

Газар хөдлөлтийн горим, голомтын механизм ба макросейсмийн судалгаа: Өмнөговь аймаг, Хүрмэнгийн газар хөдлөлт (M_L 5.1)

Л.Дагзинмаа¹, Г.Байгальмаа¹, Л.Тунгалаг¹, М.Долгормаа¹, Ө.Хишигдэлгэр¹

¹ШУА - Одон орон геофизикийн хүрээлэн, Газар хөдлөл судлалын салбар

2025 оны 3 дугаар сарын 21-ний өдөр Өмнөговь аймгийн Хүрмэн сумын төвөөс хойд зүгт 12 км зайд, Улаанбаатарын цагаар 17:33 минутад (09:33:47 UTC) M_L 5.1 магнитудтай газар хөдлөлт бүртгэгдэв. Уг газар хөдлөлт нь сейсмологийн судалгааны ач холбогдолтой бөгөөд түүний дараагаар ажиглагдсан давталт хөдлөлтүүд нь гол газар хөдлөлт болон түүнтэй холбоотой сейсмик үйл явцуудыг илүү нарийвчлан судлах боломжийг бүрдүүлж байна. Энэхүү судалгааны зорилго нь уг газар хөдлөлтийн голомтын байршил, голомтын механизм, урьтал болон давталт хөдлөлтийн тархалт, макросейсмийн нөлөөллийг тодорхойлох, улмаар тус бүс нутгийн сейсмик идэвхжилтийг үнэлэхэд оршино. Судалгаанд багажийн болон макросейсмийн мэдээлэлд тулгуурласан сейсмик шинжилгээний аргуудыг ашиглав. Газар хөдлөлтийн чичирхийлэл нь Хүрмэн, Даланзадгад, Баяндалай, Ханхонгор, Цогтцэций, Ноён сумдын нутагт III–VI баллын эрчимтэйгээр мэдрэгдсэн. Голомтын механизмын шинжилгээгээр суналын өнцөг 70°, гулсалтын чиглэл –10° байгаа нь хэвтээ шилжилт давамгайлсан, хагарлын суналтын горимд явагдсан газар хөдлөлт болохыг харуулж байна.

Сүүлийн 10 жилийн газар хөдлөлтийн мэдээлэлд тулгуурласан орон зай цаг хугацааны тархалтын шинжилгээнээс үзэхэд тус бүс нутаг нь дунд зэргийн сейсмик идэвхжилтэй бүсэд хамаарч байна. Эдгээр үр дүн нь Өмнөговь аймаг, тухайн бүс нутгийн газар хөдлөлтийн сейсмологийн судалгааг цаашид гүнзгийрүүлэхэд суурь мэдээлэл болох ач холбогдолтой юм.

Түлхүүр үг: Өмнөговь аймаг, хүчтэй газар хөдлөлт, макросейсм, голомтын механизм, сейсмик идэвхжил

I. ОРШИЛ

Монгол орны өмнөд бүс нутаг болох Өмнөговь аймгийн Хүрмэн сумын нутаг дэвсгэрт 2025 оны 3 дугаар сарын 21-ний өдрийн Улаанбаатарын цагаар 17 цаг 33 минутад (09:33:47 UTC) M_L 5.1 магнитудтай хүчтэй газар хөдлөлт бүртгэгдсэн нь тус бүс нутгийн сейсмик идэвхжил болон газар хөдлөлтийн аюулын үнэлгээг нарийвчлан судлах зайлшгүй шаардлагыг бий болгож байна.

A. Судалгааны талбайн байршил, геологи, тектоникийн онцлог

Судалгааны талбай нь засаг захиргааны нэгжийн хувьд Өмнөговь аймгийн Хүрмэн сумын нутаг дэвсгэрт хамаарах бөгөөд Монгол орны геологи, тектоникийн мужлалаар Алтай–Тянь-Шаны идэвхтэй бүсэд хамаардаг [1]. Тус бүс нь Монгол Улсын баруун өмнөд хэсэг, Говь-Алтай болон Тянь-Шаны өндөр уулсын зүүн урд захыг хамарсан, зүүн урдаас баруун хойш чиглэлтэй, дунджаар 40–60 км өргөн зурвас нутгийг эзлэн хэдэн зуун километр үргэлжилдэг.

Алтай–Тянь-Шаны бүс нь тектоникийн хувьд идэвхтэй хагарлууд өргөн тархсан, сейсмик идэвхжил өндөртэй бүс нутагт тооцогддог [1, 2].

B. Сейсмик идэвхжилийн түүхэн тойм

Түүхэн болон багажийн мэдээллийн сангаас үзэхэд тус бүс нутагт хүчтэй газар хөдлөлтүүд олон удаа давтагдаж байжээ. Тухайлбал, түүхэн мэдээгээр 1900–1963 оны хооронд $M_w \geq 5.0$ магнитудтай 70 орчим газар хөдлөлт бүртгэгдсэнээс 1903, 1915, 1931, 1938, 1957, 1958, 1960 онуудад $6.5 \geq M_w < 8.0$ хүрсэн хүчтэй газар хөдлөлтүүд 7 удаа тохиосон байна (Baljinnyam, 1993; Kurushin, 1997; Khilko, 1985). (Зураг 1).

Ялангуяа 2025 оны Хүрмэнгийн газар хөдлөлтийн голомттой ойролцоо бүсэд урьд өмнө нь дараах түүхэн хүчтэй газар хөдлөлтүүд бүртгэгдэж байв:

- Үнэгтэйн газар хөдлөлт (1903.02.01, $M_w 7.3$): Голомтдоо X баллын чичирхийлэл үүсгэж, томоохон эвдрэлүүдийг бий болгосон бөгөөд дараагийн гурван сарын хугацаанд 20 гаруй давталт хөдлөлт бүртгэгдсэнээс 11 нь $6.0 \leq M \leq 6.9$ магнитудтай байжээ [3]

■ Буурын хярын газар хөдлөлт (1960.12.03, $M_w 6.7$): Гурвансайхан уулсын зүүн урд хэсэгт болсон энэхүү хөдлөлтөөр 15 км үргэлжилсэн газрын хагарал үүсэж, хэвтээ чиглэлд ~10 см, босоо чиглэлд 15–20 см-ийн шилжилт ажиглагдсан. [3]. Энэхүү хөдлөлтийн чичирхийлэл нь Даланзадгад, Хүрмэн, Номгон сумын барилга байгууламжид эвдрэл учруулж, Улаанбаатар хотод III баллаар мэдрэгджээ (ШУА-ООГСТ, 1960; Ankhtsetseg, 2020).

Багажийн мэдээгээр 1964–2024 онуудад тус бүсэд $M_w 5.0$ магнитудтай 17 удаагийн газар хөдлөлт бүртгэгдсэнээс хамгийн сүүлд 1980 онд $M_w 5.1$, 2024 онд $M_w 3.6$ магнитудтай хөдлөлтүүд судалгааны талбайн ойролцоо бүртгэгдсэн байна.

