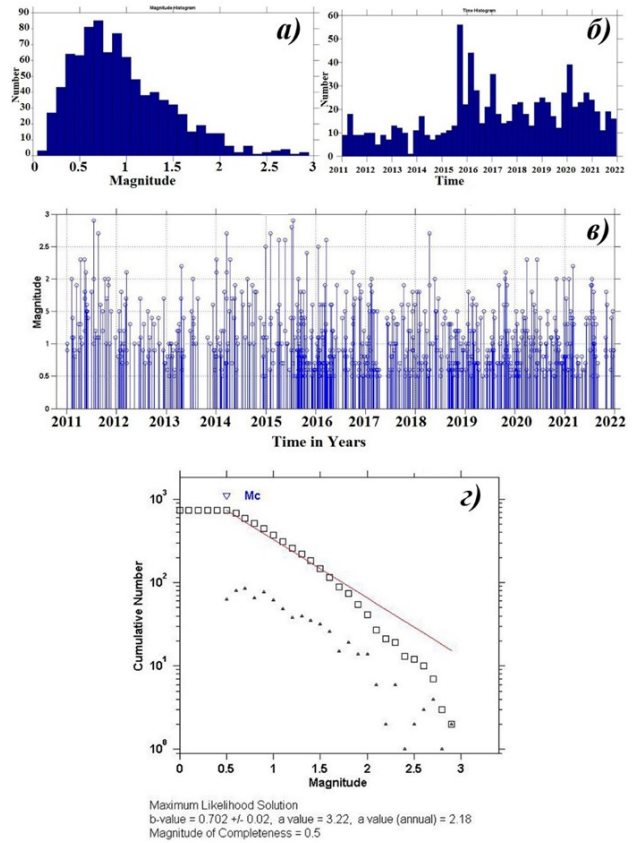
18в) ба энэхүү мэдээллээр тооцоолон газар хөдлөлтийн давтамжийн муруйг гаргахад газар хөдлөлтийн давтагдалт $b=0.702 \pm 0.002$ ($Magnitude\ completeness = 0.5$) байгаа нь деформацийн хүчдэлийн хуримтлалын чөлөөлөгдөх процесс дундаж түвшинд явагдаж байгаа төдийгүй хүчтэй газар хөдлөлт тохиолдох магадлал харьцангуйгаар бага түвшинд байгааг илэрхийлж байна (Зураг 18г).

Мөн энэ бүс нутагт газар хөдлөлтийн дундаж идэвхжилтийн зэрэг $a=3.2$, жил бүрийн идэвхжилийн зэрэг нь $a=2.159$ байна. (Зураг 18г) Энэ нь Монголын нутаг дэвсгэрийн сүүлийн 10 жилийн мэдээллээр тооцож гаргасан ($a=5.3$) үр дүнтэй харьцуулахад тус бүс нутагт хүчтэй газар хөдлөлтийн давтамжаас хамаарсан идэвхжил харьцангуй дундаж түвшинд, харин жилийн хувьд газар хөдлөлтийн идэвхжил харьцангуй бага байна.

Алтанхөхий уулын орчмын бүс нутаг.

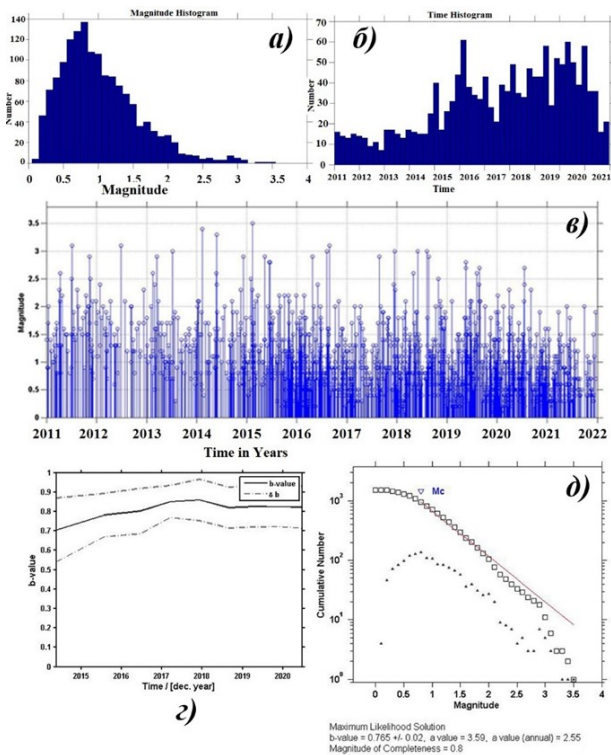
Бидний сонгож авсан судалгаагаар Алтанхөхий уулын орчмын бүс нутагт 2011-2021 онд 1500 гаруй удаагийн газар хөдлөлт тохиолдсон бөгөөд $M \leq 1.0$ хөдлөл 900 удаа, $M > 1.0$ хөдлөл 600 удаа, $M \geq 3.0$ хөдлөл 11 удаа, мэдэгдэм хүчтэй буюу магнитуд нь 3.5-аас их байх хөдлөл 1 удаа тус тус бүртгэгджээ. (Зураг 17 дээр цэнхэр өнгийн бөөрөнхий дүрсээр тэмдэглэсэн).

