



# Analysis of seismic noise levels at temporary seismic stations in Khovd and Gobi-Altai aimags

Baasanbat Tsagaan<sup>1\*</sup>, Josh Stachnik<sup>2</sup>, Zagdsuren Sainbayar<sup>3</sup>, Batjargal Zevgee<sup>4</sup>, and Batbayar Purevkhuu<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institute of Astronomy and Geophysics, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia

<sup>2</sup>University of Lehigh, USA

<sup>3</sup>Khovd Branch of Institute of Astronomy and Geophysics, Mongolian Academy of Sciences, Khovd, Mongolia

<sup>4</sup>Altai Branch of Institute of Astronomy and Geophysics, Mongolian Academy of Sciences, Gobi-Altai, Mongolia

Received: 2025-10-19, Accepted: 2025-11-10, <https://doi.org/10.5564/mjag.v12i1.5174>

\*Corresponding author: [baasanbat@iag.ac.mn](mailto:baasanbat@iag.ac.mn) ● 0000-0002-4235-6705

## Abstract

As part of the preparatory phase of the “Mongolia Calibration” study, the background seismic noise levels of the temporary seismic stations installed in the southeastern part of Khovd aimag and the southwestern part of Gobi-Altai aimag were determined using the power spectral density technique. The results of the study indicate that the seismic noise levels at some stations are significantly higher. The elevated noise levels at stations MC11 and MC01 are attributed to human activities and the surrounding geological and tectonic conditions, respectively. The noise levels of the stations were compared with the Peterson low and high noise models, and a conclusion was drawn accordingly.

**Keywords:** Seismic noise, power spectral density, seismometer response curve

## 1. Удиртгал

Сейсмометрийн бичлэг сейсмограмм нь өөртөө төрөл бүрийн сейсмик шуугиаг агуулж байдаг. Сейсмик шуугиа гэдэг нь тодорхой болон тодорхой бус үүсгүүрээр үүсгэгдэж, газрын гадаргуугаар тархаж сейсмометр бичигдэж байдаг хөрсний байнгын чичирхийлэл юм. Сейсмик шуугианы үүсгүүрийн төрөлд байгалийн хүчин зүйл болох далай тэнгисийн давлагаа, түрлэг, салхинаас авхуулаад машин техник, тоног төхөөрөмжийн ажиллагаа зэрэг хүний үйл ажиллагаа бүгд багтдаг бөгөөд үүсгүүр тус бүрийн байрлал, цаг хугацаа, төрлөөс хамаарч төрөл бүрийн давтамж, далайц, долгионы урт бүхий сейсмик шуугиа үүсдэг байна.

Сейсмик шуугиа нь ихэнхдээ гадаргуугаар тархаж байгаа долгионоос бүтдэг бөгөөд долгионы давтамжаас нь хамааруулан ерөнхийд нь 1 Гц-ээс бага давтамж бүхий долгионуудыг микросейсм, 1Гц-ээс дээш давтамж бүхий долгионуудыг микро-тремор хэмээн хуваан авч үздэг байна. Байгалийн үзэгдэл болох далай тэнгисийн усны түрлэг нь микросейсм долгионы гол эх үүсгүүр бөгөөд урт үетэй (хэдэн цаг), бага далайц бүхий долгион үүсгэдэг байна. Харин микро-тремор долгионууд нь ихэнхдээ хүний үйл ажиллагаанаас болж үүссэн хөрсний чичирхийлэл юм. Орчны сейсмик шуугианы түвшин нь тухайн газрын байрлал, геологи, тектоникийн нөхцөл, улирал, цаг хугацаа, цаг агаарын нөхцөл зэргээс хамаарч янз

бүр байхаас гадна шуугианы түвшнийг хэмжиж буй багажийн өсгөлтийн муруй, суурилуулалтаас мөн хамаардаг байна (Bormann, 2002).

Тухайн газар хөдлөлт бүртгэх станцын сейсмометрийн үйл ажиллагаа, тухайн орчны сейсмик шуугианы түвшнийг сигналын чадлын спектрийн нягтаар (power spectral density, PSD) тодорхойлдог (McNamara & Buland, 2004). Хэмжигдсэн сейсмик шуугианы түвшнийг үнэлэхийн тулд Петерсоны шуугианы түвшний загвартай (Peterson, 1993) харьцуулдаг байна (Peterson, 1993).