С. Судалгааны ажлын үндэслэл, зорилго

2025 оны Хүрмэнгийн $M_L 5.1$ магнитудтай газар хөдлөлт нь тус бүс нутгийн тектоник идэвхжил үргэлжилсээр байгааг илтгэж байна. Өмнөх

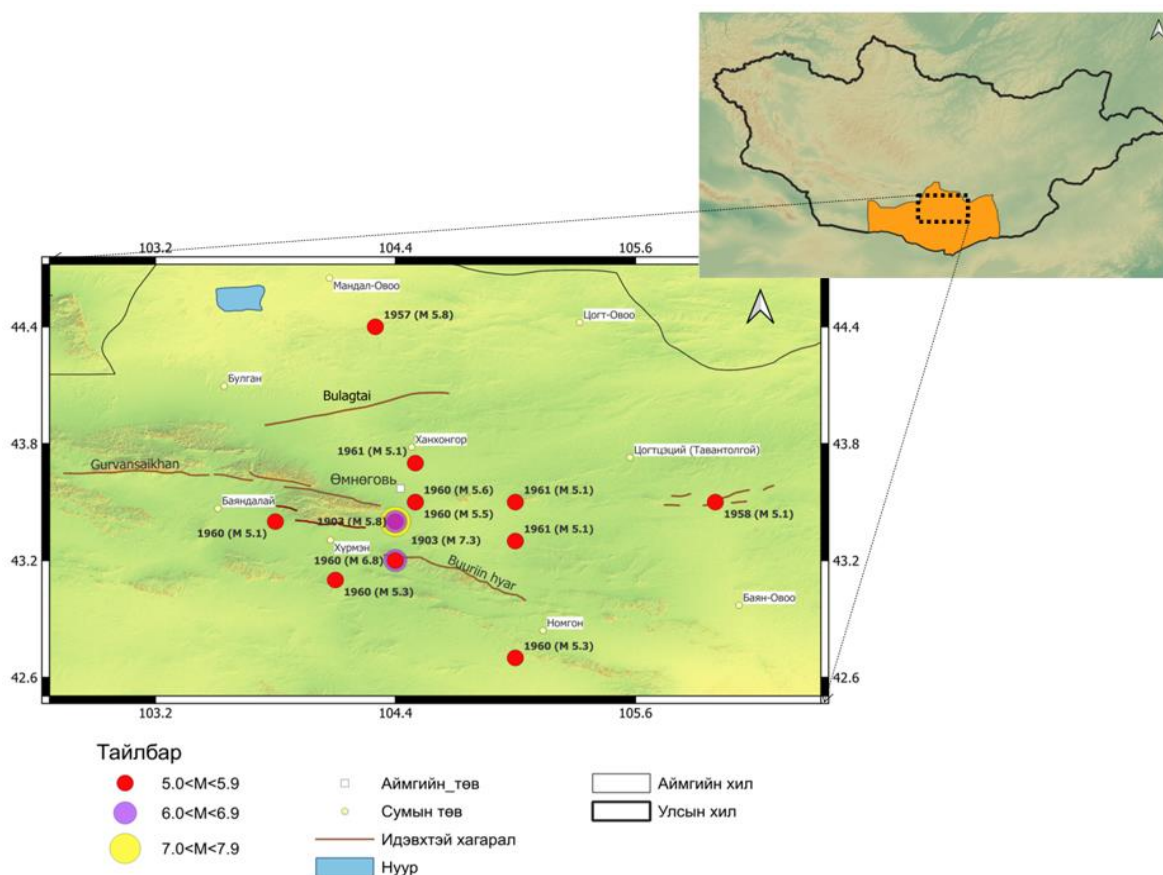
хүчтэй газар хөдлөлтүүдийн туршлага болон одоогийн үүсгэж буй сейсмик идэвхжил нь бүс нутгийн геологийн тогтоц, хагарлын бүтцийг нарийвчлан судалж, дахин үнэлэх шаардлагыг үүсгэж байна.

Судалгааны зорилго:

Уг газар хөдлөлтийн голомтын механизм, түүний геологи-тектоникийн нөхцөлийг тодорхойлж, бүс нутгийн сейсмик идэвхжил үзүүлэх нөлөөллийг үнэлэхэд оршино.

Энэхүү зорилгын хүрээнд дараах зорилтуудыг дэвшүүлэн ажиллав:

- Хүрмэнгийн газар хөдлөлтийн голомтын параметр болон давталт хөдлөлтийн динамикийг шинжлэх;
- Түүхэн болон орчин үеийн сейсмик мэдээлэлд тулгуурлан тухайн идэвхт хагарал орчмын газар хөдлөлтийн идэвхжил, горимыг үнэлэх.
- Чичирхийллийн эрчим болон чичирхийллээр үүссэн нөлөөллийг судлах.



Зураг 1. Өмнөговь аймгийн бүс нутаг орчимд 1900 - 1963 оны хоорондох магнитуд нь $M_w \geq 5.0$ хүчтэй газар хөдлөлтүүдийн төвийн тархалт

II. СУДАЛГААНЫ МАТЕРИАЛ БА АРГА ЗҮЙ

Энэхүү судалгаанд ШУА-ын Одон орон, геофизикийн хүрээлэнгийн газар хөдлөлтийг бүртгэх үндэсний сүлжээ станцуудад бүртгэгдсэн 2015-2025 оны каталогийг ашиглав.

A. Газар хөдлөлийн горимын үнэлгээ

Сонгосон бүс нутгийн мэдээллийн бүрэн байдлыг (catalogue completeness) хангахын тулд буюу статистик алдааг бууруулж, тооцооллын нарийвчлалыг нэмэгдүүлэх зорилгоор $M_w \geq 2.0$ магнитудтай хөдлөлүүдийг сонгож авсан. Газар хөдлөлтийн идэвхжил болон давтамжийг үнэлэхдээ Гутенберг-Рихтер (Gutenberg & Richter, 1944) нарын тодорхойлсон дараах эмпирик тэгшитгэлээр тооцоолов:

$$\log N = a - bM \quad (1)$$

Үүнд: N нь M магнитудаас их буюу тэнцүү магнитудтай газар хөдлөлтийн нийлбэр (cumulative) тоо юм.

Бид a (сейсмик идэвхжил) болон b (давтамжийн налуу) параметрийг тодорхойлохдоо Хамгийн их магадлалын арга (Maximum Likelihood Method)-ыг ашигласан бөгөөд энэ нь шугаман регрессийн аргаас илүү нарийвчлалтай утгыг өгдөг [4].

B. Голомтын механизмын тооцоолол

Хүрмэнгийн газар хөдлөлтийн голомтын механизм болон гүнийг тодорхойлоход Момент тензор инверсийн (Moment Tensor Inversion) аргыг ашигласан. Энэхүү арга нь голомтын гүн болон момент магнитудыг давхар тодорхойлох боломж олгодгоороо долгионы анхны шилжилтийн тэмдэг ашигладаг уламжлалт аргаас давуу талтай юм. Уг аргачлал нь дараах алхмуудыг дамждаг:

- Тухайн бүс нутгийн хурдны модель дээр тулгуурлан Грины (Green's function) функцийг тооцоолох

- Станцуудад бүртгэгдсэн бодит сейсмограммыг онолоор тооцоолсон синтетик сейсмограммтай харьцуулан зөрүүг (misfit) хамгийн бага байхаар инверс хийх

- Гадаргуугийн долгионы мэдээллийг ашиглан момент магнитуд (M_w), хөдлөлтийн гүн болон голомтын параметрууд болох суналын өнцөг, уналын өнцөг, гулсалтын чигийг (strike, dip, rake) тодорхойлох.

