



Seismic regime study of Zavkhan province, Mongolia

Dolgorjav Todgerel^{1*}, Mungunsuren Dashdondog¹, Tuul Chinzorig¹, and Bat-Erdene Nyamdorj¹

¹Institute of Astronomy and Geophysics, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia

Received: 2025-10-31, Accepted: 2025-12-19, <https://doi.org/10.5564/mjag.v12i1.5199>

*Corresponding author: dolgorjav@iag.ac.mn ● 0000-0001-9962-0469

Abstract

This study analyzes the seismicity and earthquake frequency–magnitude relationship of Zavkhan Province and its surrounding areas based on the earthquake catalog covering the period 1900–2024. A total of approximately 68,500 earthquakes recorded by the National Data Center of the Institute of Astronomy and Geophysics, Mongolian Academy of Sciences, were compiled, and events with magnitudes $M_w \geq 1.0$ were selected for statistical analysis. The Gutenberg–Richter relationship, $\log_{10} N = a - bM$, was applied, and the parameters were determined using a linear regression method. For the entire study area, the parameters were obtained as $a = 3.8$ $b = 0.78$, indicating that Zavkhan Province represents a stress-dominant tectonic environment characterized by moderate seismic activity. For the main active fault zones within the region: Bulnai, Tsetserleg, Teregtiin, Dungen, and Khukh Davaa, the a - and b -values range between $a = 2.40$ – 3.23 and $b = 0.70$ – 0.91 , respectively. These variations reveal spatial heterogeneity in stress concentration and seismic activity across the province. Lower b -values in the western and central zones suggest higher stress accumulation and a greater likelihood of larger earthquakes, whereas higher b -values in the eastern zones indicate relatively stable tectonic conditions. The results of this study provide important baseline data for seismic hazard assessment and microzonation studies in Zavkhan Province.

Keywords: Zavkhan Province, seismic regime, Gutenberg–Richter relation, a – b values, active faults, tectonic stress, seismic hazard

1. Удиртгал

Монгол орны газар хөдлөлийн идэвхжил нь төв Азийн геодинамикийн хувьд төвөгтэй бүсийн нэг бөгөөд сүүлийн зууны туршид хэд хэдэн хүчтэй газар хөдлөлтүүд ($M \geq 6.5$) тохиолдож, Алтайн бүсийг дагасан шахалтын орчин болон Хангайн өргөгдлийн суналтын орчны заагийг тодорхойлж ирсэн (Molnar & Tapponnier, 1975; Tapponnier & Molnar, 1979; Baljinnyam et al., 1993; Bayasgalan et al., 2005). Баруун Монголын Алтайн гүний хагарлууд хүчтэй шахалтын шинжтэй бол, төв хэсэгт орших

Хангайн өндөрлөг, Завхан, Хөвсгөлийн сав газрууд нь голлон суналын орчны шинжтэй байдаг. Газар хөдлөлийн идэвхжил нь Алтайн шахалтын бүс, Хангайн суналтын бүс, мөн эдгээрийн шилжилтийн заагт төвлөрдөг бөгөөд Завхан аймаг (цаашид судалгааны талбай гэх) нь энэхүү шилжилтийн бүсийн геодинамик зангилаанд оршдог онцлогтой бүс нутаг юм. Энэхүү шилжилтийн бүсийн дунд орших Завхан аймаг нь Алтайн орогенийн баруун хойд үзүүр болон Хангайн өргөгдлийн баруун захын зааг дээр байрладаг. Геологийн хувьд эрт-

ний (Палеозойн) настай метаморфик ба магматик цөмийн чулуулгаар бүрэлдсэн бөгөөд түүний дээр Мезозойн–Кайнозойн тунамал ба галт уулын хурдаснууд давхарлан оршдог (Yarmolyuk et al., 2008). Эдгээр геологийн нэгжүүд нь олон үе шаттай тектоник хөдөлгөөн, магматизм, хувирлын үйл явцын нөлөөгөөр эвдэрч, сүүлийн тектоник идэвхжилд дахин идэвхэжсэн байдаг. Тус бүс нутгийн тектоник хөгжил нь эртний нум-арлын (arc terrane) нийлэлт, Алтайн шахалтын бүсийн үргэлжлэл болон Хангайн өргөгдлийн дотоод суналттай нягт холбоотой (Cunningham, 2001; Walker et al., 2008). Ер нь Монголын нутаг дэвсгэрт тохиолдсон газар хөдлөлийн идэвхжилтүүд, ялангуяа томоохон газар хөдлөлтүүдийн байрлал нь хожуу дөрөвдөгчийн үед идэвхэжсэн тектоник үйлчлэлээр үүссэн томоохон хагарлуудын дагуу байрласан байх ба голдуу баруун болон Төв Монголыг хамарсан байдаг. Өнгөрсөн зуунд дэлхийд тэмдэглэгдсэн магнитуд нь M_8 ба түүнээс дээш хүчтэй газар хөдлөлт 4 удаа тохиолдсон нь энэхүү бүс нутагт болсон байдаг (Baljinnyam et al., 1993; Adiya et al., 2003; Rizza et al., 2015; Choi et al., 2018). Эдгээр түүхэн хүчтэй хөдлөлтүүдээс судалгааны талбайд Булнай (1905/07/23 $M_w 8.4$) болон Цэцэрлэг (1905/07/09 $M_w 8$)-ийн хөдлөлтүүд оршиж байна. Эдгээр хүчтэй хөдлөлтүүдээс үүдэн Тэрэгтэй, Дүнгэн зэрэг хагарлууд үүссэн байдаг ба Завхан аймгийн урд хэсгээр Хөх даваа, Отгон, Баянбулаг зэрэг хагарлууд мөн оршиж байна. Эдгээр хагарлын бүсүүдэд газар хөдлөлтийн идэвхжил ажиглагдаж байгаа хэдий ч газар хөдлөлийн идэвхтэй голомтууд нь гол төлөв Завхан голын хөндий, Тэсийн сав газар, Идэрийн хөндий орчимд төвлөрдөг бөгөөд энэ нь геоморфологийн хувьд тектоник гаралтай суулт бүхий сав газруудтай давхацдаг байна. Өмнөх судалгаануудад Завхан аймгийн газар хөдлөлийн горимыг тусгайлан авч үзсэн ажил цөөн бөгөөд гол төлөв бүс нутгийн хэмжээнд (Bayasgalan et al., 2005; Walker et al., 2008) эсвэл Монгол орны нийтлэг тектоник хүрээнд авч үзсэн байдаг. Иймээс Завхан аймгийн сейсмик горимыг статистикийн хувьд (Гутенберг–Рихтерийн хууль (Gutenberg &