Энэ судалгаагаар АНУ-ын Lehigh ИС-аас хэрэгжүүлэх гэж төлөвлөж байгаа “Mongolia calibration” судалгааны бэлтгэл ажлын хүрээнд Ховд аймгийн зүүн урд болон Говь-Алтай аймгийн баруун урд хэсгээр суурилуулагдсан газар хөдлөлт бүртгэх, өргөн зурвасын 11 станцаас мэдээлэл нь бүрэн 9 станцын сейсмик шуугианы дундаж түвшнийг тодорхойлж, дүгнэлт өгөхийг зорьсон болно.

## 2. Чадлын спектрийн нягт

Сейсмик шуугианы тоо хэмжээ, түвшнийг тодорхойлох стандарт арга аргачлал нь шуугианы чадлын спектрийн нягтыг (англиар Power Spectral Density - PSD) тооцоолох явдал юм (McNamara & Buland, 2004). Фурье анализ ёсоор, аливаа үелсэн функц (долгион) нь олон тооны гармоник синус функцүүдийн нийлбэр бөгөөд тухайн сигналыг бүрдүүлж байгаа синуслэг функцүүдийн чадал нь давтамжаас хамаарах хамаарлыг Чадлын Спектрийн Нягтын (цаашид ЧСН гэх) функцээр илэрхийлдэг байна. Өөрөөр хэлбэл, ямар нэгэн сигналын чадлын спектрийн нягт гэдэг нь өгөгдсөн давтамжийн муж дахь сигналын чадлын эрчим юм.

Тэгэхээр гэсэн хугацаат цуваа өгөгдсөн байна гэж үзвэл түүний ЧСН-ыг тооцоолохын тулд эхлээд тухайн сигналын дундаж утгыг тэгтэй тэнцүүлж, дараа нь цонхоор үрждэг. Энэ далайцыг нь зассан сигналыг дараах томъёогоор илэрхийлнэ (Ifeachor & Jervis, 2002).

$$s_k = c_2 w_k [x_k - c_1] \quad (1)$$

$c_1, c_2$  нь дараах томъёогоор илэрхийлэгд-

дэг тогтмолууд болно.

$$c_1 = \frac{\sum_{k=0}^{N-1} w_k x_k}{\sum_{k=0}^{N-1} w_k} \quad c_2 = \frac{N}{\sum_{k=0}^{N-1} w_k^2} \quad (2)$$

$N$  -нь сигнал дахь  $\Delta t$  гэсэн интервалтай нийт цэгийн тоо бөгөөд  $k = 0, \dots, N-1$  болно. Дискрет Фурье хувиргалтыг ашиглан  $s_k$  -ийг  $S_n$  -рүү дараах байдлаар хувиргадаг.

$$S_n = \sum_{k=1}^{N-1} s_k e^{-j2\pi f t} \Delta t = \sum_{k=1}^{N-1} s_k e^{-j2\pi \frac{nk}{N}} \Delta t \quad (3)$$

Энд  $n = 0, \dots, N-1$ ,  $t = k\Delta t$ ,  $f = n\Delta f$  болно. Урвуу дискрет Фурье хувиргалтын дүрэм ёсоор  $s_k$  болон  $S_n$  нь хоёулаа үелэг функцүүд тул чадлын спектрийн нягтыг дараах байдлаар илэрхийлнэ:

$$\text{PSD}(f = n\Delta f) = \frac{2|S_n|^2}{T} \quad (4)$$

энд  $T = N\Delta t$  болно.