C. Макросейсмик судалгааны арга зүй

Газар хөдлөлтийн чичирхийлэл газрын гадаргуу, барилга байгууламж болон хүмүүст хэрхэн

мэдрэгдсэнийг тодорхойлохдоо макросейсмик судалгааны аргыг ашигласан. Судалгааг дараах алхмуудын дагуу гүйцэтгэв:

- Балл/Эрчмийн үнэлгээ: Газар хөдлөлтийн эрчмийг олон улсын MSK-64 шаталбарын дагуу үнэлэв. Макросейсмик асуумж, талбайн ажиглалт дээр үндэслэсэн баллын үнэлгээг багажийн хэмжилттэй уялдуулах зорилгоор газар хөдлөлтийн хамгийн их хурдатгал (PGA)-ын утгаас MSK баллыг ойролцоогоор тооцох эмпирик хамаарлыг ашиглав:

$$I_{MSK} = 189 + 2.50 * \log_{10}(PGA(g) * 980.665) \quad (2)$$

Үүнд: I_{MSK} – MSK 64 баллын шаталбар

PGA – чичирхийллийн хамгийн их хурдатгал

$$1 \text{ Gal} = 1 \text{ cm/s}^2; PGA(g) \times 980.665 = PGA(\text{cm/s}^2)$$

- Мэдээлэл цуглуулалт: Хүрмэн, Номгон сумдын иргэдээс авсан асуумж, мэдээлэл болон барилга байгууламжид учирсан эвдрэлийн фото баримтжуулалтад тулгуурласан.

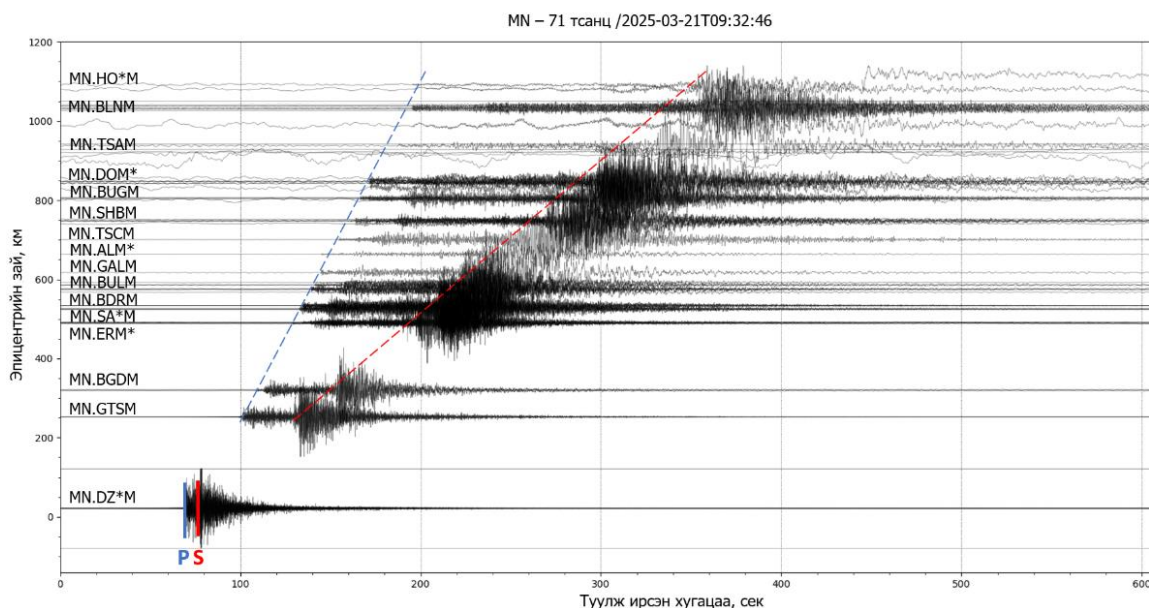
- Изосейстын зураглал: Мэдрэгдсэн балын утгуудыг газарзүйн солбицолтой уялдуулан, чичирхийлэл тархсан талбайн хил хязгаарыг харуулах изосейстын зургийг бэлтгэх.

III. БҮС НУТГИЙН ГАЗАР ХӨДЛӨЛИЙН ИДЭВХЖИЛ, ГОРИМ (2015-2025)

A. Сейсмик идэвхжил болон мэдрэгдсэн газар хөдлөлтүүд

Судалгааны бүс нутагт 2015–2025 оны хооронд сейсмик идэвхжил тогтвортой үргэлжилж ирсэн бөгөөд 2021 оноос хойш тухайн бүс нутгийн иргэдэд хүчтэй мэдрэгдсэн найман удаагийн тохиолдол бүртгэгдсэн байна (ШУА-ООГСТ, 2025). Үүнд: 2023 оны 6 дугаар сарын 11-ний Өмнөговь аймгийн Номгон сумын төвөөс баруун урд зүгт 59 км зайд (42.42° N , 104.67° E), Улаанбаатарын цагаар 19 цаг 37 минутад магнитуд нь M_L 4.6 -тай газар хөдлөлт юм. Уг хөдлөлтийн чичирхийлэл нь голомтын бүсэд ойр нутаглаж байсан иргэдэд II-III баллын эрчимтэйгээр (MSK-64 шаталбараар) мэдрэгдсэн боловч сумын төвийн суурьшлын бүсэд мэдрэгдээгүй байна. [5]

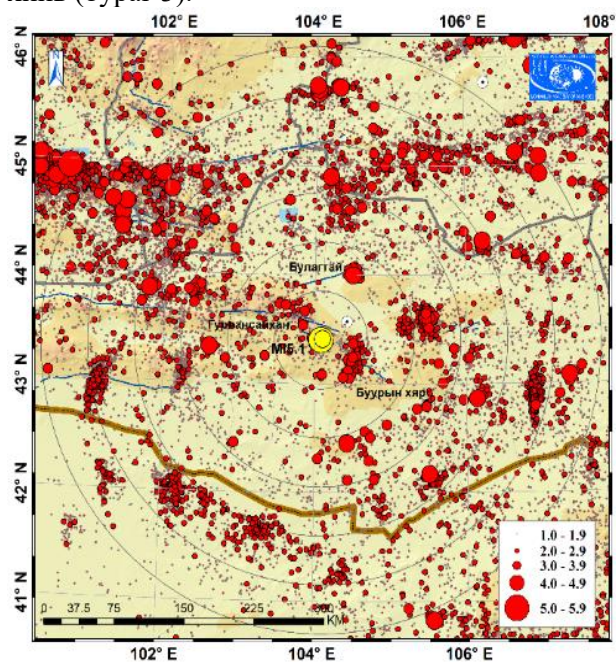
Сүүлийн арван жилийн хугацаанд буюу 2015-2025 онд тус бүс нутагт болсон хамгийн хүчтэй газар хөдлөлт нь 2025 оны 3 дугаар сарын 21-ний өдөр Хүрмэн сумын нутагт тохиосон M_L 5.1 магнитудтай газар хөдлөлт байжээ.



Зураг 2. Хүрмэнгийн газар хөдлөлт нь станцуудад бүртгэсэн долгионы бичлэг

В. Газар хөдлөлтийн орон зайн тархалт

Судалгааны ажлын хүрээнд Хүрмэнгийн газар хөдлөлтийн голомтоос 300 км-ийн радиуст 2015–2025 оны хооронд бүртгэгдсэн нийт 58,490 газар хөдлөлтийн мэдээлэлд дүн шинжилгээ хийв (Зураг 3).

