



# Study of seismic activity in the Tonkhil region

Dulmaa Bayanmunkh<sup>1\*</sup>, Munkhsaikhan Adiya<sup>2</sup>, Bat-Erdene Nergui<sup>1</sup>, Batbold Baasannyam<sup>1</sup>, and Erdenepurev Davaatseren<sup>1</sup>

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

Received: 2025-10-29, Accepted: 2025-12-22, <https://doi.org/10.5564/mjag.v12i1.5192>

\*Corresponding author: [dulmaa@iag.ac.mn](mailto:dulmaa@iag.ac.mn) 0000-0003-4134-6182

## Abstract

On March 20, 2020, an earthquake with a magnitude of 6.1 occurred at the junction of the active faults of the Mongol Altai and Gobi-Altai ranges, which are located in Tonkhil soum of Gobi-Altai province. This earthquake occurred at the same latitude and approximately 100 kilometres north of the epicentre of the Takhin Shar earthquake. Observations indicate a correlation between the epicentres of the Tonkhil and Takhin Shar earthquakes. Additionally, it has been determined that another potential epicentre may exist about 18 kilometres south of the 2020 M6.1 epicentre, suggesting a broader seismic source area within this region. This study analyzed earthquakes that occurred in the Tonkhil area of Gobi-Altai province between 2015 and 2024 and estimated key parameters of the region's seismic regime using the Gutenberg–Richter law.

**Keywords:** Magnitude, time-space relationship

## 1. Удиртгал

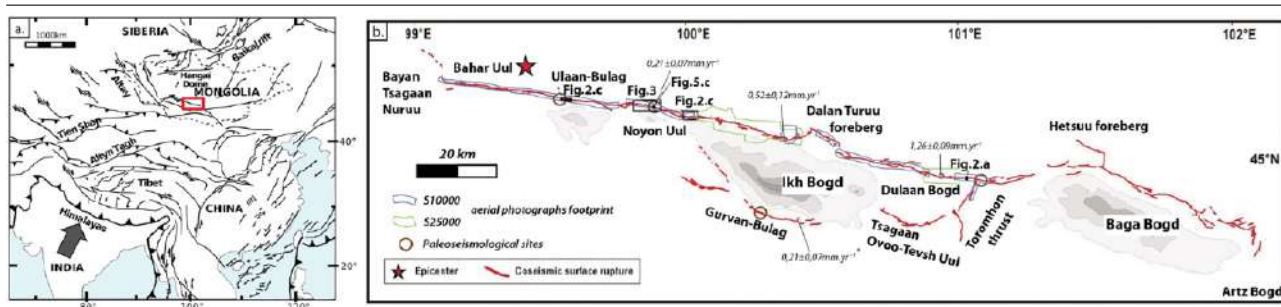
2020 оны 3 дугаар сарын 20-ны 11 цаг 03 минут 12 секундэд (Улаанбаатарын цагаар) Говь-Алтай аймгийн Тонхил сумын нутагт магнитуд нь 6.0-тай газар хөдлөлт болсон. Тус газар хөдлөлт нь голомтдоо VI-VII баллын хүчтэй чичирхийлэл үүсгэсэн ба баруун аймгуудын ихэнх нутаг дэвсгэрт, тухайлбал Говь-Алтай аймгийн төв болон ихэнх сумд, Ховд, Завхан, Баян-Өлгий аймгийн төв болон зарим сумын ард иргэдэд мэдрэгдсэн байна. Энэхүү газар хөдлөлт нь Монгол Алтайн нуруу болон Говь-Алтайн нурууны уулзварт болсон. Тухайн бүс нутаг Монгол Алтайн нурууны ерөнхий структурыг дагасан баруун хойноос зүүн урагшаа чиглэлтэй баруун гарын шилжилтэй хагарлууд болон Говь-Алтайн

нурууны суналын чиглэлийг дагасан өргөргийн дагуу чиглэлтэй зүүн-гарын шилжилтэй хагарлууд ирж нэгддэг, хоёр том уулсын системийн хүчдэл хуримтлал хуримтлагддаг учраас газар хөдлөлийн өндөр идэвхтэй бүсэд хамаардаг.

## 2. Говь-Алтайн бүсийн газар хөдлөлийн идэвхжил

### 2.1. Бүс нутгийн тектоник нөхцөл

Говь-Алтайн нуруу нь Монгол орны өмнөд хэсэгт орших бөгөөд ойролцоогоор 700 гаруй км урт үргэлжилсэн 2000 гаруй км-ын тэртээ байрлах алс холын Энэтхэг-Евразийн коллизын шахалтын нөлөөгөөр ойролцоогоор 5 сая жилийн тэртээ өргөгдөн үүссэн, эх газрын гүнд орших тектоникийн идэвх-



**Зураг 1.** 1957 оны Говь-Алтайн газар хөдлөлтийн хагарлын схем зураг (Kurtz et al., 2018).

тэй залуу уулсын систем юм. Эдгээр уулс нь эгнэсэн атираат нуруунууд болон гүн нахис буюу нам дор газраар зааглагдсан байдаг (Molnar & Deng, 1984; Baljinyam & A., 1993).

Говь-Алтайн нуруунд 1957 онд магнитуд нь 8.1-тэй сүйрэлт хүчтэй газар хөдлөлт болж, газрын гадаргуу дээр 270 км урттай хагарал үүсгэсэн (Khilko & R., 1985). Их Богдын хагарал бол Гурван Богдын нурууг дагасан зүүн-гарын шилжилттэй хагарал юм. Их Богдын хагарал дээр Торомхоны тохрол гэх мэт хоёрдогч хагарлууд үүссэн. Энэ нь Их Богд уул үүсэх зүй тогтолтой холбоотой юм. Хагарлын дагууд геологи, геофизикийн олон тооны судалгаа хийгдэж, хагарлын зураглалыг хийж, хагарлын давтамжийг 3000-4000 жил гэж тогтоосон (Ritz et al., 2006; Choi et al., 2012; Kurtz et al., 2018).

Говь-Алтайн бүсэд орших хагарлуудын ерөнхий хэв шинж нь зүүн урдаасаа баруун хойш чиглэсэн. Эдгээр хагарлууд нь урт хугацааны турш тектоник эвдрэлийн нөлөөгөөр бий болсон олон мянган жилийн настай бөгөөд баруун умард салбар уулсад янз бүрийн чиглэлтэй өөр өөр хэмжээтэй олон хагарал бий болсон. Говь-Алтайн хагарал нь 1957 оны 12 дугаар сарын 4-нд Монгол оронд тохиолдож байсан сүйрэлт хүчтэй газар хөдлөлтүүдийн нэг бөгөөд үүссэн хагарал нь эзэлсэн талбайн хувьд түүхэнд тохиолдсон хамгийн том хагарал бөгөөд Өвөрхангай, Баянхонгор, Говь-Алтай аймгийн 10 гаруй сумдын нутгийг дайран гардаг байна (Зураг. 1).

