

## МОНГОЛ ОРНЫ НУТАГ ДЭВСГЭРТ БҮРТГЭГДСЭН ГАЗАР ХӨДЛӨЛТИЙН ТӨВҮҮДИЙН НЯГТАРШИЛ

Г. Баяраа<sup>1</sup>, А.В. Ключевский<sup>2</sup>, С. Дэмбэрэл<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Монгол улс, ШУА, Одон Орон, Геофизикийн Судалгааны Төв, Цахим шуудан: demberel@rcag.ac.mn

<sup>2</sup> Институт Земной Коры СО РАН (г. Иркутск)

### Оршил

Орчин үеийн газар хөдлөл судлалын шинжлэх ухааны онол, арга зүйн үндэс ХХ-р зууны дунд үеэс эхлэн нарийвчлагдан боловсрогдож Төв Ази (Бунэ ба бусад., 1960) болон бусад бүс нутгийн газар хөдлөлийн судалгаанд амжилттай хэрэглэгдэж ирлээ. Өнөөдөр дэлхийн бөмбөрцгийн эргэн тойронд, өнцөг цэг бүрт болж буй газар чичирхийллийн аливаа үзэгдэл нь газар хөдлөлтийг бүртгэх станцууд дээр бүртгэгдэж олон улсын болон улс орнуудын газар хөдлөлтийн мэдээллийн санд хадгалагдан газар хөдлөлтийн жагсаалт, дэлгэрэнгүй мэдээлэл маягаар эрдэмтэн судлаачдын хүртээл, судалгааны анхдагч материал болж байна. Дэлхийн хэмжээнд газар хөдлөлтийн тархалтын зүй тогтлыг судлах, тогтооход энэ мэдээллийн санг ашиглахаас гадна газар хөдлөлтийн орон зай, цаг хугацаа, энергийн ба эпицентрийн нягтаршилтийн тархалтын мэдээллийг боловсруулж газар хөдлөлтийн феноменолог загваруудыг томъёолон судалгаанд ашиглаж байна. Газар хөдлөлтийн онолын ба тоон туршилтын загваруудын хувьд газар хөдлөлт, түүний үүслийн шалтгааныг олон чөлөөт зэрэг бүхий динамик системийн нарийн хувьсал гэж үздэг. Энэ чиглэлийн судалгааны ажил нь газар хөдлөлтийн орон зай-цаг хугацаа болон энергийн хуваарилалт, хүчтэй газар хөдлөлтийг урьдчилан таамаглах судалгааны бас нэгэн шинэ үндэс болон хөгжид байна. (International ..., 2002; Геофизикийн асуудлууд ..., 2003). Газар хөдлөлтийн процесс нь чулуун мандлын гүнд явагддаг бөгөөд газар хөдлөлтийн голомтын орчинд шууд хэмжилт хийх боломжгүй байдаг учраас уг үзэгдлийг янз бүрийн загваруудыг ашиглан томъёолон судлах нь газар хөдлөлтийн мөн чанарыг тайлбарлах, динамик зүй тогтлыг тодорхойлох зэргээр зарим үндсэн тайлбар, шийдэл, дүгнэлтийг гаргаж авахад илүү тохиромжтой байдаг. (Динамикийн асуудлууд..., 2001; Геодинамикийн...Анализ, 2004). Эдгээр болон геофизикийн хэрэглээний зарим асуудлуудыг судлахад кинематик параметр, цаг хугацаа, орон зай ба динамик параметруудаас хамаарах таван хэмжээст газар хөдлөлтийн процессыг томъёолсон загвар, газар хөдлөлтийн үзэгдлийн судлагаатай хамтруулж оношлоход оршино. Өнөөдөр газар хөдлөлтийн төлөв байдал буюу сейсмшилийн талаар нарийвчлан тогтсон, нэгдсэн онол байдаггүй ч өнөөдрийн хуримтлагдсан мэдээллийн үндсэн дээр газар хөдлөлтийн төвүүдийн бөөгнөрлийн орчинд чулуун мандлын хэлбэрээ өөрчлөх үзэгдэл, хандлага, янз бүрийн шинж чанарууд ажиглагддаг байна. Энэ шинж чанарууд нь