Хүнд мэдэгдэм хүчтэй газар хөдлөлтийн хувьд Алтанхөхий уулын баруун хойд хэсэгт 2010/03/06-нд $M 4.8$ -тай, 2015/02/13-д $M 3.5$ -тай хөдлөлтүүд тус тус болж байсан (Зураг 17б). Эдгээр газар хөдлөлтийн эпицентр нь Ховд аймгийн төвөөс 100 гаруй км, Эрдэнэбүрэн сумаас 40 км, Увс аймгийн Өмнөговь сумаас 25км, Өлгий сумаас 43км зайтай тус тус байсан бөгөөд макро судалгаагаар иргэдэд хүчтэй доргилт мэдрэгдсэн, үргэлжилсэн хүнгэнэсэн дуу чимээ гарсан, хаалга, цонх чахран дуугарсан, ор чичирхийлэн хөдөлсөн, унтаж байгаа хүн сэрсэн, зарим нэг зүйлс савлан чичирхийлсэн зэрэг бодит байдал нэлээд ажиглагдсан байна.



Зураг 18. Цамбагараг уулын бүс нутагт болсон газар хөдлөлтийн 2011-2021 оны мэдээллийн сангаар гаргасан үр дүн. а) Тухайн жилд болсон газар хөдлөлтийн тоо хэмжээ ба магнитудын хамаарал, б) Газар хөдлөлтийн жил бүрийн тоо хэмжээ ба хугацаа /жил/-ны хамаарал, в) Магнитуд ба хугацааны хамаарал /мэдээлэл гүйцээлт/, г) Газар хөдлөлтийн давтамжийн муруй (Гутенберг-Рихтерийн хууль, $M_c=0.5$)

Ялангуяа Эрдэнэбүрэн сумын төвийн хүмүүс газар хөдлөлтийг маш их мэдэрсэн байсан. Зарим хүмүүс гэрийн араас машин ирээд мөргөх шиг болсон, маш их дуу чимээ нүргэлэн гарсан, машин асаад ирэх чимээтэй адилхан дуу гарсан гээд олон зүйлүүдийг сонсож, мэдэрсэн байсан. Өмнөговьд суманд байгаа оршин суугчдаас гэнэт хүчтэй дуу гарч байснаа чичирхийлэл мэдрэгдсэн, 2-3 секундийн дараа мөн л чичирхийлэл болсон, ор шажигнан дуугарсан, Маш их нүргэлэх дуу чимээ гарч, Дуу чимээ зүүн урд талаас гарах шиг болсон гэсэн мэдээнүүдийг өгч байсан. Энэ хөдлөлтийн давтан хөдлөлт 140 гаруй болсон байдаг. Макро мэдээгээр Ховд хотын иргэд болон зэргэлдээх сумуудын



Зураг 19. Алтанхөхий уулын бүс нутагт болсон газар хөдлөлтийн 2011-2021 оны мэдээллийн санаар гаргасан үр дүн. а) Тухайн жилд болсон газар хөдлөлтийн тоо хэмжээ ба магнитудын хамаарал, б) Газар хөдлөлтийн жил бүрийн тоо хэмжээ ба хугацаа /жил/-ны хамаарал, в) Магнитуд ба хугацааны хамаарал /мэдээлэл гүйцээлт/, г) Газар хөдлөлтийн давтагдлын утга b ба хугацааны хамаарал, д) Газар хөдлөлтийн давтамжийн муруй (Гутенберг-Рихтерийн хууль, $M_c=0.8$)

иргэдэд IV-V баллаар мэдрэгдсэн гэж судалгаа гарсан байдаг.

Алтанхөхий уул орчмын бүс нутагт 2011-2021 онд болсон газар хөдлөлтийн тоо ба магнитудын хамаарлыг харуулсан (Зураг 19а) ба $M > 1.0$ байх хөдлөлтүүд нийт хөдлөлтийнхөө ихэнх хувийг эзэлж байна. Мөн тухайн жилд болсон газар хөдлөлтийн тоо хэмжээ, хугацаа /жил/-ны хамаарлыг (Зураг 19б)-т харуулсан бөгөөд жил бүрийн газар хөдлөлтийн статистик тоо баримт өсөж буурсан үзүүлэлттэй харагдаж байна.

Энэ бүс нутгийн горимын судалгаанд 2011-2021 оны хооронд болсон магнитуд нь 0.8 болон түүнээс дээш хүчтэй газар хөдлөлтүүд бүрэн бүртгэгдэх боломжтой гэсэн 800 гаруй газар хөдлөлтийг сонгосон

(Зураг 19в) ба энэхүү мэдээллээр тооцоолон газар хөдлөлтийн давтамжийн муруйг гаргахад газар хөдлөлтийн давтагдалтын утга $b=0.765 \pm 0.02$ ($Magnitude\ completeness=0.8$) байгаа нь деформацийн хүчдэлийн хуримтлалын чөлөөлөгдөх процесс дундаж түвшинд явагдаж байгаа төдийгүй хүчтэй газар хөдлөлт тохиолдох магадлал харьцангуйгаар бага байгааг илэрхийлж байна (Зураг 19г, Зураг 19д).

Мөн энэ бүс нутагт газар хөдлөлтийн идэвхжилтийн зэрэг буюу $a=3.59$ байна (Зураг 19д). Энэ нь Монголын нутаг дэвсгэрийн сүүлийн 10 жилийн мэдээллээр тооцож гаргасан ($a=5.3$) үр дүнтэй харьцуулахад тус бүс нутагт хүчтэй газар хөдлөлтийн давтамжаас хамаарсан идэвхжил дундаж түвшинд байна гэж дүгнэж болохоор байна.