Говь-Алтайн газар хөдлөлтийн идэвхтэй хагарлуудад Их Богд хагарлаас гадна, Баруун Богд, Нуурын Хөндий, Шарга, Цагаан

Гол, Зарман, Бударгана, Аргалант, Хавцгайт, Арц Богд, Булагтай, Гурван Сайхан, Буурын Хяр, Цэций зэрэг хагарлууд харьяалагдана.

Мөн Говь-Алтай аймгийн баруун бүс нутаг Монгол Алтайн нуруу болон Говь-Алтайн нурууны уулзвар хэсэг юм. Тиймээс ч тэнд Монгол Алтайн нурууны ерөнхий структурыг дагасан баруун хойноос зүүн урагшаа чиглэлтэй баруун гарын шилжилттэй хагарлууд, Говь-Алтайн нурууны суналын чиглэлийг дагасан өргөргийн дагуу чиглэлтэй зүүн-гарын шилжилттэй хагарлууд ирж нэгддэг. Хоёр том уулсын системийн хүчдэл хуримтлал хуримтлагдаг учраас газар хөдлөлийн өндөр идэвхтэй бүсэд хамаардаг гэдгийг 1974 онд болсон Тахийн шарын хүчтэй газар хөдлөлт илтгэн харуулдаг.

## 2.2. Говь-Алтайн бүс нутагт болсон хүчтэй газар хөдлөлтүүд

### 2.2.1. Говь-Алтайн газар хөдлөлт

1957 оны 12-р сарын 4-нд Говь-Алтайн нурууны Их Богдод магнитуд нь Mw8.1-тай газар хөдлөлт болж, уг нурууны дагуу зүүн гарын хэвтээ шилжилт зонхилсон 270 км-ын урт хагарал үүссэн байна. 1957 оны 1-р сарын 28-нд орон нутгийн цагаар өглөөний 07 цаг 04 минутад Говь-Алтайн уулсын системийн Их богдын нурууны районд болсон газар хөдлөлт Баянхонгор аймгийн Баянговь сумын оршин суугчдад мэдрэгдсэн талаар “Их Богдын зүгээс газар дороос хүчтэй чимээ гарч хагас минут орчим газар хэлбэлзэн хөдөлж, унтаж байсан хүмүүс сэрсэн ба байшингийн шавардлага унаж, гэр шажигнан хөдөлж, савтай ус цалгилж байсан” гэж тэмдэглэсэн

байдаг. Энэхүү 1957 оны 1 сард болсон газар хөдлөлт нь 12-р сарын 4-ний өдрийн сүйрүүлэх хүчтэй газар хөдлөлтийн урьтал газар хөдлөлт байсан байж болох юм ([Adiya & D., 2003](#)).

### 2.2.2. Баянцагааны газар хөдлөлт

Мөн 1958 оны 4-р сарын 7-нд Баянцагааны нурууны өмнөд хажууд буюу 1957 оны Говь-Алтайн сүйрэлт хүчтэй газар хөдлөлтийн эпицентрээс баруун зүгт 80 орчим километрт магнитуд нь 6.9-тэй газар хөдлөлт болж голомтдоо IX баллаар мэдрэгдсэн байна. Оросын эрдэмтэн В.П.Солоненко 1958 оны Баянцагааны газар хөдлөлтийн төвийн бүсийг судлаад, Баянцагааны нурууны өмнөд бэлээс Худгийн хөндийн төвийн хооронд 15 км-ийн хагарлын систем үргэлжилж байгааг тогтоосон ([Khilko & R., 1985](#)).

### 2.2.3. Тахийн шарын газар хөдлөлт

Монгол Алтай болон Говь-Алтайн хоёр том уулсын системийн хүчдэл хуримтлал хуримтлагддаг бүс нутагт буюу Говь-Алтай аймгийн Бугат сумын нутагт 1974 оны 7 дугаар сарын 4-ний өдөр магнитуд 7-той газар хөдлөлт болсон. Тус газар хөдлөлт нь Говь-Алтай аймгийн Бугат сумын нутагт буюу Баруун хуурай ба Алаг нуурын хотгоруудыг зааглан оршдог Хөвчийн нуруунд (Тахийн шар нуруунаас бага зэрэг хойшоо) болсон бөгөөд голомтдоо IX баллын чичирхийлэл үүсгэсэн төдийгүй Бугат, Төгрөг, Алтай, Цээл, Үенч ба Булган сумдын нутагт VI - VII баллын чичирхийлэл үүсгэж сумын төвийн зарим модон байшинд цууралт үүсэх, цонхны шил хагарах, ханан зуухны яндан нурж унасан зэрэг нь тэмдэглэгдэн үлджээ.

Энэхүү газар хөдлөлтийн улмаас газрын гадаргууд 17 км орчим цууралт үүсэж Эрдэнэчулуут болон Шар нохойтын ууланд ихээхэн хэмжээний чулууны нуралт, гулсалтууд үүссэн байдаг ([Khilko & R., 1985](#)). Тахийн шарын хүчтэй газар хөдлөлтөөс хойш 3 сарын хугацаанд тус голомтын бүсэд магнитуд нь M2-M5-тай 1068 удаагийн газар хөдлөлт болсон тухайн судлаачид тэмдэглэн үлдээсэн байна.