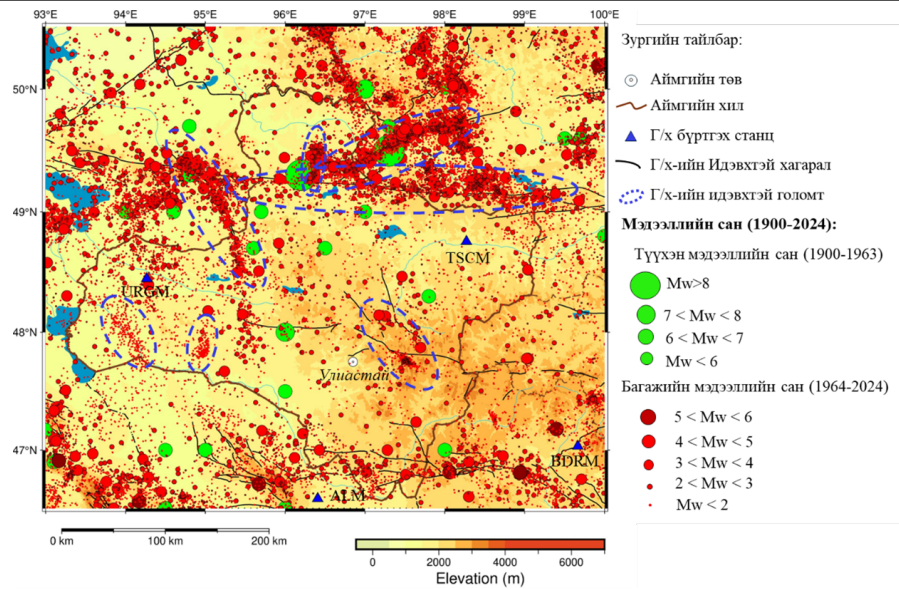
Richter, 1944), b -утга, идэвхжил гэх мэт параметруудээр) нарийвчлан шинжлэх нь шинэлэг ач холбогдолтой юм. Энэхүү судалгааны гол зорилго нь 1900–2024 оны хооронд ООГХ-ийн газар хөдлөлийн ҮМТ-ийн мэдээлэлд тулгуурлан Завхан аймгийн газар хөдлөлийн идэвхжил, горимын параметруудийг тодорхойлох, орон зайн болон гүний тархалтыг үнэлэхэд оршино. Үр дүн нь бүс нутгийн тектоник идэвхжил, суналт-шахалтын горимын уялдаа холбоог тодорхойлохоос гадна Завхан аймагт газар хөдлөлийн аюулын үнэлгээ, бичил мужлалын ажлыг шинжлэх ухааны үндэслэлтэйгээр хийхэд чухал суурь мэдээлэл болох юм.