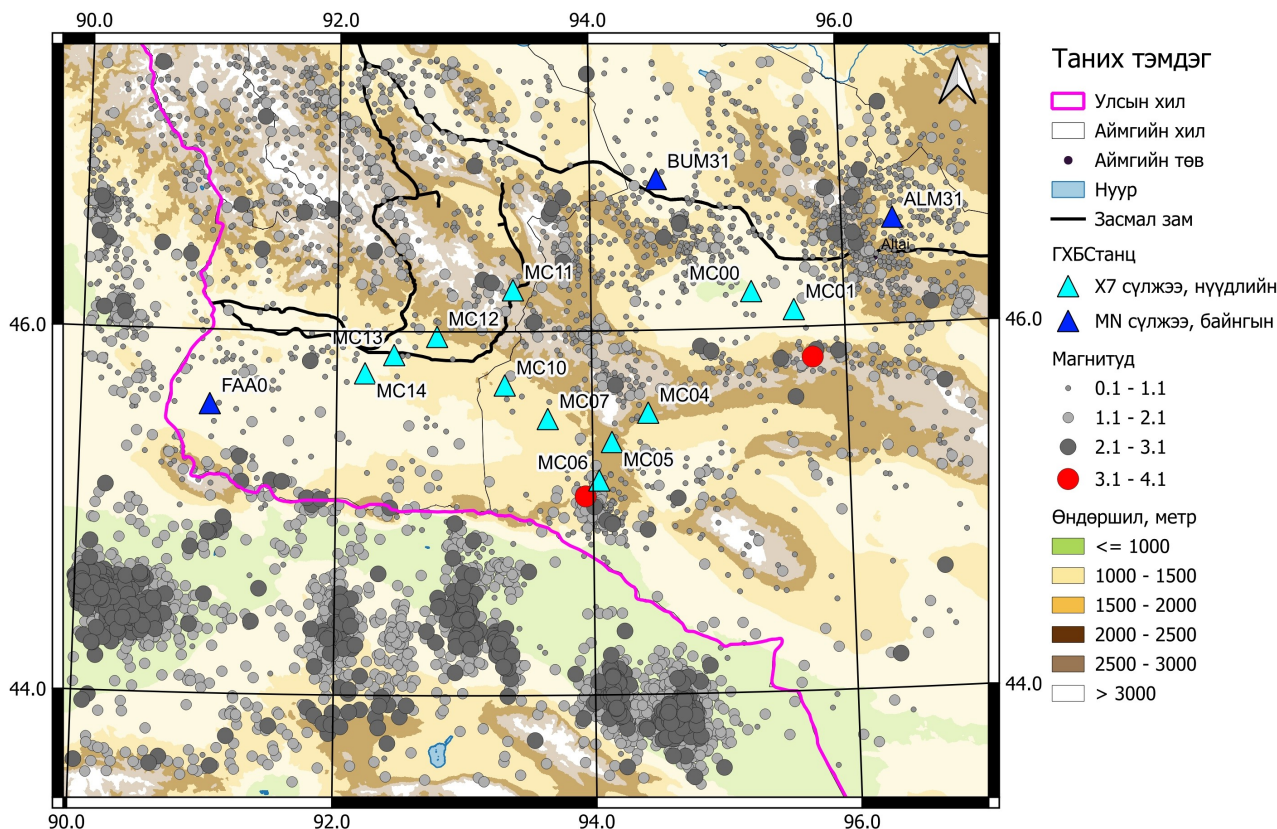
Энэхүү судалгаанд станцуудын чадлын спектрийн нягтыг тооцоолохдоо CPS 3.30 програмыг ашигласан (Herrmann, 2013).

## 3. Судалгааны өгөгдөл ба боловсруулалт

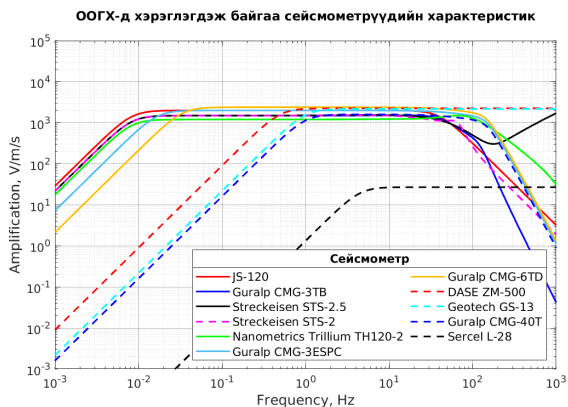
### 3.1. X7 нүүдлийн сейсмийн сүлжээ

АНУ-ын Lehigh ИС-аас хэрэгжүүлэхээр төлөвлөж буй “Mongolia calibration” судалгааны бэлтгэл ажлын хүрээнд газар хөдлөлтийг бүртгэх өргөн зурвасын 11 станцыг Ховд аймгийн зүүн өмнөд болон Говь-Алтай аймгийн баруун өмнөд хэсгүүдэд 2024 оны 09 сард суурилуулсан (Зураг. 1). Эдгээр станцуудад Naometrics компанийн Trillium Horizon TH120-2 загварын гурван байгуулагчтай өргөн зурвасын сейсмометрийг ашигласан. Тус сейсмометр болон Одон орон, геофизикийн хүрээлэнд ашиглагдаж буй бусад сейсмометрүүдийн өсгөлтийн муруйнуудыг Зураг. 2-д үзүүлэв.