### 2.2.4. Тонхилын газар хөдлөлт

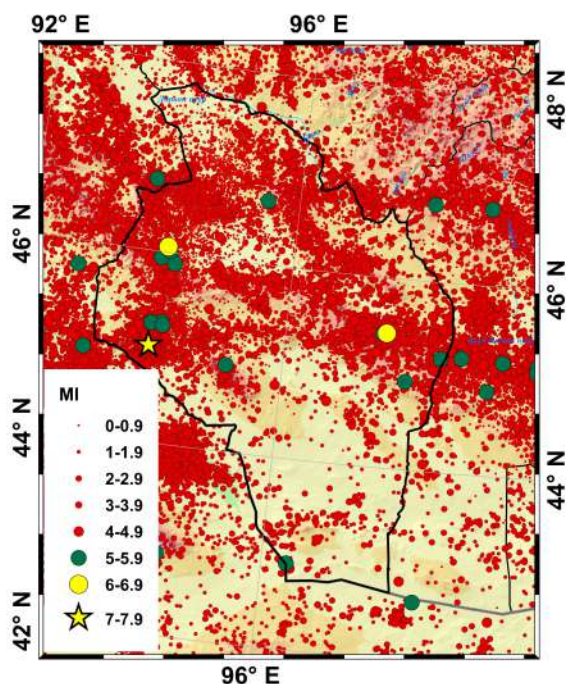
1974 оны Тахийн Шарын хүчтэй газар хөдлөлтийн голомтоос хойшоо 115 орчим км-ийн зайд 2020 оны 3 дугаар сарын 20-нд магнитуд нь 6.1-тэй газар хөдлөлт болсон нь тус аймгийн нутагт болсон хүчтэй газар хөдлөлтүүдийн нэг болоод байна. Энэхүү газар хөдлөлтийн эпицентр нь Говь-Алтай аймгийн Тонхил сумын нутагт байсан бөгөөд голомтдоо VI-VII баллын чичирхийлэл үүсгэсэн. Тус газар хөдлөлтийн чичирхийлэл нь Говь-Алтай аймгийн ихэнх сумд болон аймгийн төвд мэдрэгдэхийн зэрэгцээ Ховд, Завхан, Баян-Өлгий аймгийн төв болон дээрх аймгуудын зарим сумын ард иргэдэд мэдрэгдсэн байна ([Institute of Astronomy and Geophysics, 2021](#)). Тонхилын газар хөдлөлтөөр өдөөгдсөн газрын гүн дэх эвдрэлийн процесс эрчимтэй явагдаж улмаар тухайн бүс нутагт олон тооны давталт газар хөдлөлтүүд нэлээдгүй болсон ([Dulmaa, 2023](#)).

## 3. Тонхилын бүс нутгийн сейсмшилийн судалгаа

### 3.1. Судлагдсан байдал

Говь-Алтайн бүс нутгийн ерөнхий сейсмшил нь Монгол Алтайн нурууны өмнөд төгсгөл хэсэг болох Дарвийн нуруу болон Тахийн шарын бүс, Говь-Алтай аймагт орших Хан тайширын нурууны орчимд, Говь-Алтайн нурууны орчимд явагдаж байна.

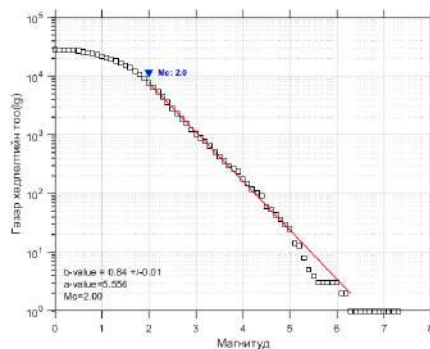
1985 онд [Adiya & D. \(2003\)](#) болон бусад судлаачид “Тахийн шарын газар хөдлөлтийн горимын судалгаа”, 2010 онд [Ganzorig \(2010\)](#) “2006 оны Говь-Алтай аймагт болсон хүчтэй газар хөдлөлтийн голомтын механизмыг сейсмик долгионоор загварчлах” зэрэг судалгааны олон ажлууд хийгдэж байсан. Мөн 2010 онд М.Адъяа нарын судлаачдын хийсэн “Сейсмический режим территории и монголии” сэдэвт ажилд Монгол орны нутаг дэвсгэрт 1964-2008 онуудад болсон магнитуд нь M2.2-7.5 бүхий 34000 газар хөдлөлтийн мэдээлэлд анализ хийсэн байна. Тус судалгааны ажлаар Үүрэг нуур, Бүсийн гол, Могод, Алтайн хязгаар Говь-Алтай зэрэг бүс нутгуудад газар хөдлөлтийн төвийн бөөгнөрөл ихтэй бөгөөд 1994 оноос хойш магнитуд нь M2 бүхий газар хөдлөлтийн тоо эрс өс-



**Зураг 2.** Говь-Алтай аймгийн нутаг дэвсгэр болон бүс нутагт болсон газар хөдлөлтийн төвийн тархалтын зураг (1964-2024).

сөн байна гэж үзсэн байна. Монгол орны нутаг дэвсгэрт болсон газар хөдлөлтүүдийн мэдээллийг ашиглан магнитуд-давтамжийн хамаарлыг тодорхойлох судалгааны ажлууд нэлээдгүй хийгдсэн байдаг бөгөөд Монгол орны нутаг дэвсгэрийн хувьд  $b$  утга нь дунджаар 0.8-0.95 харин газар хөдлөлтийн идэвхжилт буюу  $a$  утга нь харьцангуй их буюу 6.1-6.6 орчим байна. 1964-2002 оны хооронд Говь-Алтай бүс нутагт болсон газар хөдлөлтийн мэдээллийг ашиглан хийсэн судалгаагаар (Ulziibat, 2006) тус бүс нутгийн хувьд газар хөдлөлтийн идэвхжил нь 5.0, давтамжлын утга нь 0.8 байна.

Говь-Алтай аймгийн бүс нутгийн газар хөдлөлийн горимын (Dulmaa, 2023) судалгааны ажлаар 1964-2024 оны хооронд Говь-Алтай аймгийн нутаг дэвсгэрт (өргөргийн 41.7-48.88, уртрагийн 91.8-99.8) болсон газар хөдлөлтийн мэдээллийг ашиглан газар хөдлөлтийн идэвхжил болон давтамжлыг тодорхойлсон. Тус бүс нутагт газар хөдлөлтийн давтамж утга  $b$  нь 0.8 байгаа нь энэхүү бүс нутагт хүчтэй газар хөдлөлт тохиолдох магадлал бага боловч идэвхжилт их буюу  $a$  утга нь 5.6 байна (Зураг 3). Судалгааны аж-



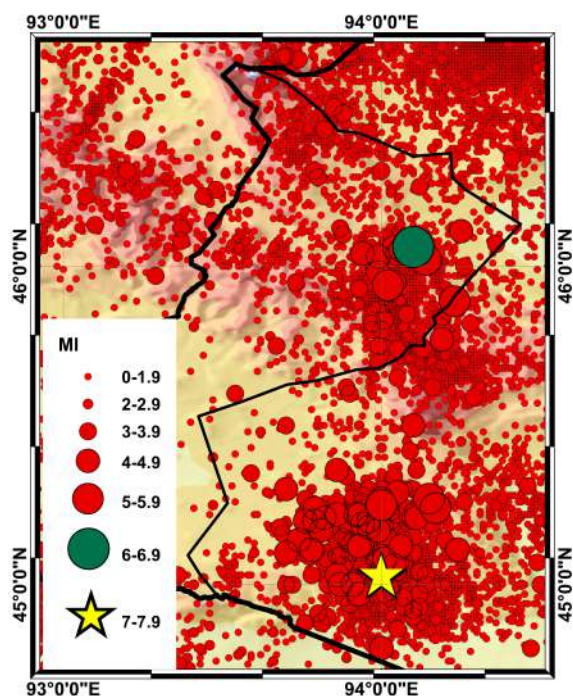
**Зураг 3.** Говь-Алтай орчмын бүс нутгийн газар хөдлөлтийн давтамжийн муруй.