Дээрх хагарлуудын системийн бүс нутагт тохиолдох газар хөдлөлтийн нөлөө болон үйлчлэл нь Ховд аймгийн төвөөс 200км-ийн дотогш радиуст багтах учир магнитуд нь 5-аас дээш хүчтэй газар хөдлөлт эдгээр хагарлын системийн аль нэгэнд бүс нутагт болоход Ховд, Баян-өлгий аймгийн төв болон ойролцоох сумууд болох Дэлүүн, шинэ Булган, Толбо, Сагсай, Ховдын Булган, Үенч, Алтай, Дуут, Мөнххайрхан, Манхан, Зэрэг, Ховд, Эрдэнэбүрэн, Буянт, Мянгад зэрэг хүн амын нягтрал ихтэй суурин газруудад ирэх газар хөдлөлтийн болзошгүй эрсдэлийн нөлөөлөл, үйлчлэлийг тооцоолох нь маш чухал юм. Хэдийгээр хүчтэй газар хөдлөлтийн тохиолдох магадлал бага байгаа хэдий ч газар хөдлөлтийн идэвхжил жил бүр нэмэгдэж байгаа нь анхаарууштай асуудал юм.

ДҮГНЭЛТ

Сүүлийн жилүүдэд газар хөдлөлтийн статистик тоо баримт өсөж, зарим газруудад мэдэгдэм хүчтэй газар хөдлөлтүүд тохиолдож байна. Эдгээр газар хөдлөлтүүдийн чичирхийлэл нь Ховд аймгийн төв болон хүн ам түлхүү суурьшсан суурин газруудад мэдрэгдэж ард иргэд газар хөдлөлтийн нөлөөллөөс үүсэх нөлөөллийг их бага хэмжээгээр мэдсэн. Тиймээс газар хөдлөлтийн болзошгүй аюулын эрсдэлийг үнэлэх, идэвхжилийг судлах, тандах асуудал чухал юм.

2011-2021 онд Ховд аймгийн нутаг дэвсгэр болон хил залгаа бүс нутаг дахь суурин газар болох аймаг, сумын төвүүд болон хүн амын нягтаршил ихтэй газруудад газар хөдлөлтийн үйлчлэл, нөлөөлөл хэр байж болохыг газар хөдлөлтийн идэвхжилийн зэрэг болон давтагдлын зэргийн энэхүү судалгаагаар гаргасан болно.

Тус судалгаанд Ховд аймгийн нутаг дэвсгэрт оршдог идэвхтэй хагарлууд болох Ховд хагарал /Ар хөтөл/, Жаргалант, Цамбагарав, Алтанхөхий, Хөх сэрх, Мөнххайрхан, Баатарын нуруу зэрэг систем хагарлуудыг багтаасан болно..

ШУА-ийн ООГХ-ийн Газар хөдлөл судлалын ҮМТ-ийн мэдээллийн сангаас Ховд аймгийн нутаг дэвсгэр болон хил залгаа бүс нутагт буюу бидний сонгож авсан судалгааны талбайд 2011-2021 онд нийт 37145 удаагийн газар хөдлөлт болсон байна. Үүнээс $M < 1.0$ хөдлөл 20643, $M > 1.0$ хөдлөл 16502, мэдэгдэм хүчтэй буюу магнитуд нь 3.5-аас их байх хөдлөл 62 удаа тус тус бүртгэгджээ. Мөн хүчтэйвтэр буюу магнитуд 5.0-аас дээш хүчтэй газар хөдлөлт 4 удаа бүртгэгджээ.

Энэ бүс нутгийн хувьд 2011-2021 оны хооронд болсон 24890 гаруй газар хөдлөлтийг сонгон авч үзэн газар хөдлөлтийн давтамжийн муруй (*Гутенберг-Рихтерийн хууль*)-г гаргахад газар хөдлөлтийн давтагдалт $b = 0.717 \pm 0.004$ (*Magnitude completeness = 0.7*) байгаа нь

энерги чөлөөлөгдөх процесс дундаж түвшинд явагдаж байгаа төдийгүй хүчтэй газар хөдлөлт тохиолдох магадлал харьцангуй бага байгааг илэрхийлж байна.

Дээрх тооцооллоор газар хөдлөлтийн идэвхжилтийн зэрэг буюу $a = 4.9$ байгаа нь Монголын нутаг дэвсгэрийн сүүлийн 10 жилийн мэдээллээр тооцож гаргасан ($a = 5.3$) үр дүнтэй харьцуулахад тус бүс нутагт хүчтэй газар хөдлөлтийн давтамжаас хамаарсан идэвхжил харьцангуй өндөр хэмжээнд байна.

Мөн “*Magnitude completeness*” буюу хамгийн их магнитудын давтагдах дундаж утгыг өсгөж тооцоолж газар хөдлөлтийн давтамжийн муруйг гаргахад газар хөдлөлтийн давтагдалт $b = 0.98 \pm 0.01$ (*Magnitude completeness = 1.6*) байгаа нь энерги чөлөөлөгдөх процесс хэвийн түвшинд явагдаж байгаа төдийгүй хүчтэй газар хөдлөлт тохиолдох магадлал бага байгааг илэрхийлж байна. Газар хөдлөлтийн идэвхжилтийн зэрэг буюу $a = 5.34$, жилийн дундаж идэвхжилтийн зэрэг 4.3 байгаа нь Монголын нутаг дэвсгэрийн сүүлийн 10 жилийн мэдээллээр тооцож гаргасан ($a = 5.3$) үр дүнтэй харьцуулахад газар хөдлөлтийн идэвхжил адил тэнцүү байгааг харуулж байна.