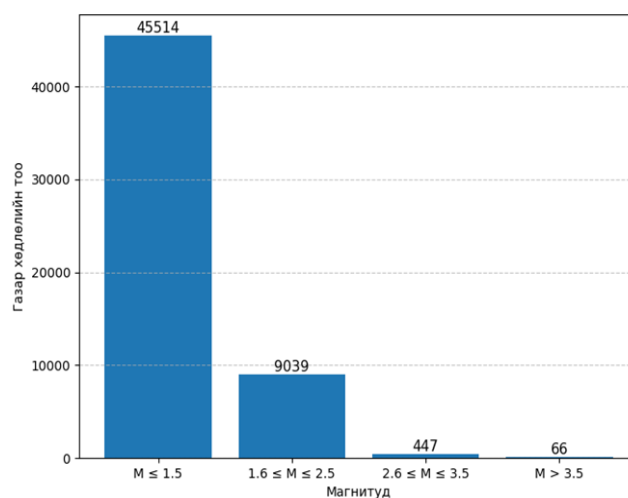


Зураг 3. Хүрмэнгийн газар хөдлөлтийн голомтоос (шар) 300 км радиуст болсон 2015–2025 оны газар хөдлөлтийн төвийн тархалт (улаан) идэвхтэй хагарлууд.

Энэхүү зурагт 2025 оны үндсэн хөдлөлтөөс гадна сүүлийн арван жилийн хугацаанд тус бүс нутагт бүртгэгдсэн газар хөдлөлтийн төвийн тархалт болон идэвхтэй хагарлуудын байршилг нэгтгэн харуулав.

Бүртгэгдсэн нийт газар хөдлөлтүүдийг магнитудын ангиллаар авч үзвэл (Зураг 4):

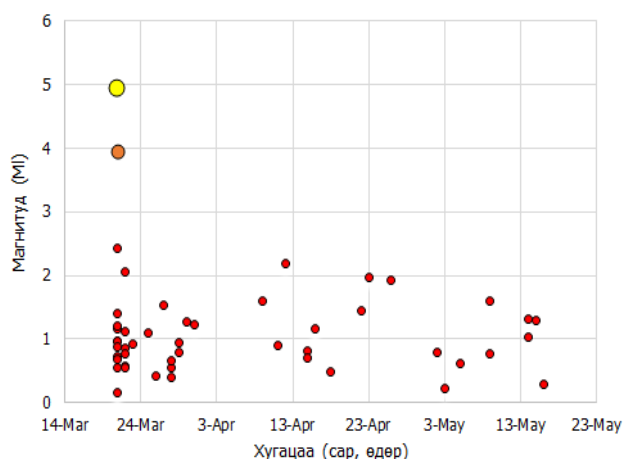
- $M_L \geq 3.5$: 66 удаа
- $2.6 \leq M_L \leq 3.5$: 447 удаа
- $1.6 \leq M_L \leq 2.5$: 9,039 удаа
- $M_L \leq 1.5$: 45,514 удаа тус тус бүртгэгджээ.



Зураг 4. Магнитуд ба газар хөдлөлийн тоо

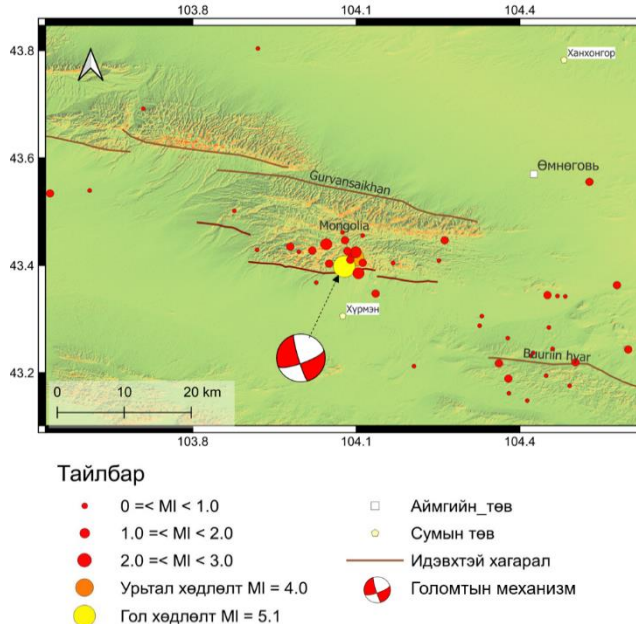
С. Давталт хөдлөлийн шинж чанар

Хүрмэнгийн газар хөдлөлтийн төвөөс 50 км-ийн радиуст, 2025.03.21 – 2025.05.16 хоёр сарын хугацаанд нийт 45 удаагийн чичирхийлэл бүртгэгдсэн байдаг. Эдгээрийн 20 нь гол хөдлөлтөөс хойш эхний 5 хоногт бүртгэгдсэн нь давталт хөдлөлтийн эрчимтэй үе шатыг илэрхийлж байна (Зураг 5).



Зураг 5. 2025.03.21-ээс 2025.05.16 хугацаанд бүртгэгдсэн давталт хөдлөлийн магнитуд хугацааны хамаарал. Улбар шар тойргоор урьтал хөдлөлтийг, шар тойргоор гол хөдлөлтийг харуулав.

Зураг 6 -т харуулж байгааг харвал, Давталт хөдлөлүүд нь хүчний хувьд харьцангуй сул бөгөөд 45 давталт хөдлөлтийн 42 нь $M_l \leq 1.9$ магнитудтай сулавтар хөдлөлүүд байв.



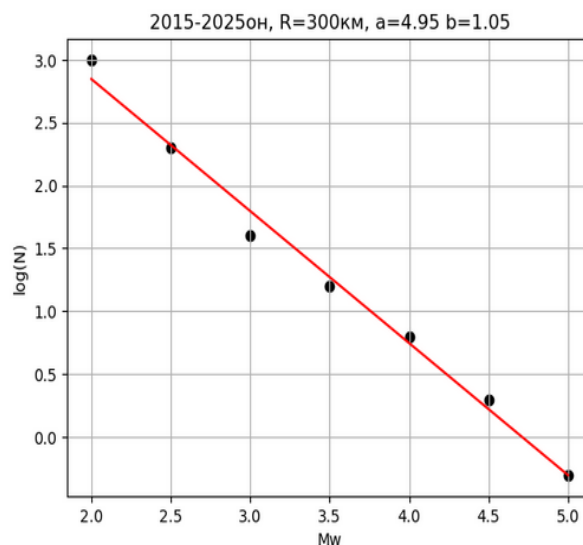
Зураг 6. 2025.03.21-ээс 2025.05.16 хугацаанд бүртгэгдсэн давталт хөдлөлүүд болон 50 км-ийн радиуст бүртгэгдсэн газар хөдлөлүүдийн төвийн тархалт

D. Газар хөдлөлтийн горимын судалгааны үр дүнгийн хэлэлцүүлэг

2015–2025 оны хооронд бүртгэгдсэн 9,732 газар хөдлөлүүдийн магнитуд хугацааны хамаарлын графикийг харуулав (Зураг 8).

Газар хөдлөлтийн горим ба давтамжийн анализын үр дүн Бүлэг II Арга зүйд дурдсанчлан

Хамгийн Их Магадлалын Аргыг ашиглан (Зураг 7).



Зураг 7. Газар хөдлөлтийн давтамжийн муруй (Рихтер-Гутенбергийн харьцаа). Энд: босоо тэнхлэг (y) нь $M_w \geq 2$ магнитудтай газар хөдлөлтүүдийн хуримтлагдсан тооны аравтын логарифм утгыг ($\log_{10} N$) илэрхийлэх бол.хэвтээ тэнхлэг (x) нь газар хөдлөлтийн магнитудыг илэрхийлнэ.