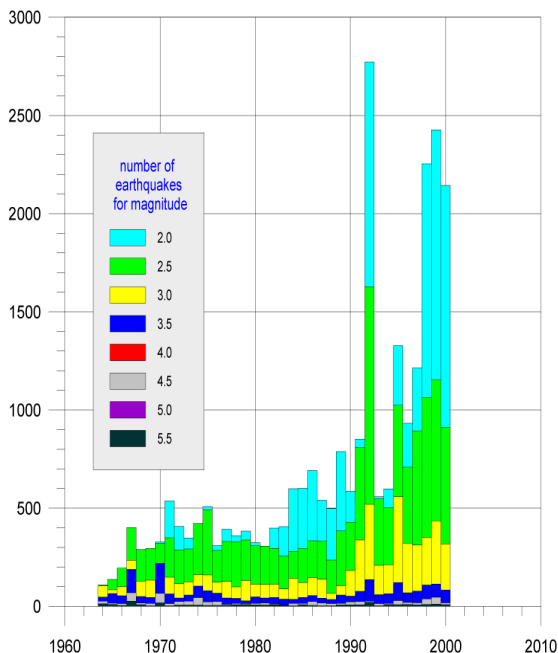
чулуун давхаргын орон зайн жигд бус тархалт, эрэмбэлэгдсэн блокон тогтоц, өөртэйгээ төстэй байдал (самоподобия), шугаман бус реологийн олон янзын хэлбэр, хүндийн хүчний таталцлын процессууд, физик-химийн үелсэн шилжилтүүд, флюид зэрэг шинжүүд байна. Тухайн бүс нутаг дахь энэхүү шинж чанаруудын тогтворжилт нь чулуун мандлыг диссипатив систем гэж авч үзэх боломж олгож, газар хөдлөлтийн шинж байдал чулуун мандал дахь тодорхой жижиг үйл явцуудаас ерөнхийдөө хамаарахгүй гэсэн дүгнэлтэнд хүргэж байна. Хэрэв чулуун мандлыг уян үе давхрага гэж авч үзвэл түүнд хэд хэдэн адил тэнцвэрийн байдал, нэг байдлаас нөгөө байдалд шилжих буюу геодинамикийн хувьсал харагдана. Газар хөдлөлтийн феноменолог загварын (үзэгдэлийн загвар) дагуу чулуун мандалын байнгын өөрчлөлтийн үед янз бүрийн шаталсан хавтангийн үе дээр харилцан үл хамааралтай тэнцвэргүй байдал үүсч, хавтны систем нь тэнцвэрээ хадгалахын тулд өөрөө геофизик орчны хүчдэл-деформацийн нөлөөгөөр тэнцвэртэй байдалдаа эргэж орохыг эрмэлздэг. (Садовский ба бусад., 1987). Системийн энэ хувьсалын үед чулуун мандлын уян өөрчлөлтийн энергийг эргэн тойрны орчин руу тархаадаг тэнцвэргүй процесс болох газар хөдлөлт онцлох байр эзэлдэг. Хавтны шатласан бүтэцтэй, тогтворгүй динамик шинжтэй, геологи-геофизик орчинг тодорхойлох бүрэн механик тодорхойлолт байхгүй ба ийм системийн математик загвар боловсрогдоогүй байгаа тул ийм шинж чанартай орчинг тодорхойлоход статистик арга болон шугаман бус геодинамикийн аргыг хэрэглэх шаардлагатай болдог. Статистик анализийн аргыг ашиглан газар хөдлөлтийн процессийн үндсэн зүй тогтлыг судалдаг бөгөөд судалгаанд энерги ба шатлалын өөр өөр үед хамаарах олон тооны газар хөдлөлтийг ашиглах нь судалгааны дүнг илүү нарийвчлалтай, үнэн бодит байх боломж олгодог.