2. Судалгааны арга зүй, мэдээллийн сан бүрдүүлэлт

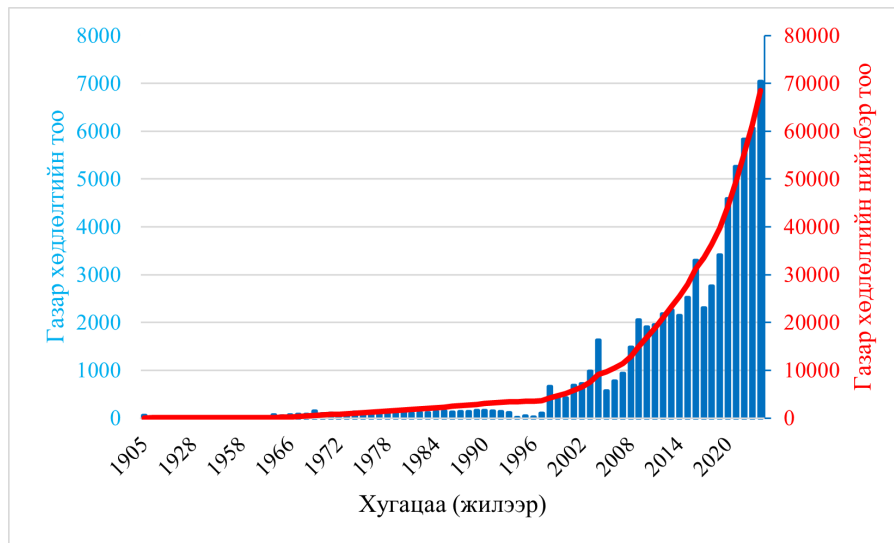
Энэхүү судалгаанд бид 1900–2024 оны хооронд бүртгэсэн газар хөдлөлийн каталогийг ашиглав. Судалгааны талбай нь Завхан аймаг болон түүний ойролцоох бүсүүдийг хамарч, нийт 68500 орчим газар хөдлөлтийн мэдээллийг боловсруулсан (Тэг. 1) ба тус аймгийн нутаг дэвсгэрт нөлөөлөх газар хөдлөлтийн голомтын бүсийг тогтоох зорилгоор судалгааны талбайд болсон газар хөдлөлийн төвийн тархалтын зургийг зохиосон. Зураглал, дүрслэлийг GMT6 программыг ашиглан гүйцэтгэсэн. Газар хөдлөлтийн төвийн тархалтыг дэлхийн өндрийн суурь зураг дээр байрлуулж, идэвхтэй бүсүүдийг зууван дугуй хэлбэрээр илэрхийлсэн (Зураг. 1). Каталогийн анхан шатны боловсруулалт нь өөр өөр магнитудын хэмжүүрийг нэг жишиг рүү шилжүүлэхэд чиглэсэн. Магнитудын төрөл (ML , mb , Ms , Mw)-үүдийг Mw (Munafò et al., 2016)-ийг хөрвүүлсэн ба гүний мэдээлэл ихэнхдээ тодорхойгүй байсан тул зөвхөн газар хөдлөлтийн төвийн тархалт ба магнитудын давтамжийн хамаарлыг тодорхойлсон.

Судалгааны талбай болох Завхан аймгийн нутаг дэвсгэрт болсон нийт газар хөдлөлтийн тоо болон хугацааны хамаарлыг доорх зурагт үзүүлэв (Зураг. 2).

2007 онд газар хөдлөлтийн станцын багажийг сумын төвөөс нүүлгэх ажлыг эхлүүлж 2008 онд техникийн шинэчлэл хийж газар хөдлөлтийн богино зурвасын бичигч бага-



Зураг 1. Завхан аймгийн бүс нутгийн газар хөдлөлтийн төвийн тархалтын зураг (1900-2024). Энэхүү зурагт Монгол оронд газар хөдлөлтийн судалгаа эхлэхээс өмнөх үе буюу 1900-1963 онд болсон түүхэн газар хөдлөлтүүдийг (ногоон өнгөөр), 1964-2024 онуудад болсон багажийн газар хөдлөлтүүд (улаан өнгөөр) болон идэвхтэй голомтуудыг зууван дугуй хэлбэрээр гэж тус тус ангилж дүрслэн харуулав. Зураглал, дүрслэлийг GMT6 программыг ашиглан гүйцэтгэсэн.



Зураг 2. Нийт бүртгэгдсэн газар хөдлөлтийн тоо ба хугацааны хамаарал.

жийг суурилуулснаар уг бүс нутагт бага магнитудтай газар хөдлөлтийг алдалгүй бүртгэдэг болсон. Энэхүү судалгаагаар хүчний хувьд янз бүрийн газар хөдлөлтийн орон зайн байрлал, хугацааны хамаарлын зүй тогтлыг тогтоохоос гадна тухайн бүс нутгийн газар хөдлөлтийн идэвх, түүний дундаж давтагдлыг тооцоолох боломжтой байдаг. Давтагдлын график нь тухайн сейсмик долгионы далайцын динамик ангил-

лаар (M) тодорхойлогдсон хөдлөлтийн тооны логарифм утгын шулуун хамаарал байдаг (Gutenberg & Richter, 1944). Энэхүү давтагдалтын графикийн налалтын өнцөг болох b утга нь хүчтэй ба сул хөдлөлтүүдийн хоорондын харьцаа буюу тухайн бүс нутгийн хүчдэл хуримтлагдах нөхцөлийг тодорхойлдог бөгөөд энэ нь сейсмо тектоник хөдөлгөөний төрлөөс хамааралтай байдаг. Харин давтагдалтын графикийн өөр нэг па-

раметр нь түүний тогтмол b утга бөгөөд энэ нь газар хөдлөлтийн идэвхжилтийн зэргийг харуулдаг байх жишээтэй. Дээрх илэрхийллийг томъёолбол:

$$\log N(M) = a - b * M \quad (1)$$

Үүнд: N – газар хөдлөлтийн нийлбэр тоо, M – магнитуд, $N(M)$ – магнитудтай тэнцүү ба түүнээс их магнитуд бүхий газар хөдлөлтийн нийлбэр тоо, b – нь тогтмол утга ба