2015–2025 оны хооронд бүртгэгдсэн 9,732 газар хөдлөлүүдийн магнитуд-хугацааны хамаарлыг (Зураг 8) үзүүлэв. Үүнд үндэслэн газар хөдлөлтийн горим ба давтамжийн анализын үр дүн Бүлэг II тайлбарласан Хамгийн Их Магадлалын Аргаар гүйцэтгэж, үр дүнг (Зураг 7) харууллаа. Газар хөдлөлтийн давтамж нь магнитудаас хамаарсан экспоненциал байдлаар өөрчлөгддөг тул өргөдлийг логарифм масштабд шилжүүлж, давтамж-магнитудын хамаарлыг шугаман хэлбэрээр илэрхийлэн статистик шинжилгээг гүйцэтгэсэн. Мөн судалгаанд 2015-2025 оны хоорондох 10 жилийн мэдээллийг ашигласан бөгөөд газар хөдлөлтийн давтамжийг нэгж хугацаанд ноогдох дундаж утгаар илэрхийлэх зорилгоор өгөгдлийг нормчилсон болно.

Давтамжийн муруйгаас үзэхэд идэвхжил илэрхийлэх параметр $a=4.95$, давтамжийн налуу $b=1.05$ утгатай байна. Эдгээр үр дүнг шинжлэх ухааны үүднээс дараах байдлаар тайлбарлаж болно:

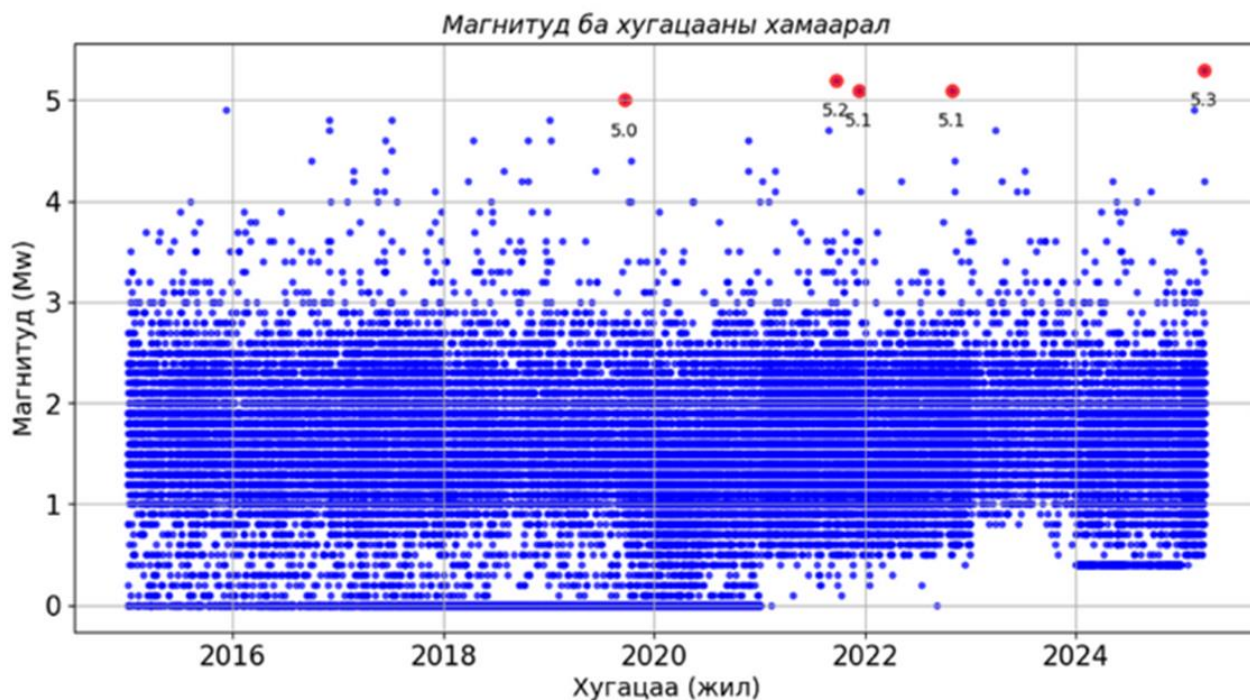
■ Сейсмик идэвхжил (a утга):

Тооцоолсон a утга харьцангуй өндөр байгаа нь тухайн бүс нутагт тектоник хүчдэлийн хуримтлал их, газар хөдлөлтийн үйл явц эрчимтэй явагдаж байгааг илтгэнэ.

■ Давтамжийн харьцаа (b утга):

$b=1.05$ байгаа нь тус бүс нутгийн геологийн орчин харьцангуй тогтвортой деформацид орж байгааг илэрхийлнэ. Энэхүү утга нь тив хоорондын тектоник идэвхтэй бүсүүдэд нийтлэг ажиглагддаг стандарт мужид ($0.7 \leq b$

≤ 1.2) бүрэн нийцэж байгаа бөгөөд [6] хүчтэй болон сул хөдлөлтүүдийн харьцаа хэвийн зүй тогтолтой байгааг харуулж байна.



Зураг 8. 2015 – 2025 хугацаан дахь газар хөдлөлтийн магнитуд ба хугацааны хамаарал

IV. ГОЛОМТЫН МЕХАНИЗМ

А. Тектоник нөхцөл ба идэвхтэй хагарлууд

Судалгааны талбайн 100 км-ийн радиуст хэд хэдэн идэвхтэй хагарлууд тодорхойлогдсон байдаг. Үүнд: голомтоос хойд зүгт 70 км-т 75 км урт үргэлжлэх Булагтайн хагарал, зүүн урагшаа 20 км-т 106 км урттай Буурын хярын тохрол төрлийн хагарал, мөн хойд зүгт 15 км-т орших 192 км урттай, зүүн гарын хэвтээ шилжилт бүхий Гурвансайханы хагарлууд хамаарна. [1]. 2025 оны Хүрмэнгийн газар хөдлөлтийн голомт нь Гурвансайхан уулсын урд бэлээр илэрцтэй боловч нарийвчилсан судалгаа хийгдээгүй байгаа хагарал дээр байрлаж байна (Зураг 9).

В. Момент тензор инверсийн үр дүн

Арга зүйн бүлэгт тодорхойлсон момент тензор инверсийн аргаар Хүрмэнгийн газар хөдлөлтийн голомтын параметруудийг тогтоов. Сонгогдсон 16 станцын бодит бичлэгийг онолын синтетик сейсмограммтай харьцуулан шинжлэхэд (Зураг 11 **Error! Reference source not found.**) 13 км-ийн гүнд зөрүү (misfit) хамгийн бага буюу тохироц 39.98%-тай гарсан ба момент магнитуд M_w 4.4 гэж тодорхойлогдсон (Зураг 10). Тооцооллоор

газар хөдлөлтийн голомтын механизмын параметрийн утгууд нь:

- **Nodal Plane 1:** Суналын өнцөг (Strike) = 163° , Уналын өнцөг (Dip) = 81° , Гулсалтын чиг (Rake) = -160°
- **Nodal Plane 2:** Суналын өнцөг (Strike) = 70° , Уналын өнцөг (Dip) = 70° , Гулсалтын чиг (Rake) = -10°
-