луудаас харахад Говь-Алтай бүс нутгийн хувьд  $b$  горимын судалгааны ажлууд хийгдсэнээс яг тухайлан Тонхилын бүс нутгийн хувьд горимын судалгааны ажил хийгдээгүй байна.

### 3.2. Газар хөдлөлтийн идэвхжилийн судалгаа

2020 оны 3 дугаар сарын 20-нд Говь-Алтай аймгийн Тонхил сумын нутагт магнитуд нь 6.1-тэй газар хөдлөлт болсон нь Монгол Алтайн нурууны зүүн урд үзүүр болон Говь-Алтайн нуруудын уулзвар бүс нутагт байрлах Биж хагарлын (Ulziibat, 2006) бүс нутагт юм.

ҮМТ-ийн газар хөдлөлтийн мэдээллийн сангаас 1964 оны 05 сараас 2024 оны хооронд 2020 оны Тонхилын хүчтэй газар хөдлөлтийн бүс нутаг дахь газар хөдлөлтийн мэдээллийг авч анализ хийсэн. Тонхилын газар хөдлөлтийн өмнө болон дараа нь Тахийн шарын хүчтэй газар хөдлөлтийн голомтын бүсэд олон тооны газар хөдлөлт болсон. Тиймээс судалгааны бүс нутгаа сонгохдоо Тонил болон Тахийн шарын бүс нутгуудыг хамруулан өргөргийн 44.5°N – 46.5°N градус болон уртрагийн 93.5°E – 94.5°E градусын хоорондох талбайгаар сонгон авсан (Зураг 4). Газар хөдлөлтийн төвийн тархалтын зургаас харахад (Зураг 4) Тонхилын (ногоон өнгөөр 2020 оны 3 дугаар сарын 20-ны газар хөдлөлтийг тэмдэглэв) хүчтэй газар хөдлөлтийн голомтын бүсээс урагш 100 гаруй километрийн зайд орших Тахийн шарын (шар



**Зураг 4.** Тонхил болон Тахийн шарын бүс нутагт болсон газар хөдлөлтийн төвийн тархалтын зураг (1967-2024).

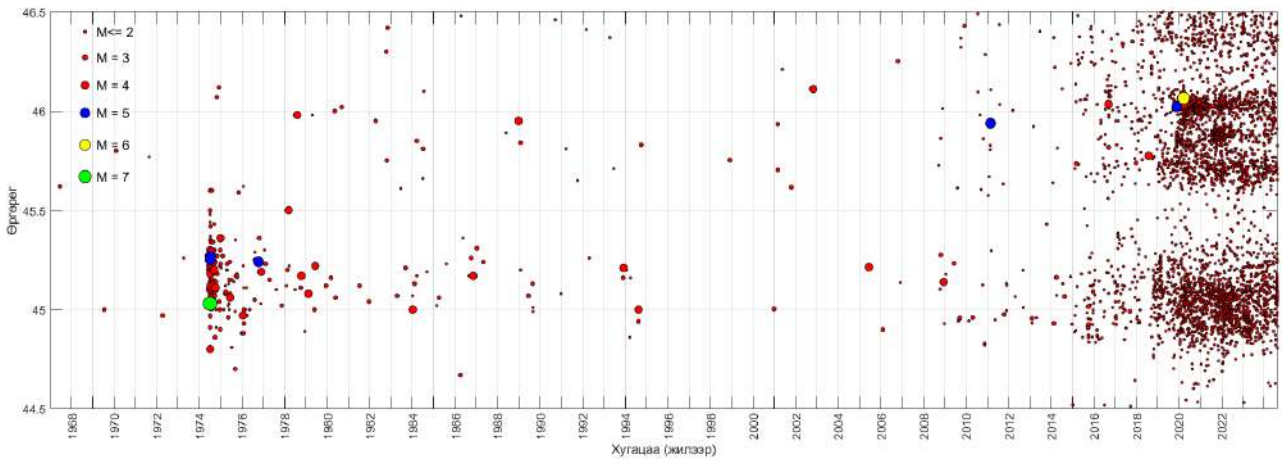
өнгөөр 1974 оны 6 сарын 4-ны газар хөдлөлтийг тэмдэглэв) хүчтэй газар хөдлөлтийн голомтын бүс нь нэг уртрагийн дагуу буюу уртрагийн  $94.0^{\circ}\text{E}$  градусын дагуу байрлаж байгаа нь харагдаж байна. Тиймээс тус бүс нутгийн хувьд цаг хугацааны анализ хийх боломжтой байна.

Судалгааны бүс нутагт болсон газар хөдлөлтийн өргөрөг хугацааны хамаарлаас (Зураг 5) харахад Тахийн шар болон Тонхилын бүсүүд өргөргийн  $45.50\text{N}$  градусаар зааглагдаж байгаа нь харагдаж байна. Тиймээс өргөргийн  $44.50\text{N} - 45.50\text{N}$  градусын хооронд болж байгаа газар хөдлөлтийг Тахийн шарын бүсэд, өргөргийн  $45.50\text{N} - 46.50\text{N}$  градусын хооронд болж байгаа газар хөдлөлтийг Тонхилын бүсэд хамруулан үзэж болохоор байна. 2006 оноос 2008 оны эхний хагас хүртэл (Зураг 6д тасархай ногоон шугамаар) орон нутаг дахь газар хөдлөлтийг бүртгэх аналог станцуудыг дижитал станцуудаар сольсонтой холбоотойгоор тус бүс нутагт болж буй сул газар хөдлөлтүүдийг бүртгэж эхэлсэн хэдий ч судалгааны бүс нутагт болж буй сул газар хөдлөлтүүдийг бүртгэж чадахгүй байгаа нь тухайн нутагт бүртгэгдсэн газар хөдлөлтийн өргөрөг бо-