Эх газрын тектоникийн гаралтай газар хөдлөлтийн хувьд давтагдлын утга болох b нь “1”-тэй тэнцүү буюу түүнтэй ойролцоо утгатай байдаг (Gutenberg & Richter, 1944; Utsu, 1972). Зарим судлаачдын үр дүнгээр энэхүү b -утгыг 0.5 - 1.6 хооронд байх боломжтой гэж үздэг (Wiemer & Katsumata, 1999). Энэхүү b утга нь их бага байх нь тухайн бүсийн геологи тектоникийн онцлог болоод мэдээллийн сангийн бүрдүүлэлттэй холбоотой. Тухайлбал эх газрын тектоникийн гаралтай газар хөдлөлтийн хувьд энэхүү горимын параметр нь 0.8-1.0 хооронд байдаг бол далайн, эх газар болон субдукцын бүсэд > 1.0 утгыг өгдөг. Харин b -утга нь 0.5-0.8-ийн хооронд гарвал тухайн бүсэд энергийн хуримтлал явагдаж байгаа бөгөөд тухайн бүсэд хүчтэй хөдлөлт болох магадлал өндөртэйг харуулдаг. Харин 0.5-аас бага мөн 1.6-аас их утга гарвал энэ бүсийн хөдлөлтийн мэдээллийн сан бүрдүүлэлт хангалтгүй байгааг илтгэдэг байна.

3. Судалгааны үр дүн

1900–2024 оны хооронд Завхан аймаг болон түүний орчмын нутаг дэвсгэрт нийт 68500 орчим газар хөдлөлт бүртгэгдсэн бөгөөд үүнээс $M_w \geq 1.0$ хэмжээтэй хөдлөлтүүдийг статистикийн боловсруулалтад хамруулсан. Газар хөдлөлийн идэвхжил нь Завхан голын хөндий, Тэсийн сав газар, Идэрийн сав болон Цэцэрлэгийн баруун орчимд илүү төвлөрч байгааг тэмдэглэж болно. Энэ нь бүс нутгийн геологийн бүтцийн хувьд суналтын шинж давамгайлсан хагарлын бүсүүдтэй уялдаж байна.

Гутенберг–Рихтерийн хуулиар (Тэг. 1) хамаарлыг ашиглан нийт судалгааны талбайд газар хөдлөлтийн горимын параметруудийг тодорхойлоход $a = 3.8$, $b = 0.78$ гарсан (Зу-

раг. 3).

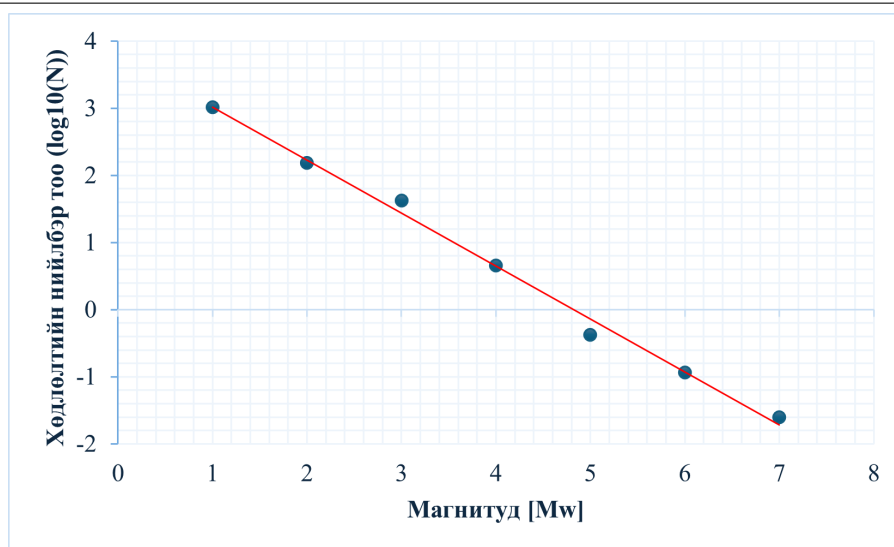
Энэхүү үр дүн нь Завхан аймагт дунд зэргийн сейсмик идэвхжилттэй, харьцангуй хүчдэл давамгайлсан (stress-dominant) орчин байгааг илтгэнэ. Энэ нь газар хөдлөлийн энерги ба давтамж нь хуримтлагдсан тектоник хүчдэлийн (stress) ялгаралтаар тодорхойлогдож байгаа бүсийг хэлнэ. b -утга бага (0.78 орчим) байгаа нь хүчтэй хөдлөлтийн хувь өндөр, энергийн ялгарал жигд бус байгааг илтгэх бол a -утга өндөр (3.8) нь тухайн бүс нутагт хөдлөлтийн тоо хэмжээ их, идэвхтэй голомт байгааг харуулж байна. Иймд бид тус бүс нутгийн хувьд судалгааны талбайд харгалзах хагарлуудын дагуу болон идэвхжил өндөртэй харагдаж байгаа голомтуудыг сонгон авч газар хөдлөлтийн идэвхжил a болон давтагдлын b утгуудыг тус тус тооцоолон гаргаж харьцуулалтыг хийсэн болно.