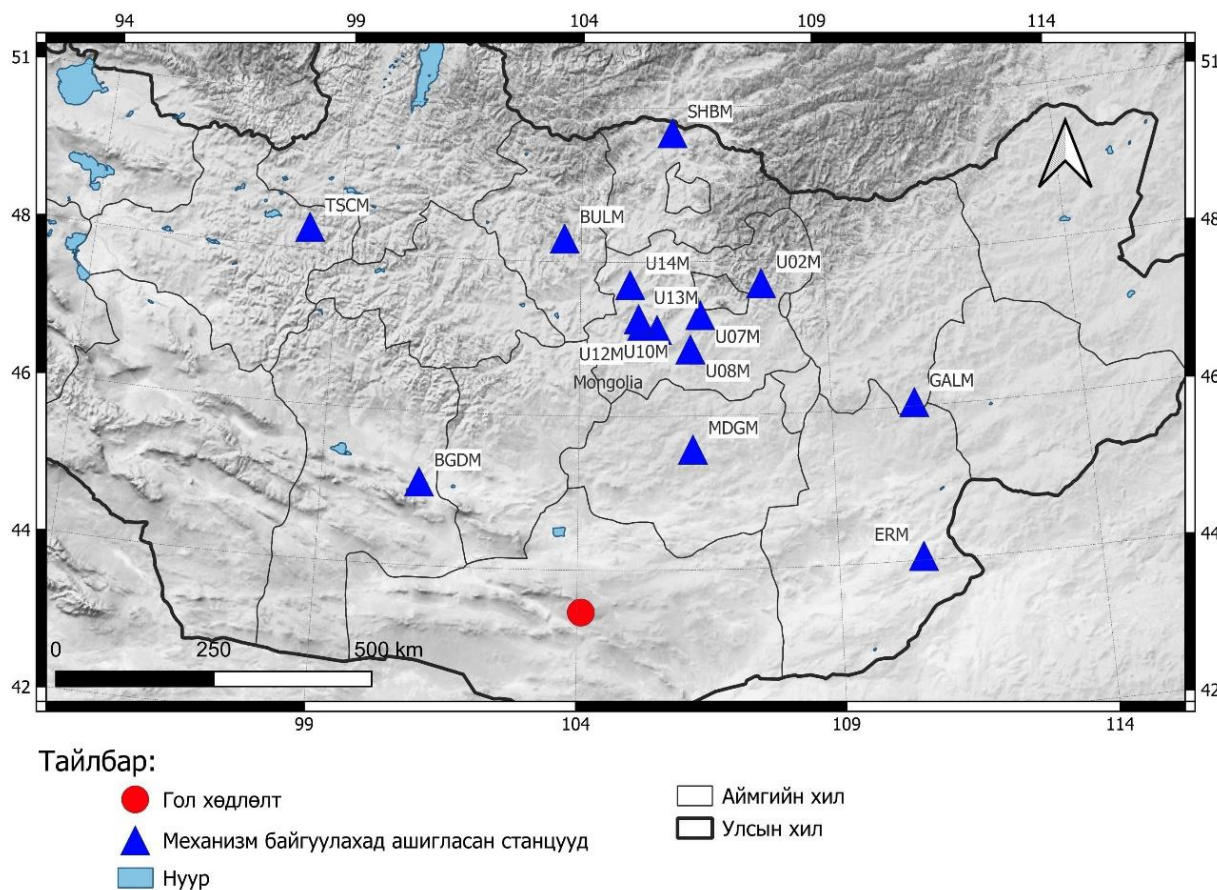
С. Голомтын механизмийн үр дүнгийн хэлэлцүүлэг

Тооцоолсон голомтын механизмийн үр дүнгээс суналын өнцөг нь 70° , гулсалтын чиг нь -10° байгаа нь хэвтээ шилжилттэй, суналын дагуу явагдсан газар хөдлөлт болохыг харуулж байна. Энэ нь Гурвансайханы хагарлын системийн зүүн гарын хэвтээ шилжилтийн чиглэлтэй геометр болон кинематикийн хувьд нийцэж байна.

Судалгаанд Төв Америкийн эх газрын хурдны модел ашигласан бөгөөд Монгол орны нарийвчилсан хурдны моделийг ашиглан дахин инверс хийснээр голомтын механизмын үр дүнг илүү нарийн тодорхойлох боломжтой юм.

Уг судалгаанд газар хөдлөлтийн гадаргуугийн долгион дээр суурилан инверс хийсэн тул зөвхөн өргөн зурвасын станцуудыг ашигласан (Зураг 9). Энд ашигласан газар хөдлөлт бүртгэх сүлжээ станцууд нь тус газар хөдлөлтийн төвөөс бүгд хойшоо байрлалтай

(Зураг 9) байсан тул урд зүгт байрлалтай олон улсын өргөн зурвасын станцуудад бүртгэгдсэн сейсмограммуудыг нэмэхээр оролдсон боловч тухайн сейсмограммууд нь чанарын шаардлага хангаагүй болно.



Зураг 9. Гол газар хөдлөлтийн голомтын байршилыг улаан дугуйгаар, ашигласан станцуудын байршилыг хөх гурвалжингаар харуулсан байдал

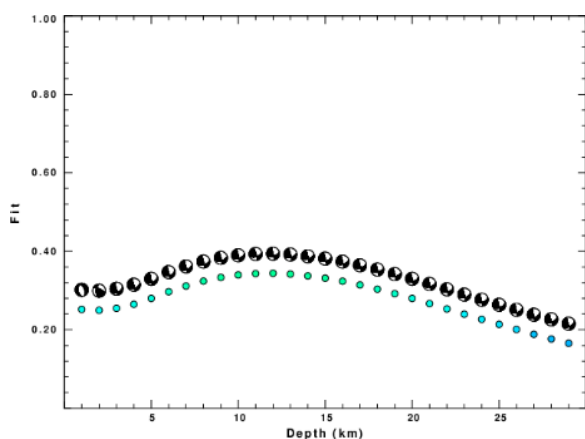
Нийт 16 станцад бүртгэгдсэн долгионыг радиал болон тангенциал чиглэлд проекцлон, 1–ээс 29 км гүн хүртэл 1 км-ийн алхамтайгаар харьцуулж үзэхэд өмнө дурдсанчлан 13 км гүнд хамгийн өндөр буюу 39.98%-тай гарсан (Зураг 10) ба момент магнитуд M_w 4.4-тэй тодорхойлогдсон.

Хамгийн сайн тохирсон голомтын механизмыг тодорхойлсон станцууд дээрх синтетик болон бодит долгионы харьцуулалтыг Зураг 11-г харуулав.

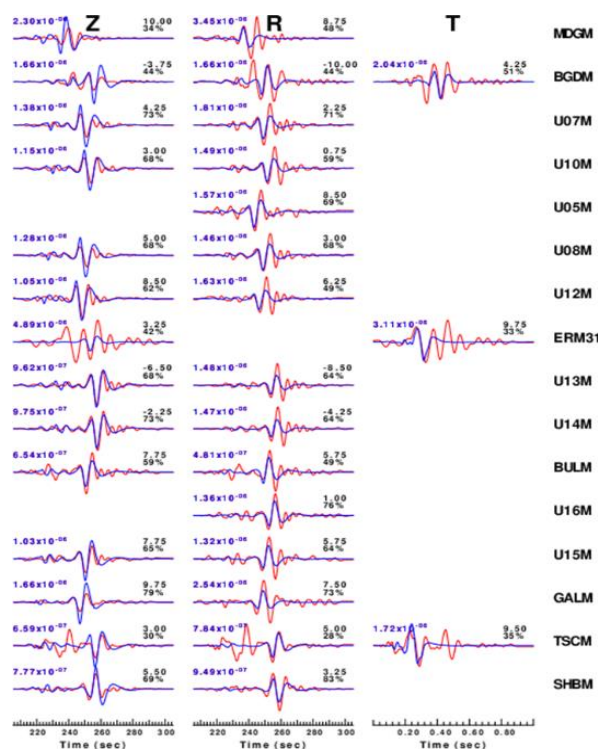
Босоо (Z) байгуулагч дээр сонгогдсон 14 станцын долгионы таарамж нь дунджаар 60.93%-тай, радиал (R) байгуулагч дээр сонгогдсон 15 станцын долгионы таарамж нь дунджаар 63.53%-тай, тангенциал (T) байгуулагч дээр сонгогдсон 3 станцын долгионы таарамж нь дунджаар 39.33%-тай байна.