Дээрх үр дүнгүүдээс харахад газар хөдлөлтийн идэвхжил өндөр хэдий ч хүчтэй газар хөдлөх магадлал багатай, магнитуд нь 1-ээс их байх газар хөдлөлтийн идэвхжил өндөртэй байна.

Цаашид Ховд аймгийн төвөөс 200км –ээс их тойрогт багтах газар хөдлөлтийн идэвхжил өндөртэй бүс нутгийн газар хөдлөлтийн идэвхжилийн зэрэг, давтагдалтын судалгааг гаргаж горимын судалгааг бүс бүсээр нь нэгтгэн Монгол орны баруун бүсийн идэвхжилийн судалгааг гаргах боломжтой болох юм.

ТАЛАРХАЛ

Энэ судалгааны материалыг бэлтгэхэд үнэтэй хувь нэмэр оруулсан ОНС-ийн

анхан шатны боловсруулалтын багийн нийт хамт олонд талархал илэрхийлье.

НОМ ЗҮЙ

Angelo De Santis, G. G. (2009). The Gutenberg-Richter Law an energy of Earthwakes: Two case studies in Central Italy. *Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 101, No. 3*, pp. 1386–1395, June 2011, doi: 10.1785/01.

Cunningham D, W. D. (1996). A structural transect across the Mongolian Altai: active transpressional mountain building in central Asia, *Tectonics*.

Ulziibat M. (2006). *The 2003 Chuya sequence*

(North Altay range): tectonic context and seismological study. page 20-40.

М.Адъяа. (2020). Газар хөдлөлт. Улаанбаатар: ху 83-84.

Одон орон, г. х. (2021). Эрдэм шинжилгээний болон үйл ажиллагааны 2021 оны тайлан. Улаанбаатар.

Хилько С.Д, И. Д. (1985). *Землетрясения и основы сейсмического районирования Монголии*. Москва "НАУКА".

A STUDY OF LOCAL REGIME FOLLOWING NEAR FAULTS AND IMPACTS OF EARTHQUAKE DISASTER RISK IN THE CENTER OF HOVD PROVINCE

S.Zagdsuren*, Sh.Baasansuren

Institute of Astronomy and Geophysics, Mongolian Academy of Sciences

**zagdsuren@iag.ac.mn*

Abstract. Through this research work, we tried to calculate the activity and frequency of earthquakes occurring in the area with a radius of 200 km from the center of Hovd province, as well as in the region along the seismic faults that are more than 200 km, and determined how active the seismic mode of the region is. A total of 37,145 earthquakes occurred in the territory of Hovd province and bordering regions, or in the research area selected by us, from 2011 to 2021. Of these, 20643 $M_l < 1.0$ earthquakes, 16502 $M_l \geq 1.0$ earthquakes, 62 strong earthquakes with a magnitude greater than 3.5, and 4 strong earthquakes with a magnitude greater than 5.0 were recorded. Judging from the above results, although the earthquake activity is high, the probability of strong ground movement is low, and the earthquake activity with a magnitude greater than 1 is high.

Keywords: *Magnitude completeness, magnitude, activity, recurrence, mode study*

МОГОДЫН ИДЭВХТЭЙ ХАГАРЛЫН БҮСЭД ХИЙСЭН ГРАВИМЕТРИЙН СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Б.Буянтогтох^{1*}, М.Дорждаваа¹, Ам.Мөнхсайхан¹, Э.Батням², Х.Ундармаа²

¹ШУА-ийн Одон орон, геофизикийн хүрээлэн

²ШУТИС, ГУУС, Геологи, гидрогеологийн салбар

*buyantogtokh@iag.ac.mn

Хураангуй. 1967 оны 1 сарын 5 өдөр болсон Могодын газар хөдлөлт (M7.4, Mw 7.1) нь 20-р зуунд Монгол орны нутаг дэвсгэрт тохиолдсон хүчтэй газар хөдлөлтүүдийн нэгд зүй ёсоор тооцогддог. Могодын газар хөдлөлтөөр газрын гадаргад үүссэн хагарал нь Могод сумын төвөөс 1.5 км орчмоос урагшаа чиглэлд Түлээ уулын оройгоор даван, зүүн урагш эргэн нийт 45 км урт үргэлжилнэ. Энэ судалгаа нь Могодын хагарлын бүсэд геологийн биетийн хил хязгаарыг ялгах, газрын гадаргад илэрцгүй хэсгийн хагарлын чиглэлийг тодорхойлох, үр дүнг газар хөдлөлийн судалгаанд ашиглах зорилготой юм. Гравиметрийн хэмжилтийг хоёр талбайд (Түлээ уулын хагарлын хэсэгт болон Хульж халуун рашааны орчимд) CG-5 гравиметр багажаар стандарт аргачлалын дагуу хийж гүйцэтгэсэн. Гравиметрийн судалгааны үр дүнд хүндийн хүчний Буге гажлын зураг зохиосон ба эдгээр мэдээлэлд тулгуурлан чулуулгийн хил заагийг тодорхойлж, хагарлын үргэлжлэл болон чиглэлийг тогтоосон болно.

Түлхүүр үгс: Могодын хагарал, гравиметрийн хэмжилт, хүндийн хүчний Буге гажил

ОРШИЛ

Судалгааны талбай нь Төв Монголын хэсэгт Улаанбаатар хотоос баруун хойшоо 350 км зайд Булган аймгийн Могод сумын нутаг дэвсгэрт оршино (өргөрөг: 48.1°, уртраг: 102.9°).