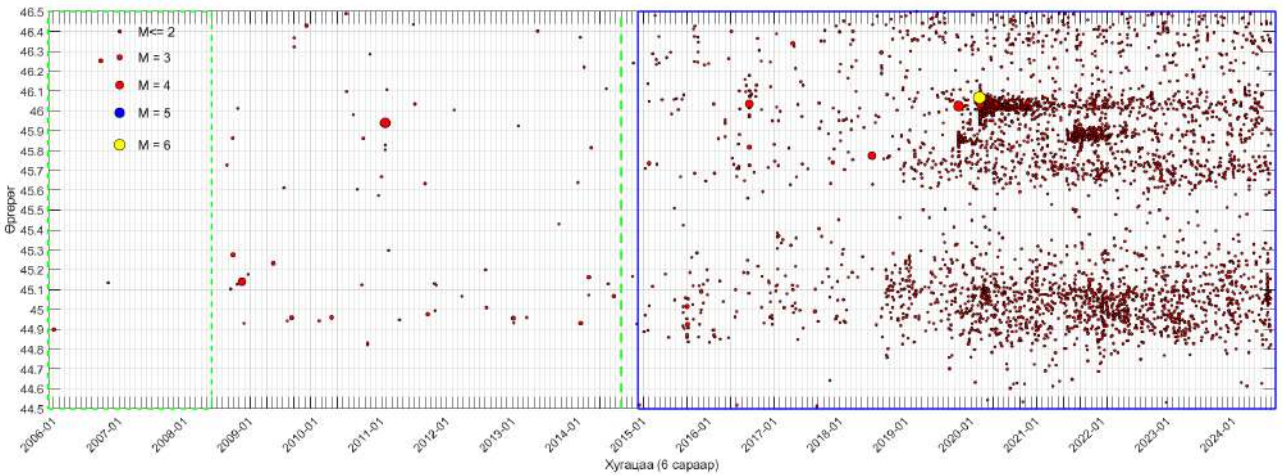
лон цаг хугацааны хамаарлаас (Зураг 6) харагдаж байна.

Газар хөдлөлтийг бүртгэх станцын орчны шуугианы түвшнийг бууруулах зорилгоор 2014 оны 9 сард аймгийн төвд байсан газар хөдлөлтийг бүртгэх Алтай станцыг аймгийн төвөөс зүүн урагшаа 20 орчим километрт шилжүүлэн байрлуулсан. Энэ нь үр дүнгээ өгч сул газар хөдлөлтийг бүртгэх боломжийг бий болгосон байна (Зураг 6). Өөрөөр хэлбэл өмнө жилүүдтэй харьцангуйгаар олон тооны сул газар хөдлөлтийг бүртгэсэн болох нь Зураг 7-аас харагдаж байна. Тухайн бүс нутгийн газар хөдлөлтийн горимын судалгааг хийхэд ашиглах мэдээллийг бүрдүүлэхэд ашигласан газар хөдлөлтийг бүртгэх станцын байршил болон бүртгэх хүчин чадалд ямар нэгэн өөрчлөлт хийгээгүй хугацааны мэдээллийг ашиглах нь чухал байдаг. Тиймээс ямар нэгэн байдлаар станцын өөрчлөлт хийгдээгүй хугацаа болох 2015-2024 оны хооронд бүртгэгдсэн газар хөдлөлтийн мэдээллийг ашиглан анализ хийсэн (Зураг 6-д хөх өнгөөр тэмдэглэсэн хугацаа). Тус бүс нутагт 2015-2024 оны хооронд нийт 7135 хөдлөл бүртгэгдсэнээс магнитуд нь 1 болон түүнээс бага хүчтэй газар хөдлөлт 6789 удаа, магнитуд М2-той газар хөдлөлт 315 удаа, магнитуд М3-тай газар хөдлөлт 23 удаа, магнитуд М4-тэй газар хөдлөлт 6 удаа, магнитуд М5-тай газар хөдлөлт 1 удаа, магнитуд М6-тай газар хөдлөлт 1 удаа тус тус болсон бөгөөд тухайн хугацаанд уг бүс нутагт болсон хамгийн хүчтэй газар хөдлөлт нь 2020 оны 03 сарын 20-нд болсон магнитуд нь М6.1-тэй Тонхилын газар хөдлөлт юм.

Бүс нутгийн газар хөдлөлтийн идэвхжил болон давтагдалтын хугацааг түүний хүч ба газар хөдлөлтийн тоонд дүн шинжилгээ хийх замаар тогтоох боломжтой байдаг. Давтагдалтын хамаарал нь тухайн сейсмик долгионы далайцын динамик ангиллаар (М) тодорхойлогдсон газар хөдлөлтийн тоон логарифм утгын шулуун хамаарал юм. Давтагдалтын графикийн налалтын өнцөг  $b$  утга нь хүчтэй ба сул хөдлөлтүүдийн хоорондын харьцааг тодорхойлдог өөрөөр хэлбэл тухайн бүс нутгийн хүчдэл хуримтлагдах нөхцөлийг тодорхойлдог бөгөөд сейсмотек-



**Зураг 5.** 1967-2024 онуудад судалгааны бүс нутагт болсон газар хөдлөлтийн өргөрөг болон хугацааны хамаарлыг харуулсан зураг.