V. МАКРОСЕЙСМИЙН СУДАЛГАА

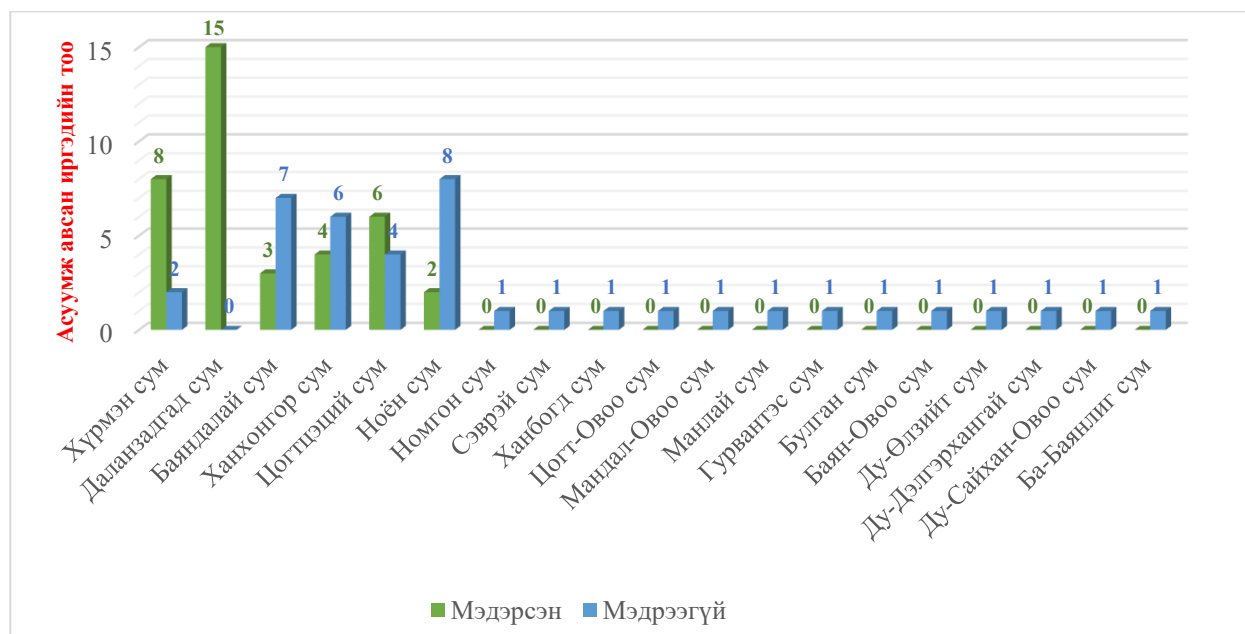
2025 оны 3 дугаар сарын 21-ний өдөр болсон газар хөдлөлтийн дараа Өмнөговь аймгийн 15 сум, Дундговь аймгийн 3 сум, Баянхонгор аймгийн 1 сум, нийт 19 сумын иргэдээс макросейсмийн анхан шатны 78 асуумж цуглуулсан (Зураг 12). Судалгааны мэдээллийн үнэн бодит байдлыг хангах үүднээс иргэдээс ирүүлсэн асуумж бүрт статистик боловсруулалт хийж, хэт зөрүүтэй (outliers) мэдээллийг шүүх арга зүйг ашигласан. [7] Олон улсын жишигт (жишээ нь EMS-98, MSK-64) хүн ам сийрэг суурьшсан бүс нутагт макросейсмийн үнэлгээг илүү нарийвчлалтай болгохын тулд нэг цэгт (суурин газарт) ирсэн мэдээллүүдийг статистик дунджаар тооцдог [8].



Зураг 10. Гүн болон голомтын механизмын хамаарал



Зураг 11. Сонгогдсон станцууд дээрх бодит (улаан) болон синтетик (цэнхэр) сейсмограммуудын харьцуулалт



Зураг 12. Хүрмэнгийн газар хөдлөлтөөс үүссэн чичирхийлэл иргэдэд мэдрэгдсэн байдал

Хэдийгээр мэдээлэл өгсөн иргэдийн тоо (38 иргэн чичирхийлэл мэдэрсэн) цөөн мэт боловч, газар зүйн тархалтын хувьд голомтын бүсийг бүрэн хамарч байгаа бөгөөд хурдатгал хэмжигч багажийн мэдээллээр баталгаажуулсан тул үр дүнг найдвартай гэж үзэх үндэслэлтэй.

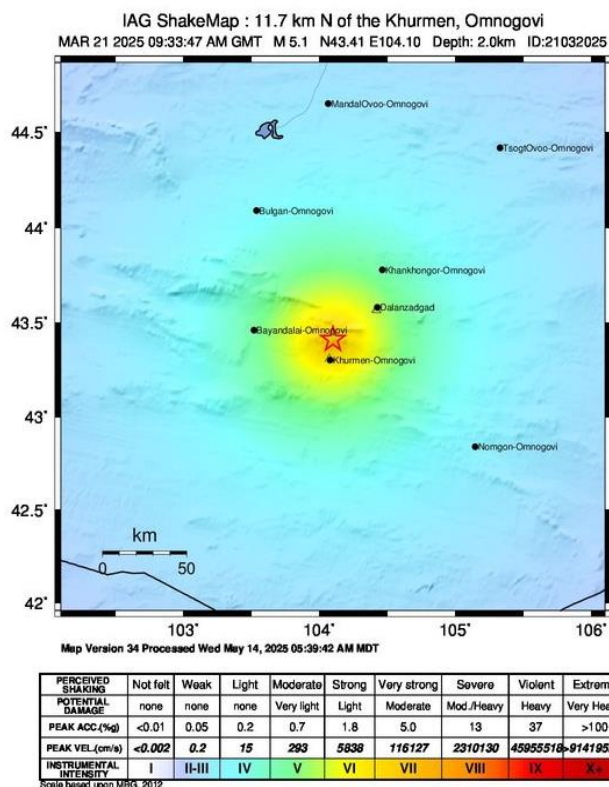
А. Макросейсмийн үр дүнгийн хэлэлцүүлэг:

■ Чичирхийлэл мэдрэгдсэн бүс:

Өмнөговь аймгийн Хүрмэн, Даланзадгад, Баяндалай, Ханхонгор, Цогтцэций, Ноён сумдад иргэдэд чичирхийлэл тодорхой мэдрэгдсэн.

■ **Чичирхийлэл мэдрэгдээгүй бүс:** Дундговь аймгийн Өлзийт, Дэлгэрхангай, Сайхан-Овоо сумд, Баянхонгор аймгийн Баянлиг сумын иргэдэд ямар нэгэн чичирхийлэлт мэдрэгдээгүй байна.

Мэдэрсэн иргэдийн асуумж болон хурдатгал хэмжигч багажийн өгөгдлийг нэгтгэн ижил доргилтын бүсийн зураглалыг (Изосейстийн зураг) гаргав (Зураг 13).



Зураг 13. Ижил доргилтийн бүсийн зураг (Изосейстийн зураг)

Баллын үнэлгээ ба багажийн үзүүлэлт: Уг газар хөдлөлт нь голомтондоо VI-VII балл-ын чичирхийлэл үүсгэсэн байна. Суурин газруудын баллын үнэлгээг авч үзвэл:

■ **Хүрмэн сум (Голомтоос 11.7 км):** Чичирхийлэл V-VI балл-аар мэдрэгдсэн. Ихэнх иргэд хүчтэй доргилт мэдэрсэн бөгөөд сумын Эрүүл мэндийн төв болон дотуур байрны барилгын хананд цууралт үүссэн нь энэхүү үнэлгээг баталж байна (Зураг 14).