20-р зуунд Монгол орны нутаг дэвсгэрт дөрвөн хүчтэй газар хөдлөлт тохиолдсон (Зураг 1). Үүнд:

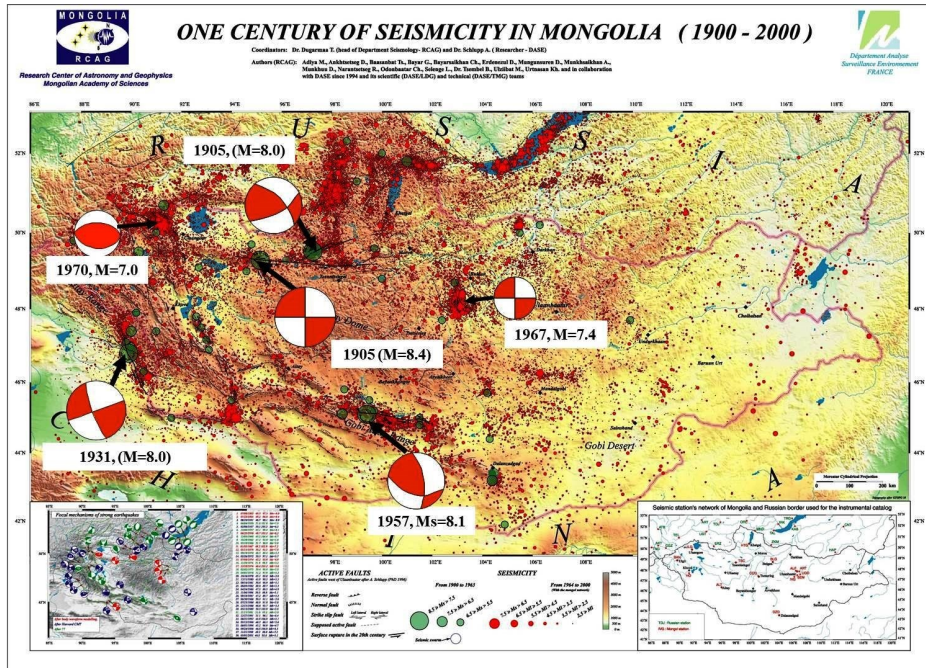
- 1905 онд Булнайн M8.4 хүчтэй газар хөдөлж газрын гадаргууд ~370 км хагарал үүссэн;
- 1931 онд Фуй-Юны M8.0 хүчтэй газар хөдөлж газрын гадаргууд ~180 км хагарал үүссэн;
- 1957 онд Говь-Алтайн Их Богд ууланд M8.1 хүчтэй газар хөдөлж газрын гадаргууд ~270 км хагарал үүссэн;
- 1967 онд M7.4 хүчтэй Могодын газар хөдөлт болж газрын гадаргад ~45 км хагарал үүссэн байна;

Могодын хагарлын бүс нутаг нь газар хөдлөлтийн идэвхтэй бүсэд хамаарч байгаа нь судлаачдын сонирхол татаж байна.

Могодын газар хөдлөлтөөр газрын гадаргад үүссэн хагарал нь Могод сумын төвөөс 1.5 км орчмоос урагшаа чиглэлд Түлээ уулын оройгоор даван, зүүн урагш эргэн нийт 45 км урт үргэлжилнэ (Хилько.,1985).

Гравиметрийн судалгааны сонирхол татаж байгаа талбай бол Түлээ уулын гол хагарал болон Могодын нурууны дагуух хагарлын хоорондох газрын гадаргууд илэрцгүй тасархай хэсэг юм (Зураг 2).

Судалгааны ажлын зорилго нь Могодын хагарлын бүсэд геологийн биетийн хил хязгаарыг тодорхойлох, газрын гадаргад илэрцгүй хэсгийн хагарлын чигийг тодорхойлох юм.



Зураг 1. Монгол орны сейсмишлын зураг. Хөх дөрвөлжин: Могодын хагарлын бүс. Эх сурвалж: Одон орон, геофизикийн хүрээлэн

СУДАЛГААНЫ ТАЛБАЙ БА СУДЛАГДСАН БАЙДАЛ

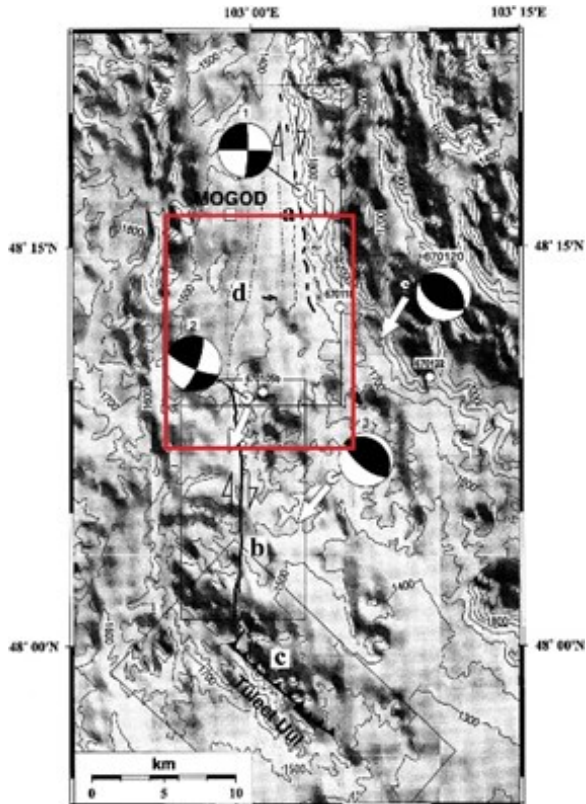
Судалгааны талбай нь тектоникийн мужлалаар Орхоны атираат мегабүс, Хульж-Ерөөгийн бүсэд хамаарна (Төмөртогоо, 2002).