Эдгээр станцууд нь 2026 оны зун хүртэл тасралтгүй ажиллахаар төлөвлөгдсөн бөгөөд энэхүү судалгаанд 2024 оны 09 сараас 2025 оны 04 сар хүртэлх хугацаанд бүртгэгдсэн өгөгдлийг ашигласан.



**Зураг 1.** “Mongolia calibration” судалгааны бэлтгэл ажлын хүрээнд Ховд аймгийн зүүн урд болон Говь-Алтай аймгийн баруун урд хэсгээр суурилуулсан газар хөдлөлт бүртгэх, өргөн зурвасын 11 станцын тархалт.



**Зураг 2.** ООГХ-д хэрэглэгдэж байгаа сейсмометруудийн болон Nanometrics Trillium Horizon TH120-2 сейсмометрийн өсгөлтийн муруйнууд.

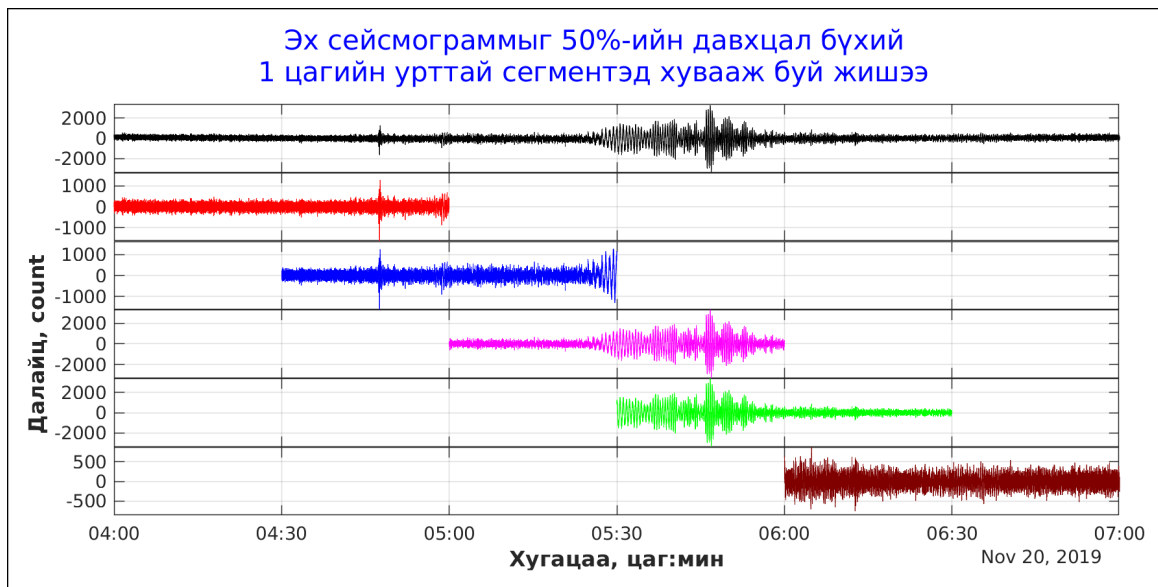
**3.2. Мэдээлэл боловсруулалт**

Сигналын чадлын спектрийн нягтыг (ЧСН) тооцоолохдоо тухайн сигналыг бүхэлд нь ашиглахаас гадна түүнийг хэсэгчлэн хувааж, хэсэг тус бүрийн спектрийг тооцон дундажлах аргыг өргөн хэрэглэдэг

(McNamara & Buland, 2004). Энэхүү судалгаанд өгөгдлийг бэлтгэхдээ станц бүрийн гурван байгуулагчийн үргэлжилсэн бичлэгийг 50% давхцалтайгаар 1 цагийн урттай сегментүүдэд хуваасан (Зураг. 3). Үүний дараа сигналаас урт үетэй шугаман трендийг хасах, спектрийн алдагдлыг багасгах зорилгоор тоон сигнал боловсруулалтын хэд хэдэн процессыг SAC программ ашиглан хийсэн болно (Goldstein & Snoke, 2005).