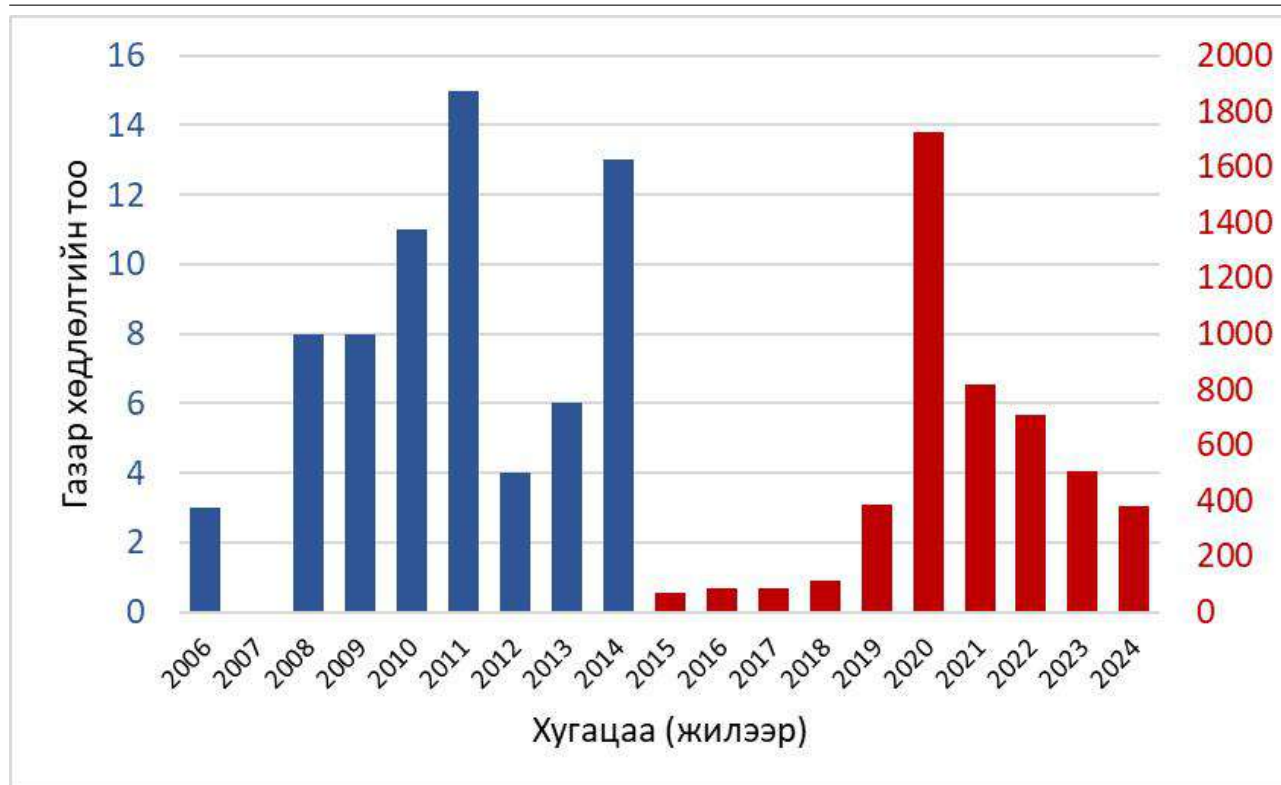
**Зураг 6.** 2006-2024 онд судалгааны бүс нутагт болсон газар хөдлөлтийн 94.00E градусын дагуух тархалтыг цаг хугацааны хувьд харуулсан зураг. Ногоон тасархай шугамаар газар хөдлөлтийг бүртгэх станцын сүлжээнд өөрчлөлт орсон хугацааг тэмдэглэв. Хөх өнгөөр тэмдэглэсэн хэсгийг Зураг 8-т харуулав.

тоник хөдөлгөөний төрлөөс хамаарна. Давтагдалтын графикийн а утга нь газар хөдлөлтийн идэвхжилтийн зэргийг харуулна. Дээрх илэрхийллийг томъёолбол:

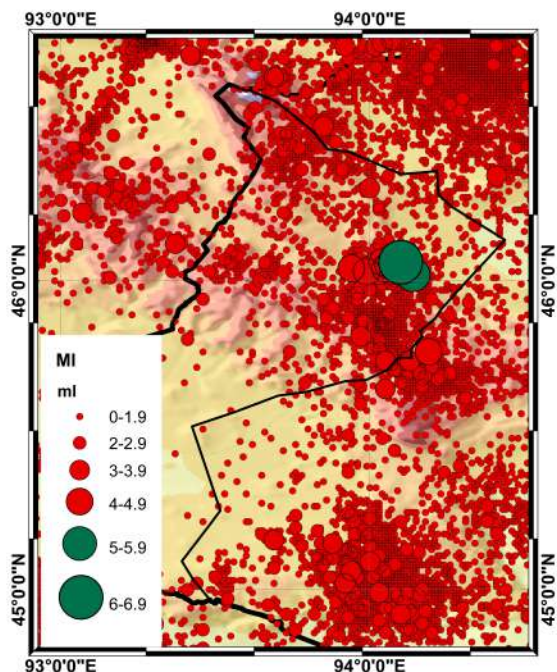
$$\text{Log}(N) = a - bM$$

Үүнд:  $N$ -газар хөдлөлтийн тоо,  $M$ -магнитуд Хүчтэй газар хөдлөлтийн давтамжийг илэрхийлдэг  $b$ -утга 1 орчим байх үед жижиг ба том магнитудтай газар хөдлөлтийн давтамжийн харьцаа хэвийн байдаг бол  $b$  1-ээс бага үед том магнитудтай газар хөдлөлтийн давтамж харьцангуй их, харин  $b$  1-ээс их үед жижиг магнитудтай газар хөдлөлтийн давтамж давамгайлж байгааг илэрхийлнэ. Бид

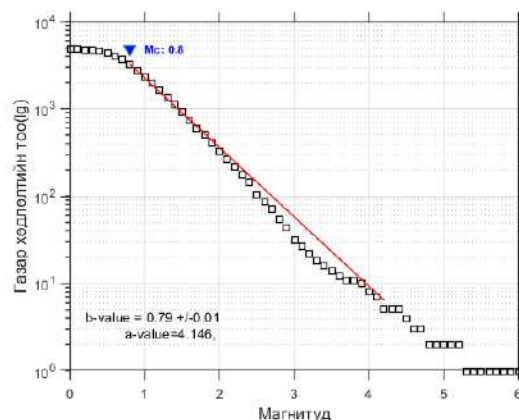
энэхүү судалгааны ажлаар Тонхилын бүс нутагт болсон газар хөдлөлтийн мэдээллээр тус бүс нутагт болох хүчтэй газар хөдлөлтийн давтагдалт болон идэвхжилийн утгуудыг олон улсад өргөн ашиглагддаг ZMAP программыг ашиглан тодорхойлсон. Тонхилын бүс нутагт 2015-2024 оны хооронд бүртгэгдсэн мэдээллийг ашигласан бөгөөд газар хөдлөлтийн идэвхжилт нь  $a = 4.15$ , харин давтагдалт нь  $b = 0.79$  гарсан. Энэ нь тухайн бүс нутагт сул болон дундаж хүчтэй газар хөдлөлт илүү давтамжтай болох боловч хүчтэй газар хөдлөл болох магадлалтайг харуулж байна (Зураг 9). 2020 оны 3 дугаар сарын 20-ны 11 цагт болсон магнитуд нь  $M6.1$ -тэй Тонхилын



Зураг 7. Газар хөдлөлтийн тоо болон хугацааны хамаарлын график



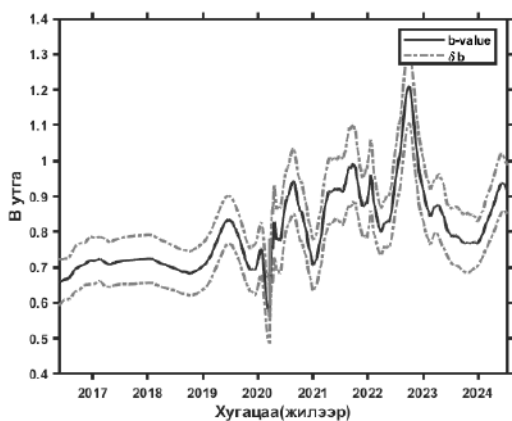
Зураг 8. Газар хөдлөлтийн тоо болон хугацааны хамаарлын график