Судалгааны талбайн хэмжээнд палеозой, мезозой, кайнозойн настай чулуулаг өргөн тархсан.

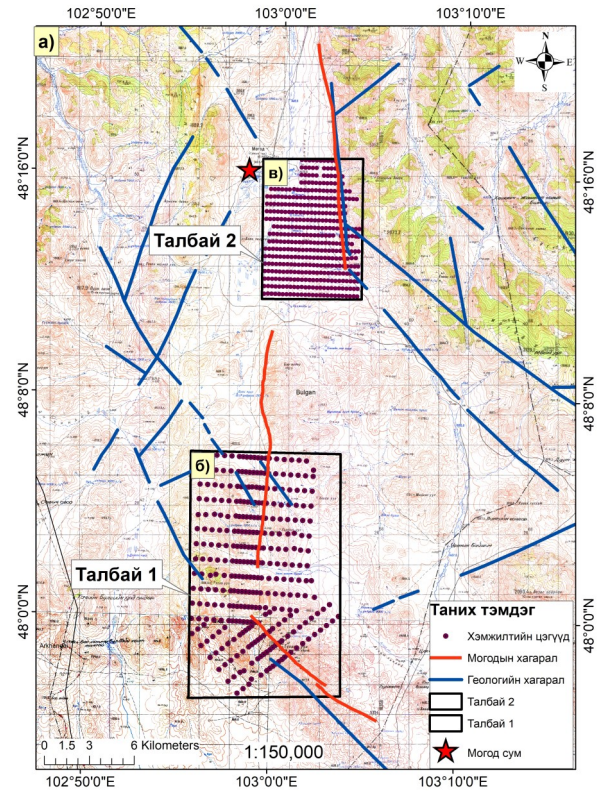
Өмнөх судлаачид Могодын хагарлын бүсэд геологи, геофизикийн өргөн хүрээний судалгаа явуулж, хагарлын зураглал, морфотектоник, кинематик, шилжилт, палеосейсмологийн талаар мэдээлэл бүрдүүлсэн. Хилько нар (1985) Могодын хагарлын ~45 км урттай гадаргуугийн зураглалыг баримтжуулж, хагарал дээр дунджаар 1.5 м баруун-гарын хэвтээ шилжилт, 1 м босоо шилжилт хөдөлгөөн явагдсан гэдгийг тодорхойлсон. Балжинням нар., 1993 онд АНУ-ын Геологийн Холбоонд хэвлүүлсэн номонд, Могодын хагарлын талаар дурьдсан нь тус газар хөдлөл болон хагарлыг барууны ертөнцөд таниулсан нийтлэл болсон. 1967 оны Могодын хүчтэй газар хөдлөлийн голомтын механизмын судалгааг Баясгалан

болон Жаксон нар (1999) гүйцэтгэсэн. Уг судалгаагаар Могодын газар хөдлөл нь Хульжийн голын хөндийд баруун-гарын шилжилттэй, Түлээт уулын орчимд огшил шилжилттэй гэж үздэгийг гадаргуугийн зураглалын үр дүнг баталсан. Палеосейсмологийн судалгаагаар Могодын хагарал дээр 25 мянган жилийн давтамжтай хүчтэй газар хөдөлсөн гэж тогтоогдсон (Bollinger et al., 2021).

ШУА-ын Одон орон, геофизикийн хүрээлэн болон Солонгосын геологи, эрдэс баялагийн хүрээлэнгийн (KIGAM) хамтарсан төслийн хүрээнд гравиметрийн судалгаанаас гадна 1:50000 масштабын зураглал, соронзон орны судалгаа, сейсмикийн судалгаа, георадарын судалгааны, дрон ашиглан топо зураглал хийх, газар хөдлөлтийг бүртгэх нүүдлийн станц байрлуулах зэрэг ажлууд хийгдсэн.



Зураг 2. Могодын газар хөдлөлтийн зураг (А.Баясгалан, 1999). Улаан дөрвөлжин: газрын гадаргад илэрцгүй хэсэг



Зураг 3. Гравиметрийн хэмжилтийн цэгүүдийн байршил зург. а) Байр зүйн зураг, б) Талбай 1-ын хэмжилтийн цэгүүд, в) Талбай 2-ын хэмжилтийн цэгүүд

СУДАЛГААНЫ ӨГӨГДӨЛ БА АРГАЧЛАЛ

ООГХ болон КИГАМ хамтарсан төслийн хүрээнд 2020-2021 онуудад Могодын хагарлын бүсэд хийсэн гравиметрийн судалгааны ажлын өгөгдлийг ашигласан.