Эхлээд станц бүрийн 1 цагийн урттай сигналуудын ЧСН-ыг тухайн сигнал болон сейсмометрийн өсгөлтийн муруйг ашиглан (Herrmann, 2013) тооцооллоо (Зураг. 4,5). Үүний дараа цаг бүрийн ЧСН-ын муруйнуудаар станц бүрийн ЧСН-ын муруйг зурлаа. Нэг станцын ЧСН-ын муруйн жишээг Зураг. 6-д үзүүллээ.

Хөрсний чичирхийлэл нь санамсаргүй, стохастик үзэгдэл бөгөөд хэвийн тархалттай байдаг. Өөрөөр хэлбэл ижил төстэй үүсгүүрээс ирж байгаа сейсмик шуугиа тухайн сейсмометрт бичигдлээ гэж үзэхэд ажиг-



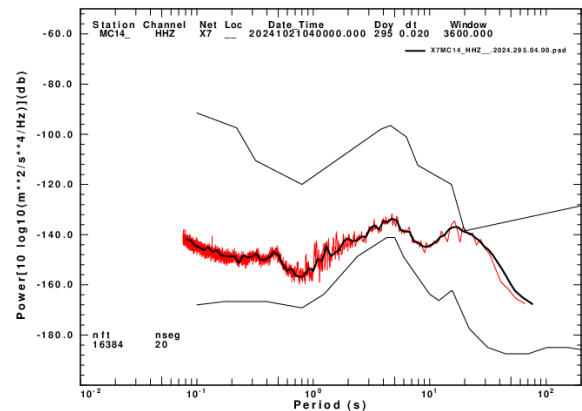
**Зураг 3.** Үргэлжилсэн эх сейсмограммыг 50%-ийн давхцал бүхий, 1 цагийн урттай сегментүүдэд хувааж буй жишээ.

лагдсан чичирхийллүүд хоорондоо ялгаатай байж болдог. Иймд станц бүрийн хувьд ажиглагдсан сейсмик шуугиад статистик анализ хийж, дундаж, моод утгуудыг тодорхойлж  $\pm 2\sigma$  стандарт хазайлтыг тодорхойллоо (Зураг. 6). Эцэст нь станц бүрийн дундаж ЧСН-ын муруйг байгуулагч бүрээр зурж үзүүлээ (Зураг. 7).

**4. Үр дүн**

Энэ судалгааны гол үр дүн нь Х7 сүлжээний станцуудын байгуулагч бүрийн сейсмик шуугианы түвшин юм (Зураг. 7). Судалгааны үр дүнд гарсан дундаж ЧСН-ын харьцуулсан үр дүнгээс станцуудын сейсмик шуугианы түвшин, ерөнхий болон онцлох шинж чанарыг авч үзье.

Судалгааны үр дүнгээ үзэхэд, [10-100 сек] интервалд МС11 станцаас бусад станцуудын хэвтээ 2, босоо 1 байгуулагч бүрийн шуугианы түвшин өөр хоорондоо адилхан түвшинд, -180-аас -150 дБ хооронд байна. [1-10 сек] интервалд МС01 станцаас бусад станцуудын 3 байгуулагч бүрийн шуугианы түвшин өөр хоорондоо адилхан, давхцаж байгаа нь харагдана. Харин МС11, МС01, МС06, МС07 станцуудын сейсмик шуугианы түвшин [0.3-1 сек] интервалд бусад станцуудаасаа өөр, өндөр байгаа нь харагдана. Харин МС11, МС01, МС06, МС07 станцуудын сейсмик шуугианы түвшин [0.3-1 сек] интервалд бу-