Булнайн хагарал орчмын бүс нутаг:

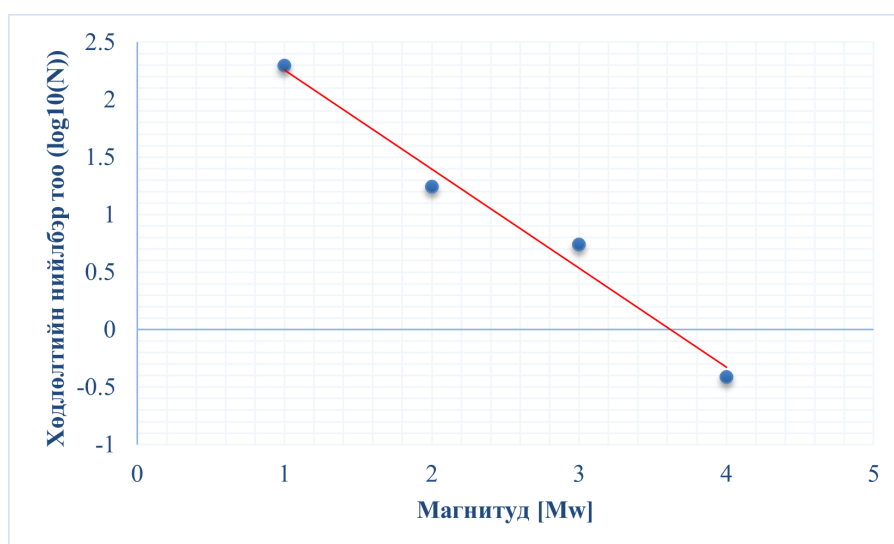
1905 оны 7-р сарын 23-нд болсон ($M = 8.2$) Булнайн газар хөдлөлтөөс үүссэн хагарал нь Сангийн далай нуураас эхлэн зүүн зүгт Хан Хөхийн нурууны дунд бие хүртэл 370 километрийн урттай байна. Булнайн хагарал орчмын газар хөдлөлтийн идэвхжилт болон хүчтэй хөдлөлтийн давтагдлын утгыг тодорхойлохдоо 1900-2024 оны хооронд бүртгэгдсэн $M_w \geq 1.0$ хэмжээтэй 6178 газар хөдлөлтийн мэдээлэлд тооцоолол хийсэн бөгөөд газар хөдлөлтийн давталт $b = 0.8$ идэвхжил $a = 3.1$ байна (Зураг. 4).

Цэцэрлэгийн хагарал орчмын бүс нутаг:

1905 оны 7 сарын 9-нд Хангай ба Хөвсгөл Дархадын сав газрын зааг хэсэгт Хан Хөхийн нуруунд болсон ($M=7.8$) Цэцэрлэгийн газар хөдлөлтөөс газрын гадаргууд 114 километр урт хагарал үүссэн байдаг. Энэхүү хагарал нь Ойгон нуураас эхлэн зүүн хойш чиглэн Тэсийн голын хөндийг дайран, Алтан Хөхийн нурууг давж, Агарын голын эх хүртэл үргэлжилдэг байна. Цэцэрлэгийн хагарал орчмын газар хөдлөлтийн идэвхжилт болон хүчтэй хөдлөлтийн давтагдлын утгыг тодорхойлохдоо 1900-2024 оны хооронд бүртгэгдсэн $M_w \geq 1.0$ хэмжээтэй 5162 газар хөдлөлтийн мэдээлэлд тооцоолол хий-



Зураг 3. Завхан аймгийн нутаг дэвсгэрийн газар хөдлөлтийн давтамжийн муруй (1900-2024 оны хоорондох мэдээллийг ашиглав.)



Зураг 4. Булнайн хагарлын бүс орчмын газар хөдлөлтийн давтамжийн муруй. (1900-2024 оны хоорондох мэдээллийг ашиглав.)

сэн бөгөөд газар хөдлөлтийн давталт $b = 0.7$ идэвхжил $a = 2.6R^2 = 0.99$ байна (Зураг. 5).

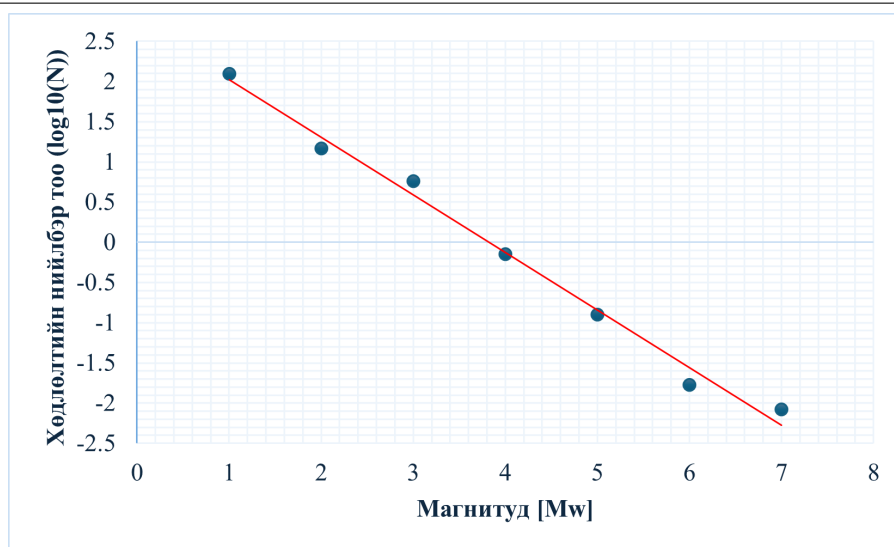
Тэрэгтийн хагарал орчмын бүс нутаг:

Энэхүү хагарал нь Булнайн газар хөдлөлтөөс үүссэн бөгөөд Увс аймгийн Зүүнхангай, Өндөрхангай сумдын дунд үүссэн 80 километр урт үргэлжилдэг хагарал юм. Уг хагарал орчмын газар хөдлөлтийн идэвхжилт болон хүчтэй хөдлөлтийн давтагдлын утгыг тодорхойлохдоо 1900-2024 оны хооронд бүртгэгдсэн $Mw \geq 1.0$ хэмжээтэй 3699 газар хөдлөлтийн мэдээлэлд тооцоолол хийсэн бөгөөд газар хөдлөлтийн давталт $b=0.7$ идэвхжил $a = 2.6R^2 = 0.9926$ байна (Зу-

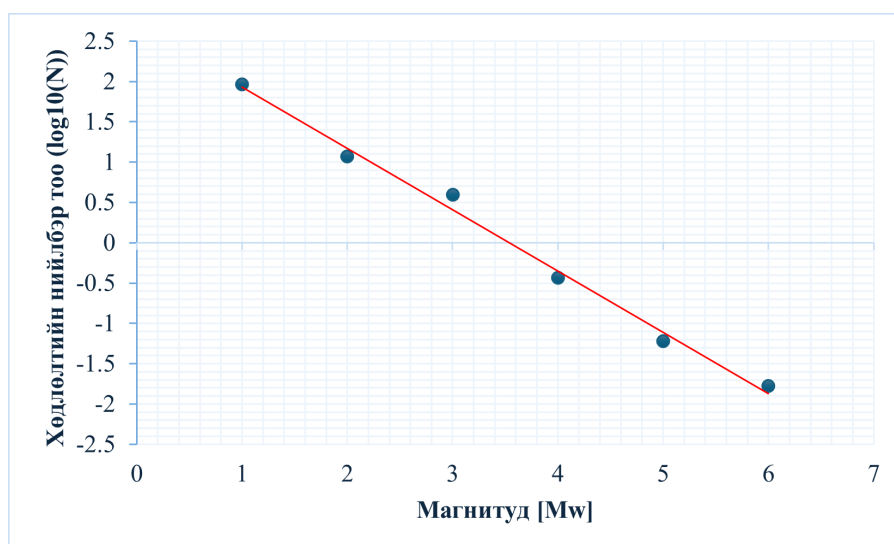
раг. 6).

Дүнгэн хагарал орчмын бүс нутагт:

Энэхүү хагарал нь Булнайн Цэцэрлэгийн хагарлын уулзварын бүсийн хойд хэсэгт оршиж түүнтэй 90 градус бүхий өнцгөөр холбогддог 35 км урттай хагарал юм. Энэ хагарал нь Булнайн хагарлаас дамжин үүссэн гэж үздэг хэдий ч Булнайн гол хагарлын шугамтай холбогдоогүй 3 км орчим зайтай байдаг. Дүнгэн хагарал орчмын газар хөдлөлтийн идэвхжилт болон хүчтэй хөдлөлтийн давтагдлын утгыг тодорхойлохдоо 1900-2024 оны хооронд бүртгэгдсэн $Mw \geq 1.0$ хэмжээтэй 1824 газар хөдлөлтийн мэдээлэлд



Зураг 5. Цэцэрлэгийн хагарлын бүс орчмын газар хөдлөлтийн давтамжийн муруй. (1900-2024 оны хоорондох мэдээллийг ашиглав.)



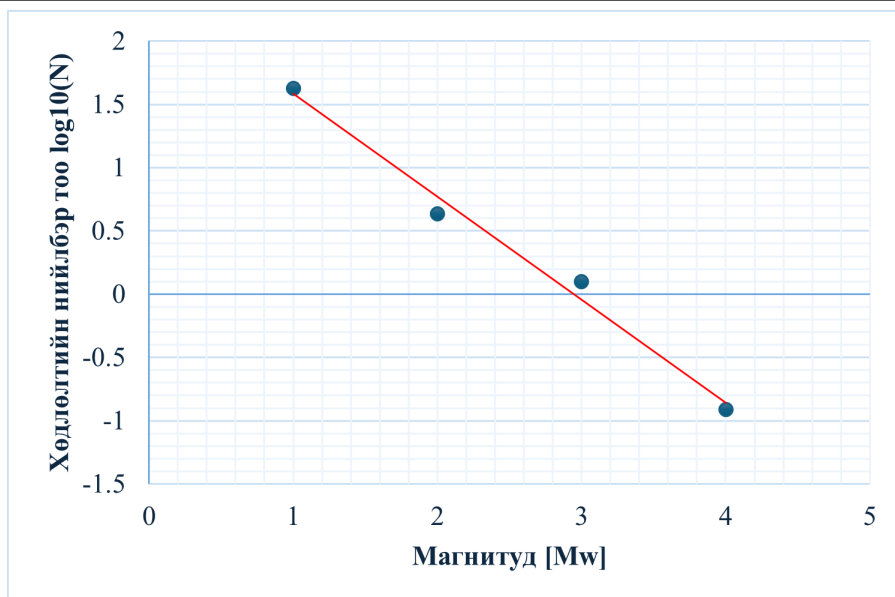
Зураг 6. Тэрэгтийн хагарал орчмын газар хөдлөлтийн давтамжийн муруй (1900-2024 оны хоорондох мэдээллийг ашиглав.)