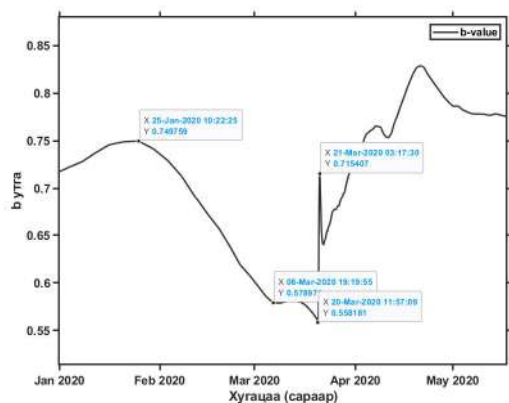
Зураг 9. Газар хөдлөлтийн тоо болон хугацааны хамаарлын график

газар хөдлөлтийн өмнөх болон дараах үеийн сейсмик идэвхжилд гарсан өөрчлөлтийг харьцуулан судалсан. Ингэхдээ Тонхилын газар хөдлөлтийн өмнөх хугацаа болон Тонхилын газар хөдлөлтийн дараах гэж

ангилан үзсэн. Хүчтэй газар хөдлөлтөөс өмнөх үе буюу 2015–2019 оны газар хөдлөлтийг ашиглан Gutenberg–Richter-ийн хамаарлаар параметруудийг тодорхойлоход идэвхжил болон давтамж нь  $a = 3.29$  болон  $b = 0.61$  байна.  $b$ -параметрийн харьцангуй бага утга нь тухайн бүс нутагт хүчтэй газар хөдлөлт болох магадлал өндөр байсныг илтгэхийн зэрэгцээ, газар хөдлөлтийн давтамж цөөн боловч эрчим аажмаар өсөх хандлага бүрэлдэж байсныг харуулж байна. Харин хүчтэй газар хөдлөлтийн дараах



**Зураг 10.** Тонхилын бүс нутгийн газар хөдлөлтийн давтамжийн утга (2015-2024 он)



**Зураг 11.** Тонхилын бүс нутгийн газар хөдлөлтийн давтамжийн утга (2020.01.01-2020.05.15)

үе буюу 2021–2024 онд болсон газар хөдлөлтийн идэвхжил болон давтамжийг тодорхойлоход  $a = 3.95, b = 0.93$  гэсэн утгууд гарч байна. Давтамж  $b$  - ийн огцом өсөлт нь жижиг магнитудтай газар хөдлөлтийн давтамж нэмэгдэж, стресс тайлагдах процесс идэвхтэй явагдсаныг илтгэнэ. Энэ нь голомт орчмын тектоникийн хүчдэл тодорхой хэмжээнд суларч, ойрын хугацаанд их хэмжээний энерги ялгаруулсан хүчтэй газар хөдлөл дахин гарах магадлал буурсныг харуулж байна. Мөн Тонхилын бүс нутгийн газар хөдлөлтийн давтамжийн утгын хугацаанаас хамаарсан хамаарлаас (Зураг 10) харахад 3 дугаар сарын 20-ны хүчтэй газар хөдлөлтийн өмнө  $b$ -утга буурсан нь харагдаж байна. Энэхүү бууралт нь 2020 оны 1 дүгээр сарын 25-ны өдрөөс 3 дугаар са-

рын 20 хүртэл буюу 54 хоногийн хугацаанд 0.75-аас 0.55 хүртэл буурсан нь харагдаж байна (Зураг 11). Хүчтэй газар хөдлөлтийн давтамжийг илэрхийлдэг  $b$ -утга багасах нь тухайн бүс нутаг дахь идэвхтэй хагарлын дагуу хүчдэл хуримтлагдах процесс хүчтэй явагдаж буйг илэрхийлэх бөгөөд өөрөөр хэлбэл хүчтэй газар хөдлөлт болох магадлал өндөр байдаг талаар судлаачид олон судалгааны ажилд дурдсан байдаг. Тонхилын хүчтэй газар хөдлөлт ч Gutenberg–Richter-ийн хуулийн дагуу явагдсан байна. Тодруулбал, тус газар хөдлөлтийн өмнөх бараг хоёр сарын өмнөөс эхлэн  $b$ -утга буурч эхэлсэн нь хүчтэй газар хөдлөлтийн урьдчилсан нөхцөл байдал бүрэлдэж байсныг илтгэж байна. Тиймээс олон улсын судлаачид газар хөдлөлтийн идэвхжил, хүчтэй газар хөдлөлтийн мониторингийн хүрээнд  $b$ -утгыг хяналтын чухал үзүүлэлт болгон ашигладаг.

#### 4. Судалгааны үр дүн

Бид энэхүү судалгааны ажлаар Тонхилын бүс нутагт болсон газар хөдлөлтийн мэдээллээр тус бүс нутагт болох хүчтэй газар хөдлөлтийн давтагдалт болон идэвхжилийн утгуудыг олон улсад өргөн ашиглагддаг ZMAP программыг ашиглан тодорхойлж дараах үр дүнг тодорхойлсон. Үүнд:

- Тонхилын бүс нутагт 2015-2024 оны хооронд бүртгэгдсэн газар хөдлөлтийн мэдээлэл дээр тулгуурлан (Зураг 9) газар хөдлөлтийн идэвхжилт нь 4.15, харин давтагдалт нь 0.79 байгааг тодорхойлсон.
- Магнитуд нь M6.1-тэй Тонхилын газар хөдлөлтөөс өмнөх үе буюу 2015–2019 оны хувьд идэвхжил нь 3.29 болон давтамж нь 0.61 гарсан. Харин хүчтэй газар хөдлөлтийн дараах үе буюу 2021–2024 оны хувьд идэвхжил нь 3.95 болон давтамж нь 0.93 гэсэн утгууд гарч байна.
- Мөн Тонхилын бүс нутгийн газар хөдлөлтийн давтамжийн утгын хугацаанаас хамаарсан хамаарлаас (Зураг 10) харахад 3 дугаар сарын 20-ны хүчтэй газар хөдлөлтийн өмнө  $b$ -утга буурсан

нь харагдаж байна. Энэхүү бууралт нь 2020 оны 1 дүгээр сарын 25-ны өдрөөс 3 дугаар сарын 20 хүртэл буюу 54 хоногийн хугацаанд 0.75-аас 0.55 хүртэл буурсан нь харагдаж байна (Зураг 11).