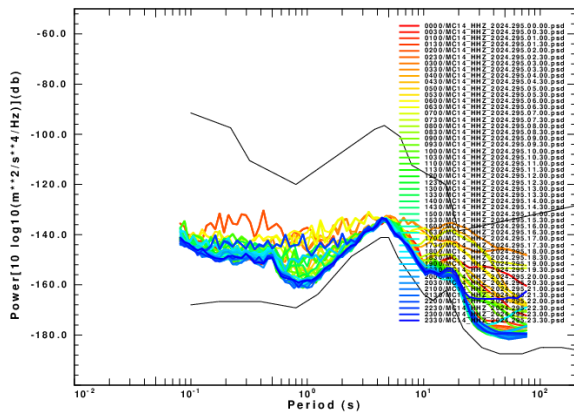


**Зураг 4.** Нэг цагийн урттай сигналын чадлын спектрийн нягтын дүн шинжилгээний жишээ.

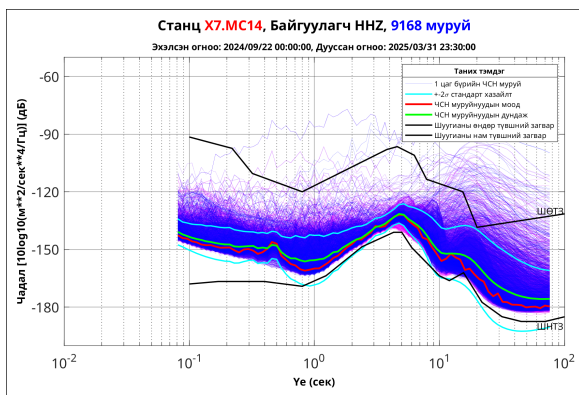
сад станцуудаасаа өөр, өндөр байгаа нь харагдана.

Сейсмик шуугианы түвшинд нь онцлох шинж чанар байгаа станцуудыг авч үзье. МС01 станцын 2 хэвтээ байгуулагчийн ЧСН-ын муруй нь [1-10 сек] интервалд бусад станцуудынхаас нэлээд өндөр, ялгаа нь даруй 20 дБ байна. Мөн [0.3-1] интервалд МС11-ээс бусад станцуудын сейсмик шуугианы түвшнээс 15 орчим дБ-ээр өндөр байна.

МС11 станцын хувьд [10-100 сек] интервалд хэвтээ 2 байгуулагчийн дундаж ЧСН-ын муруй нь бусад станцуудын хэвтээ байгуулагчдынхаас өндөр, ойролцоогоор 15-20 дБ-ээр илүү байна. Харин сейсмик шуугиа-



**Зураг 5.** Нэг өдрийн чадлын спектрийн нягтын анализын жишээ. Муруй бүр нэг цагийн ЧСН.



**Зураг 6.** ЧСН-ын аргаар тооцсон МС14 станцын ННЗ байгуулагчийн сейсмик шуугианы түвшин.

ны түвшин нь [1-10 сек] интервалд бусад бүх станцуудынхтай адилхан байгаа боловч [0.3-1 сек] интервалд бусад бүх станцуудынхаас өндөр, хамгийн ихдээ 30 дБ их байна. МС11 станцын хувьд [10-100 сек] интервалд хэвтээ 2 байгуулагчийн дундаж ЧСН-ын муруй нь бусад станцуудын хэвтээ байгуулагчдынхаас өндөр, ойролцоогоор 15-20 дБ-ээр илүү байна. Харин сейсмик шуугианы түвшин нь [1-10 сек] интервалд бусад бүх станцуудынхтай адилхан байгаа боловч [0.3-1 сек] интервалд бусад бүх станцуудынхаас өндөр, хамгийн ихдээ 30 дБ их байна.

МС06 болон МС07 станцуудын сейсмик шуугианы түвшин нь [1-100 сек] интервалд бусад станцуудынхтай адилхан байгаа боловч [0.3-1 сек] интервалд МС10, МС11, МС12, МС13 болон МС14 станцуудынхаас 15 дБ-ээр өндөр байна.

МС13 станцын 3 байгуулагч бүрийн дун-

даж ЧСН-ын муруйд 0.4 сек (2.5 Гц) дээр оргил утга ажиглагдсан нь сонирхолтой. Бусад тохиолдолд МС10, МС11, МС12, МС13 болон МС14 станцуудын дундаж ЧСН-ын муруйнууд нь өөр хоорондоо адилхан, бараг давхцаж байна.