тооцоолол хийсэн бөгөөд газар хөдлөлтийн давталт $b = 0.8$ идэвхжил $a = 2.4R^2 = 0.9868$ байна (Зураг. 7).

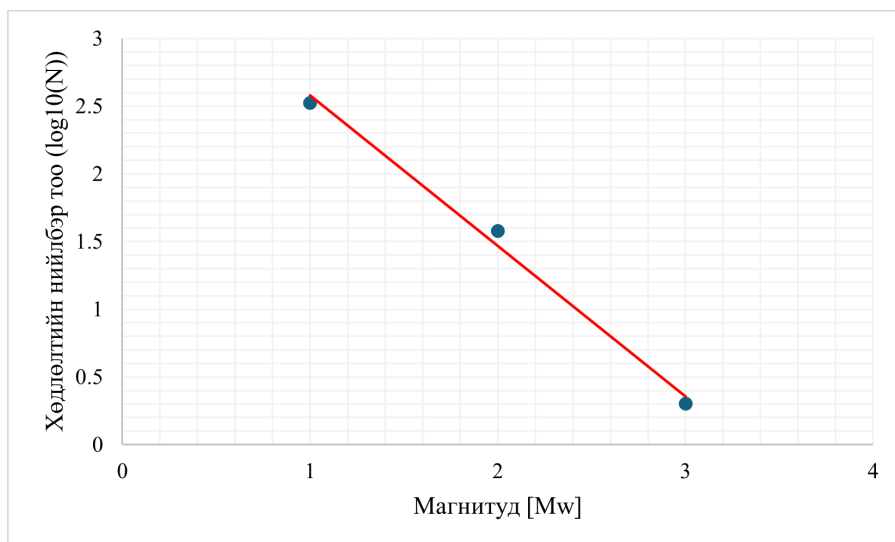
Хөх даваа хагарал орчмын бүс нутагт:

Завхан аймгийн төв Улиастайгаас зүүн тийш газар хөдлөлтийн идэвхжил ажиглагдах болсон. Хөх даваа хагарал орчмын газар хөдлөлтийн идэвхжилт болон хүчтэй хөдлөлтийн давтагдлын утгыг тодорхойлохдоо 1900-2024 оны хооронд бүртгэгдсэн $Mw \geq 1.0$ хэмжээтэй 1076 газар хөдлөлтийн мэдээлэлд тооцоолол хийсэн бөгөөд газар хөдлөлтийн давталт $b = 0.9$ идэвхжил $a = 3.2R^2 = 0.9926$ байна (Зураг. 8).

Эдгээр үр дүнгээс харахад b -утга 0.70–0.91 хооронд хэлбэлзэж байгаа нь сейсмик идэвхжил болон тектоник стрессийн төвлөрөл орон зайд харилцан адилгүй байгааг харуулж байна. Цэцэрлэгийн болон Тэрэгтийн бүсүүдэд b -утга бага буюу хүчтэй стресс давамгайлсан орчинд хамаарах бол, Булнайн болон Хөх Даваа бүсүүдэд b -утга өндөр, харьцангуй тогтвортой нөхцөл ажиглагдлаа. Дүнгэний бүс хамгийн бага a -утгатай гарсан нь идэвхжил сул байгааг илтгэж байна. Эдгээр бүсийн орон зайн тархалтыг Зураг. 1-д цэнхэр тасархай зууван дугуйгаар дүрсэлсэн бөгөөд Завхан



Зураг 7. Дүнгэн хагарал орчмын бүс нутгийн газар хөдлөлтийн давтамжийн муруй (1900-2024 оны хоорондох мэдээллийг ашиглав.)



Зураг 8. Хөх даваа хагарал орчмын бүс нутгийн газар хөдлөлтийн давтамжийн муруй (1900-2024 оны хоорондох мэдээллийг ашиглав.)

аймаг дотор хүчдэлийн төвлөрөл баруун болон төв хэсэгт давамгайлж байгааг харуулж байна.

4. Үр дүн, Дүгнэлт

Завхан аймаг болон түүний орчмын бүс нутгийн газар хөдлөлийн горимын судалгаагаар бүс нутгийн сейсмик идэвхжил харьцангуй өндөр, тектоник хүчдэл давамгайлсан орчин болох нь тогтоогдов. Нийт талбайн $a = 3.8, b = 0.79$ утгууд нь хүчтэй хөдлөлт үүсэх боломжтой байгааг харуулж байна.