## 5. Дүгнэлт

2020 оны 3 дугаар сарын 20-ны өдөр Говь-Алтай аймгийн Тонхил сумын нутагт болсон магнитуд нь 6.1-тэй газар хөдлөлт нь Монгол Алтайн нурууны зүүн урд үзүүр болон Говь-Алтайн нуруудын уулзвар бүс нутаг байрлах Биж хагарлын (Ulziibat, 2006) бүс нутаг юм. Тонхилын газар хөдлөлтийн өмнө болон дараа тухайн голомтоос урагш 120 орчим километр орших Тахийн Шарын бүс нутагт олон тооны газар хөдлөлт болсон нь ажиглагдсан. Энэ нь тус голомтууд бие биеэ өдөөж, идэвхжүүлж байх боломжтойг харуулж байна.

Тонхилын бүс нутгийн газар хөдлөлтийн идэвхжилт нь 4.15, харин давтагдалт нь 0.79 байгаа нь тухайн бүс нутагт сул болон дундаж хүчтэй газар хөдлөлт илүү давтамжтай болох боловч хүчтэй газар хөдлөл болох магадлалтайг харуулж байна.

Магнитуд нь М6.1-тэй Тонхилын хүчтэй газар хөдлөлтөөс өмнөх идэвхжил нь 3.29 болон давтамж нь 0.61 байсан бол дараа нь идэвхжил нь 3.95 болон давтамж нь 0.93 болсон байна. Давтамж  $b$  - ийн огцом өсөлт нь жижиг магнитудтай газар хөдлөлтийн давтамж нэмэгдэж, стресс тайлагдах процесс идэвхтэй явагдсаныг илтгэнэ. Энэ нь голомт орчмын тектоникийн хүчдэл тодорхой хэмжээнд суларч, ойрын хугацаанд их хэмжээний энерги ялгаруулсан хүчтэй газар хөдлөл дахин гарах магадлал буурсныг харуулж байна.

Мөн Тонхилын бүс нутгийн газар хөдлөлтийн давтамжийн утгын хугацаанаас хамаарсан хамаарлаас (Зураг 10) харахад 3 дугаар сарын 20-ны хүчтэй газар хөдлөлтийн өмнө  $b$ -утга буурсан нь харагдаж байна. Энэхүү бууралт нь 2020 оны 1 дүгээр сарын 25-ны өдрөөс 3 дугаар сарын 20 хүртэл буюу 54 хоногийн хугацаанд 0.75-аас 0.55 хүртэл буурсан нь харагдаж байна (Зураг 11).

Хүчтэй газар хөдлөлтийн давтамжийг

илэрхийлдэг  $b$ -утга багасах нь тухайн бүс нутаг дахь идэвхтэй хагарлын дагуу хүчдэл хуримтлагдах процесс хүчтэй явагдаж буйг илэрхийлэх бөгөөд өөрөөр хэлбэл хүчтэй газар хөдлөлт болох магадлал өндөр байдаг талаар судлаачид олон судалгааны ажилд дурдсан байдаг. Тонхилын хүчтэй газар хөдлөлт ч Gutenberg–Richter-ийн хуулийн дагуу буюу 3 дугаар сарын 20-ны хүчтэй газар хөдлөлтийн өмнө  $b$ -утга нь 0.75-аас 0.55 хүртэл буурсан байна. Тодруулбал, тус газар хөдлөлтийн өмнөх бараг хоёр сарын өмнөөс эхлэн  $b$ -утга буурч эхэлсэн нь хүчтэй газар хөдлөлтийн урьдчилсан нөхцөл байдал бүрэлдэж байсныг илтгэж байна.

## 6. Талархал

Энэхүү судалгааны ажлыг хийж гүйцэтгэхэд судалгааны ажлын арга зүй болоод мэргэжлийн зөвлөгөө өгч, өөрийн мэдлэг чадвар, цаг заваа харамгүй зориулсан Хүрээлэнгийн судлаачид болон судалгааны ажил хийх нөхцөл боломжоор хангаж өгсөн Хүрээлэнгийн болон орон нутаг дахь Алтай салбарын хамт олонд талархал илэрхийлж байна.

## Ашигласан номзүй (References)

- Adiya, M. & D., A., 2003. *One century of seismicity in Mongolia (1900-2000)*, RCAG-DASE, FRANCE.
- Baljinnyam, I. & A., B., 1993. *Ruptures of Major Earthquakes and Active Deformation in Mongolia and its Surrounding*, The Geological Society of America.
- Choi, J.-H., Klinger, Y.-F., et al., 2012. Rupture propagation inferred from damage patterns, slip distribution, and segmentation of the 1957 mw 8.1 gobi-altai earthquake rupture along the bogd fault, mongolia, *Journal of Geophysical Research*, <https://doi.org/10.1029/2011JB008719>.
- Dulmaa, B., 2023. *Study of Seismic Activity in the Gobi-Altai Region*, Master's thesis, Master's Thesis in Natural Sciences, Ulaanbaatar.
- Ganzorig, D., 2010. *Modeling the Focal Mechanism of the 2006 Strong Gobi-Altai Earthquake Using Seismic Waves*, Master's thesis, Master's Thesis.
- Institute of Astronomy and Geophysics, 2021. Annual report on research and activities, Tech. rep.,

---

Institute of Astronomy and Geophysics (IAG),  
Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar.

Khilko, S. D. & R., K., 1985. *Earthquakes and the base of the seismic zoning of Mongolia*, The joint Soviet-Mongolian scientific – Research Geological Expedition, Moskow.

Kurtz, R., Friedrich, A. M., et al., 2018. Horizontal surface-slip distribution through several seismic cycles: The eastern bogd fault, gobi-altai, mongolia, *Tectonophysics*, <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2018.07.018>.

Molnar, P. & Deng, Q., 1984. Faulting associated with large earthquakes and the average rate of deformation in central and eastern asia, *Journal of Geophysical Research*, **89**, 6203–6227, <https://doi.org/10.1029/JB089iB07p06203>.

Ritz, J.-F., Vassallo, R., et al., 2006. Using in situ-produced <sup>10</sup>be to quantify active tectonics in the gurvan bogd mountain range (gobi-altay, mongolia), *Geology*, **34**(10), 861–864, <https://doi.org/10.1130/G22579.1>.

Ulziibat, M., 2006. *The 2003 Chuya sequence (North Altay range): tectonic context and seismological study*, Ph.D. thesis, Phd Thesis.