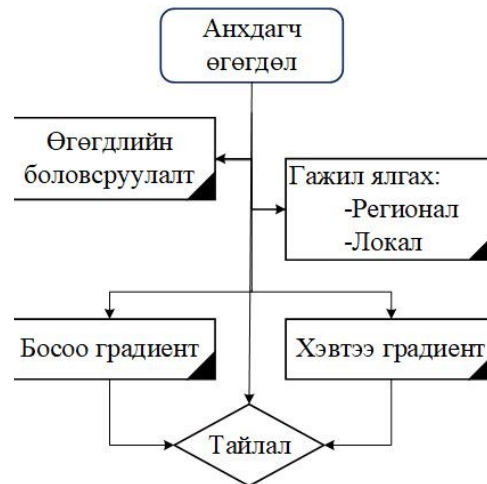
Уг төслийн хүрээнд гравиметрийн хэмжилтийг хоёр талбайд хийсэн (Зураг 3). Үүнд:

- Талбай 1. Түлээ уулын хагарлын хэсэг (2020 он)
- Талбай 2. Хульж халуун рашааны орчим (2021 он)

Гравиметрийн хэмжилтийг нийт 600 орчим цэг дээр CG-5 гравиметр багажаар стандарт аргачлалын дагуу хийж гүйцэтгэсэн (Зураг 4). Хэвлэлийн нягтыг боловсруулалтад ашигласан болно.

ҮР ДҮН

Анхдагч өгөгдлийг боловсруулан Буге гажлын зураг зохиосон ба Буге



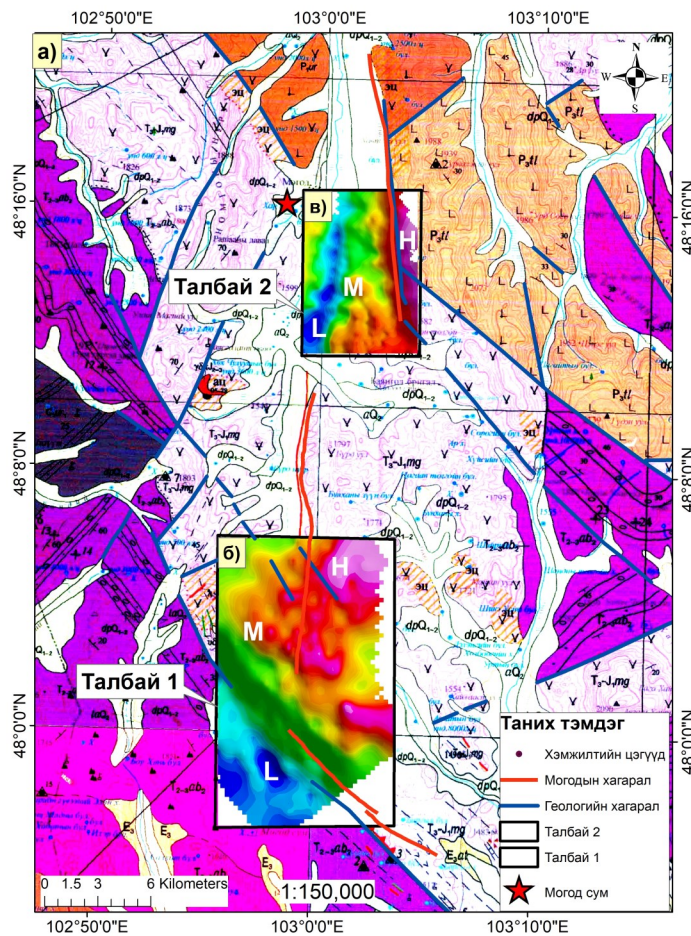
Зураг 4. Судалгааны аргачлалын схем зураг

гажлын утгаас градиентийн утгыг бодож гаргасан (Зураг 5).

Талбай 1: Буге гажлын зургаас (Зураг 5) харахад талбайн баруун урд хэсэгт Буге гажлын бага / L / утга, мөн L утгатай зэрэгцээ талбайн ЗХ талд болон БХ талд дундаж / M / утга, талбайн ЗХ болох Зүүн хэсгийг хамарсан их / H / утга ажиглагдаж байгаа бөгөөд ерөнхий Буге гажлын утга сөрөг 185-195 мГал хооронд хэлбэлзэж байна. Мөн талбайн баруун урд хэсэгт БХ-ЗУ чиглэлд геологийн хагарлын дагуу /хөх шугам/, Могодын хагарал орчимд /улаан шугам/ чулуулгийн хил зааг ялгарч харагдаж байна. Геологийн зураг дээр гүний хагарлын хөх шугам хэсэг зайнд тасарсан, зурагдаагүй байсан ба гравиметрийн судалгааны үр дүнг үндэслэн үргэлжлүүлэн зурсан (Зураг ба). Могодын гол хагарлын хувьд /улаан шугам/ энэ судалгаагаар хагарлын хил зааг нь

тодорхой ялгарч ажиглахгүй байгаа нь хэмжилтийг нарийвчлан торлолыг нягтруулах шаардлагатай гэж үзсэн болно.

Талбай 2: Буге гажлын зургаас харахад талбайн баруун хэсэгт бага / L / утга, мөн L утгатай зэрэгцээ талбайн голд дундаж / M / утга, талбайн З болон ЗУ хэсэгт их / H / утга ажиглагдаж байгаа бөгөөд ерөнхий Буге гажлын утга сөрөг 181.3-189.5 мГал хооронд хэлбэлзэж байна. Тус талбайн хувьд чулуулгийн хил зааг талбайн зүүн хэсэгт ХУ чиглэлд геологийн хагарлын дагуу ялгарч харагдаж байна. Мөн Хульжийн голын гольдролын дагасан сөрөг утга ажиглагдаж байна. Судалгааны үр дүнд босоо ба хэвтээ градиентийн аргыг ашиглан чулуулгийн хил заагийг ялгаж, газрын гадаргад илэрцгүй хэсгийн хагарлын чигийг тодорхойлсон (Зураг бб).