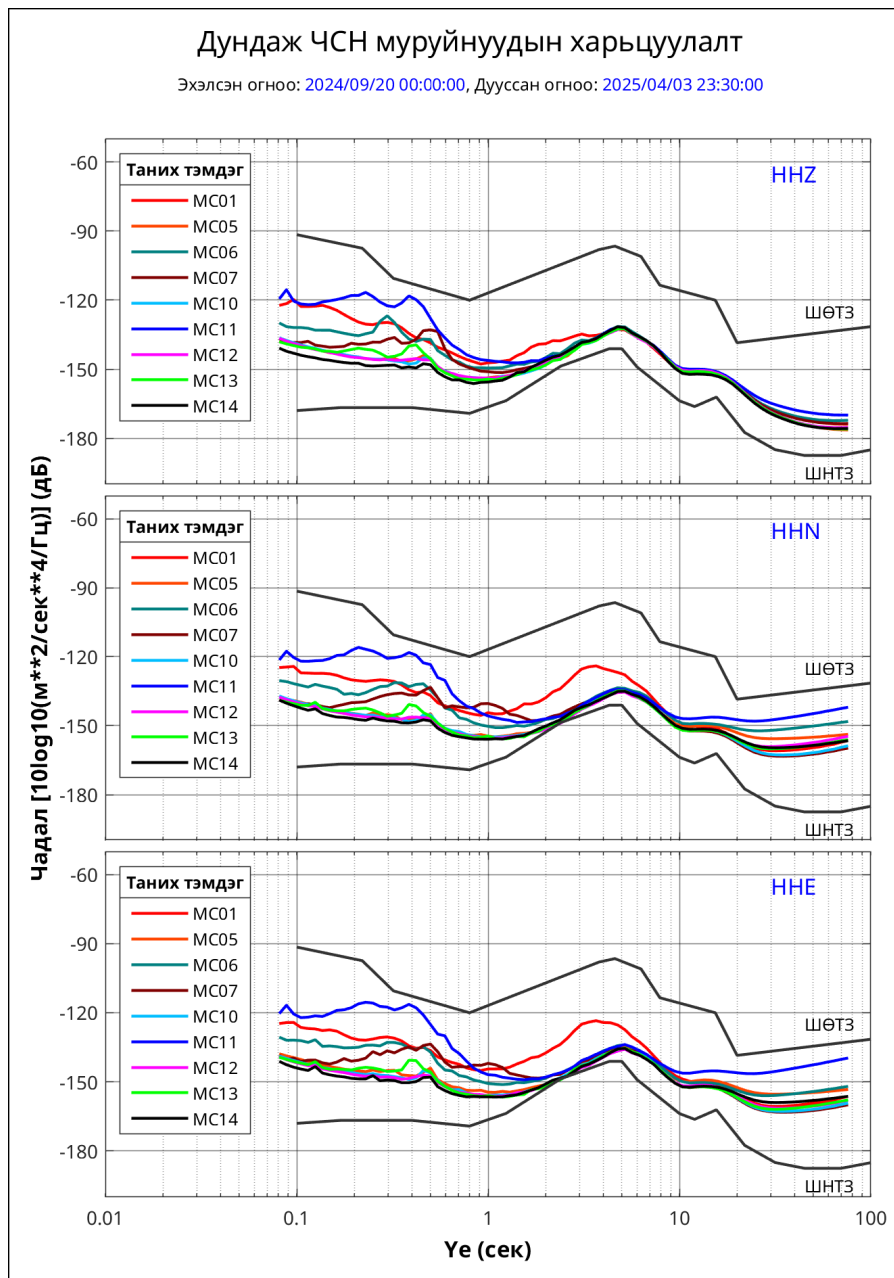
### 5. Хэлэлцүүлэг

Станц бүрийн дундаж ЧСН-ын муруйнуудын харьцуулалтаас үзэхэд сейсмик шуугианы онцлог шинж чанартай хэд хэдэн станц байна. МС01 станц нь Говь-Алтай аймгийн Халиун сумын Олонбулаг багийн төвийн ойролцоо, нэлээд зузаан хурдас бүхий Шаргын хөндийд суурилууллагдсан. Тус станц нь хөл хөдөлгөөн харьцангуй багатай газар суурилууллагдсан хэдий ч [1-10 сек] (1-0.1 Гц) интервалд бусад бүх станцуудаасаа өндөр байгаа тус станцын хэвтээ 2 байгуулагчийн сейсмик шуугианы түвшин, [0.3-1 сек] (3.3-1 Гц) интервалд МС11-ээс бусад станцуудаасаа өндөр байгаа 3 байгуулагчдын сейсмик шуугианы түвшин нь магадгүй энэ Шаргын хөндийн зузаан хурдастай холбоотой байж болох юм.