Мөн судалгааны талбайд байгаа газар хөдлөлийн идэвхтэй бүсүүдэд хийсэн судалгааны үр дүнг харьцуулж үзвэл, Цэцэрлэгийн ($b = 0.70$), Тэрэгтийн ($b = 0.75$) бүсүүд хамгийн өндөр стресс хуримтлагдсан, хүчтэй хөдлөл үүсэх магадлалтай орчинд хамаарна. Булнайн ($b = 0.86$) болон Хөх Даваа ($b = 0.91$) бүсүүдийн b -утга өндөр байгаа нь сул хөдлөл давамгайлж, стрессийн ялгаралт харьцангуй тогтвортой явагдаж байгааг харуулж байна. Дүнгэний бүс ($a = 2.4, b = 0.82$) нь идэвхжил сул, харьцангуй тайван бүсийн тоонд орж байна.

Монгол орны Алтай, Хангай, Хөвсгөлийн бүсийн өмнөх судалгааны үр дүнтэй харьцуулахад (?) Завхан аймгийн хувьд b-утгын бага гарсан нь энэ бүсийн стрессийн төвлөрөл илүү өндөр, тектоник идэвхжил идэвхтэй явагдаж буйг харууллаа. Иймд энэхүү судалгааны үр дүн нь Завхан аймгийн газар хөдлөлийн аюулын үнэлгээ, бичил мужлалын судалгаанд чухал суурь мэдээлэл болох бөгөөд цаашид орон нутгийн сейсмик станцын сүлжээний нягтралыг нэмэгдүүлж, газар хөдлөлтийн голомтын гүнийг илүү нарийвчлах нь судалгааны үр дүнгийн найдвартай байдлыг дээшлүүлэх үндсэн чиглэл болж байна.

Ашигласан номзүй (References)

- Adiya, M., Ankhtsetseg, D., Baasanbat, T., Bayar, G., Bayarsaikhan, C., & Erdenezul, D., 2003. *One Century of Seismicity in Mongolia (1900–2000)*, RCAG-DASE, Ulaanbaatar.
- Baljinnyam, I., Bayasgalan, A., Borisov, B. A., Cisternas, A., Dem'yanovich, M. G., Ganbaatar, L., & Vashchilov, Y. Y., 1993. *Ruptures of Major Earthquakes and Active Deformation in Mongolia and Its Surroundings*, vol. 181 of **Geological Society of America Memoir**, Geological Society of America, <https://doi.org/10.1130/G23716A.1>.
- Bayasgalan, A., Jackson, J., & McKenzie, D., 2005. Lithosphere rheology and active tectonics in mongolia: Relations between earthquake source parameters, gravity and gps measurements, *Geophysical Journal International*, **163**(3), 1151–1179, <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2005.02728.x>.
- Choi, J.-H., Klinger, Y., Ferry, M., Ritz, J.-F., Kurtz, R., Rizza, M., & Bollinger, L., 2018. Geologic inheritance and earthquake rupture processes: The 1905 tsetserleg–bulnay earthquake sequence, mongolia, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, **123**(2), 1925–1953, <https://doi.org/10.1002/2017JB015216>.
- Cunningham, W. D., 2001. Cenozoic normal faulting and regional doming in the southern hangay region, central mongolia, *Tectonophysics*, **331**(4), 389–411, [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(00\)00228-6](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(00)00228-6).
- Gutenberg, B. & Richter, C. F., 1944. Frequency of earthquakes in california, *Bulletin of the Seismological Society of America*, **34**, 185–188.
- Molnar, P. & Tapponnier, P., 1975. Cenozoic tectonics of asia: Effects of a continental collision, *Science*, **189**(4201), 419–426, <https://doi.org/10.1126/science.189.4201.419>.
- Munafò, I., Malagnini, L., & Chiaraluce, L., 2016. On the relationship between mw and ml for small earthquakes, *Bulletin of the Seismological Society of America*, **106**(5), 2402–2408, <https://doi.org/10.1785/0120150318>.
- Rizza, M., Ritz, J.-F., Prentice, C., & Vassallo, R., 2015. Earthquake geology of the bulnay fault (mongolia), *Bulletin of the Seismological Society of America*, **105**(1), 72–93, <https://doi.org/10.1785/0120140119>.
- Tapponnier, P. & Molnar, P., 1979. Active faulting and cenozoic tectonics of the tien shan, mongolia, and baikal regions, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, **84**(B7), 3425–3459, <https://doi.org/10.1029/JB084iB07p03425>.
- Utsu, T., 1972. Aftershocks and earthquake statistics, *Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University*, **3**(5), 379–441.
- Walker, R. T., Molor, E., Fox, M., & Bayasgalan, A., 2008. Active tectonics of an apparently aseismic region: Hangay mountains, mongolia, *Geophysical Journal International*, **174**(3), 1121–1137, <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2008.03810.x>.
- Wiemer, S. & Katsumata, K., 1999. Spatial variability of seismicity parameters in aftershock zones, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, **104**(B6), 13135–13151, <https://doi.org/10.1029/1999JB900032>.
- Yarmolyuk, V. V., Kovalenko, V. I., & Kudryashov, N. M., 2008. Geodynamic setting and evolution of late paleozoic magmatism in mongolia, *Petrology*, **16**(6), 565–584, <https://doi.org/10.1134/S0869591108060024>.