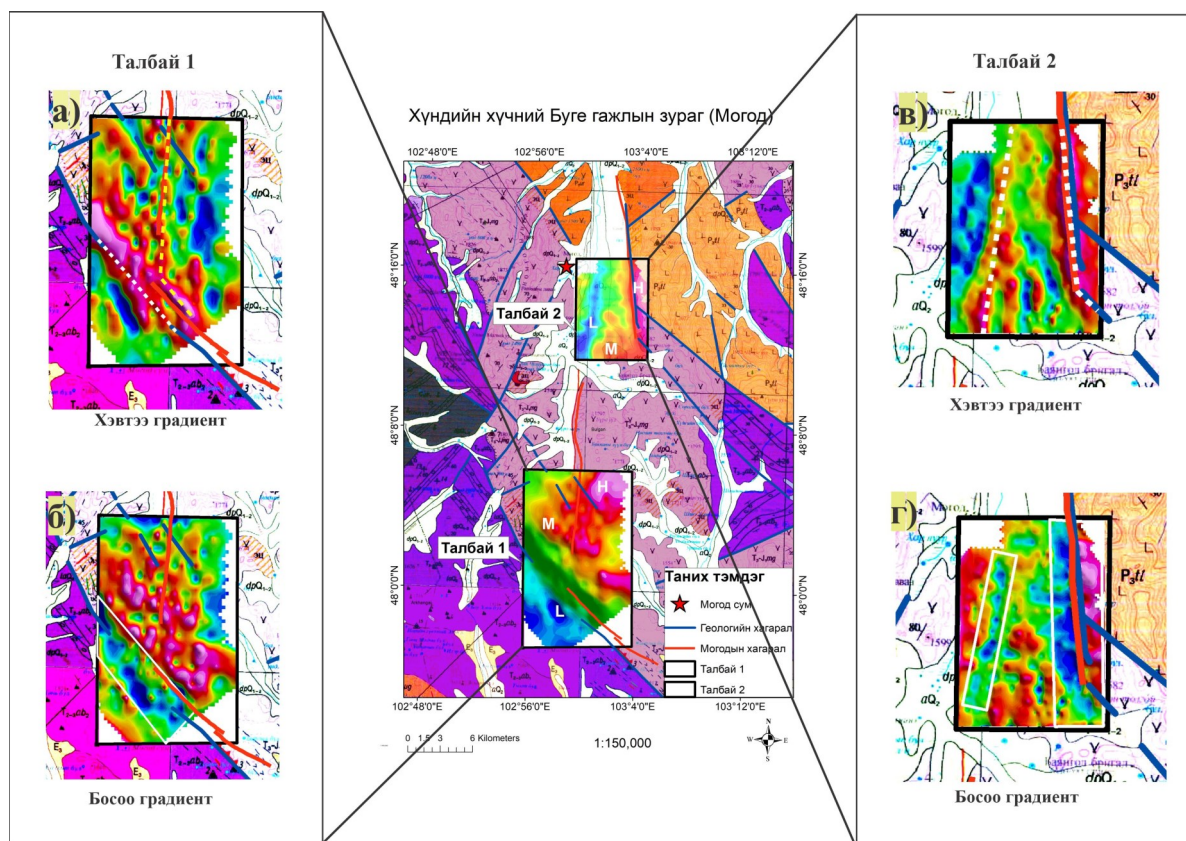
Зураг 5. Могодын хагарлын бүс: а) геологийн зураг УГЗ-200, б) талбай 1-ын хүндийн хүчний Буге гажлын зураг, в) талбай 2-ийн хүндийн хүчний Буге гажлын зураг. L-бага утга, M– Дундаж утга, H –их утга

ДҮГНЭЛТ

Судалгааны үр дүнд хүндийн хүчний Буге гажлын зураг зохиосон, геологийн биетийн хил хязгаарыг тодорхойлж баталгаажуулсан, хагарлын чиглэлийг тогтоосон, судалгааны үр дүнг цаашид газар хөдлөлийн судалгаанд болон

геологийн зураглалын судалгаанд ашиглах боломжтой юм.

Хагарлын чиглэлийг дээр цагаан өнгийн тасархай зураасаар тэмдэглэв (Зураг ба,в).



Зураг 6. Могодын хагарлын бүсийн босоо ба хэвтээ градиентийн зураг. а) Талбай 1-ын хэвтээ градиентийн зураг, б) Талбай 1-ын босоо градиентийн зураг, в), Талбай 2-ын хэвтээ градиентийн зураг, г) Талбай 2-ын босоо градиентийн зураг, Тасархай зураасаар хагарлын чиглэлийг тэмдэглэв.

НОМ ЗҮЙ

Хилько С.Д., Курушин Р.А., Кочетков В.М и др, Землетрясения и основы сейсмического районирования Монголии М. 1985г. 224с

Төмөртогоо О., 2002. Монгол Улсын тектоникийн зураг (М 1:1000000), Товч тайлбар бичиг, Улаанбаатар, АМХЭГ-ын Геологийн мэдээллийн төв.

Baljinnyam, I. et al., 1993. Ruptures of major earthquakes and active deformation in

Mon golia and its surroundings, Geol. S oc. Am.Mem., 181.

Bayasgalan Amgalan and James Jackson. "A re-assessment of the faulting in the 1967 Mogod earthquakes in Mongolia." *Geophysical Journal International* 138 (1999): 784-800.