МС11 станц нь Ховд аймгийн Цэцэг сумын Баянгол багийн Цагаан эрэг гэдэг газар ул хадны илэрц бүхий газар суурилууллагдсан. МС11 станцын сейсмик шуугианы түвшин нь бусад станцуудаасаа онцгой өндөр байгаа нь тус станц Хөшөөтийн уурхайн нүүрсний засмал замаас хамгийн ойрдоо 0.9 км зайд оршиж байгаагаар шууд холбоотой гэж үзэж байна. Мөн түүнчлэн тус станцын E байгуулагчийн сейсмик шуугианы түвшин нь Z болон N байгуулагчдын сейсмик шуугианы түвшнээс өндөр байгаа нь хүнд нүүрс бүхий тээврийн хэрэгслүүд тус замаар баруунаас зүүн тийш өгсөж байх үедээ үүсгэж байгаа шуугиатай холбоотой гэж үзэж байна.

МС06 станц нь Говь-Алтай аймгийн Бугат сумын нутагт ГИДЦГ-ын Б хэсэг, Хөвчийн нурууны баруун биед Богдын голд эзгүй хээр талд оршино. Хэдий тийм боловч [0.3-1 сек] (3.3-1 Гц) интервал дахь сейсмик шуугианы өндөр түвшнийг тайлбарлах боломжгүй байна.

МС07 станц нь Говь-Алтай аймгийн Бугат



**Зураг 7.** Станцуудын дундаж ЧСН муруйнуудын харьцуулалт.

сумын нутагт ГИДЦГ-ын Б хэсгийн захиргаанаас урагш 2 км зайд эзгүй газарт суурилуулагдсан. Тус станцын [0.3-1 сек] (3.3-1 Гц) интервал дахь харьцангуй өндөр түвшний сейсмик шуугианы үүсгүүрийг тайлбарлах бололцоогүй байна.

2024 оны 09 сараас 2025 оны 04 сарын хугацаанд сонгож авсан талбайд болсон газар хөдлөлтүүдийн тархалтыг Зураг. 1-д үзүүлээ. 2025 оны 01 сарын 05-ны 07:26:30 (ОУЦ)-д магнитуд нь 3.8-тай газар хөдлөлт болсон. Тус газар хөдлөлт нь MS05 болон MS06 станцуудын дунд болсон нь Х7 сүлжээний станцуудын мэдээллээр тус

газар хөдлөлтийн үүсгүүрийн механизм, бусад параметрийг нарийвчлан судлах боломжийг олгож байна.

### 6. Дүгнэлт

Газар хөдлөлт бүртгэх, нүүдлийн Х7 сүлжээний станцуудын сейсмик шуугианы түвшнийг чадлын спектрийн нягтын аргаар тодорхойллоо. Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд, MS11, MS01, MS06, MS07 станцуудын сейсмик шуугианы түвшин бусад станцуудынхаас өндөр байна. MS11 болон MS01 станцуудад ажиглагдсан сейсмик шуугианы өн-

дөр түвшин нь цаашид газар хөдлөлт бүртгэх нүүдлийн станцыг суурилуулах газрыг сонгохдоо хүний үйл ажиллагаанаас үүдсэн чимээ шуугианыг авч үзэх, геологи тектоникийн нөхцөлийг нь судлах шаардлагатайг харуулж байна.

Тус Х7 сүлжээний станцуудын мэдээллээр тус бүс нутгийн газар хөдлөлтийн төлөв байдлыг нарийвчлан судлах, царцдасыг зузааныг тодорхойлох гэх мэт сейсмологийн судалгаануудыг хийх бүрэн бололцоотой юм.

### Ашигласан номзүй (References)

- Bormann, P., 2002. *New manual of seismological observatory practice*, GeoForschungsZentrum.
- Goldstein, P. & Snoke, A., 2005. Sac availability for the IRIS community, *Incorporated Research Institutions for Seismology Newsletter*, **7**(UCRL-JRNL-211140).
- Herrmann, R. B., 2013. Computer programs in seismology: An evolving tool for instruction and research, *Seismological Research Letters*, **84**(6), 1081–1088, <https://doi.org/10.1785/0220110096>.
- Ifeachor, E. C. & Jervis, B. W., 2002. *Digital signal processing: a practical approach*, Pearson Education.
- McNamara, D. E. & Buland, R. P., 2004. Ambient noise levels in the continental United States, *Bulletin of the seismological society of America*, **94**(4), 1517–1527, <https://doi.org/10.1785/012003001>.
- Peterson, J. R., 1993. Observations and modeling of seismic background noise, Tech. rep., US Geological Survey.