■ **Даланзадгад сум (Голомтоос 31 км):** Иргэдийн асуумжаар чичирхийллийг IV-V балл гэж үнэлсэн. Үүнийг Даланзадгад сумын төвд байрлах хурдатгал хэмжигч (акселерометр) багажийн мэдээлэлтэй харьцуулахад MSK-64 шатлалын дагуу IV баллтай дүйцэж байгаа (Хүснэгт 1) бөгөөд макросейсмийн судалгааны үр дүнтэй (IV-V балл) өндөр магадлалтайгаар нийцэж байна.

■ **Бусад сумд:** Баяндалай, Ханхонгор, Цогтцэций, Ноён сумдад чичирхийлэл II-III балл-аар тус тус мэдрэгдсэн.

Арга зүйд тодорхойлсон томьёо (2)-ийн дагуу макросейсмийн асуумжаар гаргасан баллын үнэлгээг хурдатгал хэмжигч багажийн хэмжилтээс тооцсон MSK-64 эрчмийн утгатай харьцуулан Хүснэгт 1-д үзүүлэв.

Хүснэгт 1.

Акк Стан ц	За й (км)	EN E (g)	EN N (g)	PGA used (g)	(I _{MSK})	MSK (ойр олцо о)
R87B A	11. 7	69. 2	76. 6	76.6	6.6 0	VII
RFD5 F	30. 8	6.3	8.2	8.2	4.1 8	IV
R55C E	31. 1	6.1	11. 0	11.0	4.5 0	IV-V
RAA4 B	31. 1	6.6	11. 9	11.9	4.5 8	IV-V
RB21 D	31. 2	11. 0	14. 7	14.7	4.8 1	V



Зураг 14. Хүрмэн сумын ЭМТөвийн барилга болон дотуур байрны хананд үүссэн цууралтууд

VI. ДҮГНЭЛТ

2025 оны 3 дугаар сарын 21-нд Өмнөговь аймгийн Хүрмэн сумын нутагт болсон M_L 5.1-тэй газар хөдлөлт нь тухайн бүс нутагт сүүлийн арван жилд тохиолдсон хамгийн хүчтэй газар хөдлөлт болсон. Судалгаагаар уг газар хөдлөлт нь гэнэтийн тохиолдол бус, харин Алтай-Тянь-Шаны бүс дэх тектоник хөгжлийн зүй тогтолт үйл явц болох нь 2015–2025 оны хооронд бүртгэгдсэн 9,732 газар хөдлөлтийн өгөгдөлд хийсэн горимын судалгаанаас харагдаж байна. Тодруулбал, газар хөдлөлтийн давтамжийн налуу $b = 1.05$ байгаа нь хүчтэй болон сул хөдлөлтүүдийн харьцаа хэвийн, геологийн орчин тогтвортой деформацид орж байгааг харуулж байгаа бол сейсмик идэвхжлийн $a = 4.95$ утга нь тус бүс нутагт тектоник хүчдэлийн хуримтлал өндөр байгааг илтгэж байна. Гол хөдлөлтийн өмнө M_L 4.0 магнитудтай урьтал хөдлөлт, дараа нь 60 хоногийн турш 45 удаагийн давталт хөдлөлт бүртгэгдсэн нь энерги чөлөөлөгдөх процесс горимын дагуу явагдсаныг харуулж байна.

Голомтын механизмын инверс тооцооллоор уг хөдлөлт хэвтээ шилжилт давамгайлсан, суналын горимд явагдсаныг тодорхойлсон бөгөөд энэ нь Гурвансайханы хагарлын системийн зүүн гарын хэвтээ шилжилтийн чиглэлтэй геометр болон кинематикийн хувьд нийцэж байна.

Макросейсмийн судалгаагаар чичирхийлэл голомтондоо VI-VII баллын эрчимтэй байсан бөгөөд энэ нь Хүрмэн сумын зарим барилга байгууламжид цууралт үүсгэх хэмжээний (V-VI балл) нөлөө үзүүлжээ. Тус судалгааны үр дүнг Даланзадгад сумын төв дэх хурдатгал хэмжигч багажийн (IV балл) утгатай харьцуулан үзэхэд иргэдийн асуумжийн үнэлгээ болон багажийн хэмжилт хоорондоо нийцтэй байгаа нь баллын үнэлгээг бодитой тогтоох үндэслэл болов.

Ийнхүү газар хөдлөлтийн горим, голомтын механизм болон макросейсмийн үр дүнгүүдийг нэгтгэн дүгнэхэд, Хүрмэнгийн газар хөдлөлт нь бүс нутгийн сейсмик аюулын үнэлгээг нарийвчлах, цаашдын хот төлөвлөлт, барилгын норм нормативыг боловсронгуй болгоход шаардлагатай шинжлэх ухааны чухал суурь мэдээлэл болох боломжтой.

НОМ ЗҮЙ

- [1] I. B. A. B. B. A. C. A. e. a. Baljinnyam, “Ruptures of major earthquakes and active deformation in Mongolia and its

surroundings,” *Geological Society of America, Memoir*, p. Vol. 181, 1993.

- [2] R. A. (. Kurushin, “The surface rupture of the 1957 Gobi-Altay, Mongolia, earthquake,” *Geological Society of America, Special Paper*, p. Vol. 320, 1997.
- [3] Р. В. Л. В. Н. С. И. Д. С.Д.Хилько, *Землетрясения и основы сейсмического районирования монголии*, Москва, 1985.
- [4] Aki, “Maximum likelihood estimate of b in the formula $\log(N)=a - bM$ and its confidence limits,” *б. 43:237–239*, 1965.
- [5] Г. х. с. салбар, “Жилийн эцсийн тайлан,” *ШУА-ООГХ, УБ хот*, 2023.
- [6] E. A. T. A. M. & A.-O. E. M. Al-Heety, “Physico-Chemical Assessment of Euphrates River between Heet and Ramadi Cities, Iraq,” *Journal of water resource and protection*, 3(11), pp. 812-823, 2011.
- [7] G. GRÜNTAL, *European Macroseismic Scale 1998*, б. Volume 15, Luxembourg, 1998.
- [8] R. M. G. G. & S. M. Musson, “The comparison of macroseismic intensity scales. *Journal of Seismology*,” Ботиуд. %2-ын %1413-428, 14(2), 2010.
- [9] K. Mogi, “Magnitude-frequency relation for elastic shocks,” *Bulletin of Earthquake Research Institute, University of Tokyo*, 40, pp. 831-853, 1962.
- [10] D. C. O. B. A. D. S. B. G. B. D. .. & D. M. Ankhtsetseg, “The preliminary seismotectonic map of Mongolia. *Geophys. Astron.*, 7,,” pp. 25-37, 2020.
- [11] Л. М.-Э. М. Долгормаа, “2021 оны 1 сарын 12-нд Хөвсгөл аймгийн Ханх сумын нутагт болсон хүчтэй газар хөдлөлтийн макро судалгааны үр дүн,” *“Геофизик ба одон орон судлал” №10, ISSN: 2709-1546*, , pp. 66-71, 2023.
- [12] “U.S. Geological Survey,” 29 05 2025. [Холбогдсон]. Available: <https://www.usgs.gov/natural-hazards/earthquake-hazards/science/earthquake-magnitude-energy-release>.
- [13] Г. С. т. ШУА-Одон орон, “Макросейсмилийн тайлан,” УБ, 1960.