### **Судлагдсан байдал ба аргачилал.**

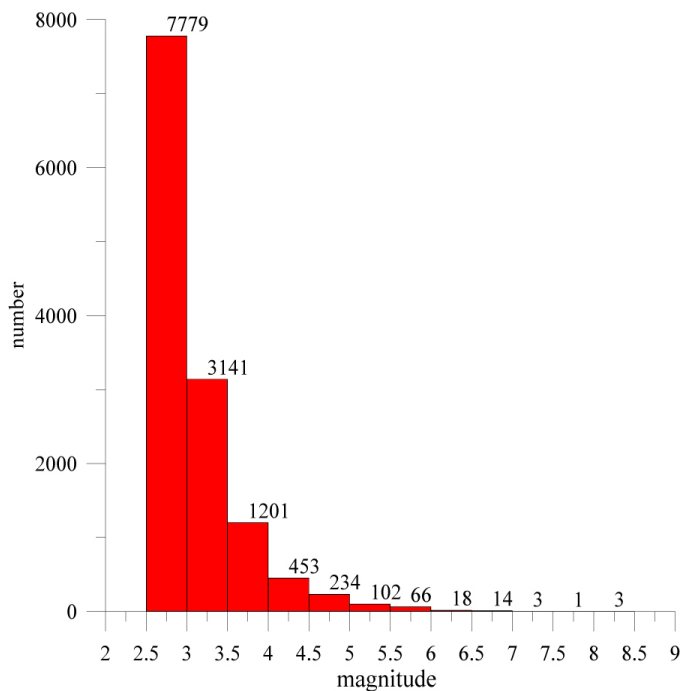
Газар хөдлөлийн судалгаанд газар хөдлөлтийн эпицентрийн тархалтын зургийг өргөн хэрэглэдэг. ШУА – ийн Одон орон, геофизикийн судалгааны Төв (ООГСТ) – ийн газар хөдлөл судлаачид Монголын нэгэн зууны сейсмшилийн зураг (М 1:1500000), түүний мэдээллийн санг бэлтгэн хэвлүүлж нийтийн хүртээл болгосон юм. Мэдээллийн санд Алтай-Саян, Байгалын сүлжээ станцуудын мэдээ, олон улсын сейсмологийн төвүүдийн мэдээ, Монголын газар хөдлөлтийн нэгдсэн жагсаалт, мөн хүчтэй газар хөдлөлтүүдийн голомтын механизмын судалгааны үр дүнг оруулсан юм. 1901 – 2000 онд тохиосон нийт газар хөдлөлтийн тоо 56600 байгаа бөгөөд түүнээс 56275 нь 1964 оноос хойших үе буюу багажийн судалгаагаар тодорхойлсон газар хөдлөлтийн тоо болно. Үүнээс гадна 1964 оноос өмнө тохиосон, магнитуд нь 5.0 болон түүнээс дээш газар хөдлөлтүүд, тухайлбал, Монгол ба хөрш зэргэлдээ орнуудын газар хөдлөлтийг бүртгэх байнгын станцууд, олон улсын мэдээллийн сангаас түүвэрлэн авсан газар хөдлөлтүүдийн мэдээллийг нэгтгэн ашигласан юм. Мэдээллийн сангаас харахад Монгол орны нутаг дэвсгэр дээр тохиосон

газар хөдлөлтийн тоо нь газар хөдлөлтийг бүртгэх станцуудийн тоо ба багаж төхөөрөмжийн чанараас шууд хамаарч байна. 1964 оноос өмнө Монголд газар хөдлөлтийг бүртгэх “Улаанбаатар” (1957), “Алтай” (1959) гэсэн хоёр станц л ажиллаж байсан бөгөөд станцын багаж нь бага өсгөлттэй ( $V_0=1000$ ), ерөнхий төрлийн багажаар тоноглогдож зөвхөн хүчтэй хөдлөлтүүдийг бүртгэх хэмжээнд ажиллаж байлаа. 1964 онд газар хөдлөлтийг бүртгэх “Цэцэрлэг”, “Тосонцэнгэл” станцуудыг ашиглалтанд оруулж 1972 оноос дээрх станцуудын багажны газар хөдлөлтийг бүртгэх хүчин чадлыг ( $V_0=25000-30000$ , ВЭГИК,  $V_0=30000-160000$ , СКМ-3) нэмэгдүүлж Монгол орны хэмжээнд магнитуд нь 3.5-аас дээш газар хөдлөлтийг бүрэн бүртгэх, бүртгэсэн мэдээллийг боловсруулах түвшинд хүрсэн юм. Монголын газар хөдлөлтийг бүртгэх станцуудын сүлжээ нь 1985 онд нийт 10 станцын сүлжээ болон өргөжиж станцын багажуудын тохиргоо буюу идентификаци (ижил төрлийн үзүүлэлт) хийгдсэн болно.

1994 оноос эхлэн газар хөдлөлтийг бүртгэх станцуудын аналог бичлэгтэй хуучин багажуудыг орчин үеийн тоон бичлэгтэй багажаар шинэчлэн тоноглох техник технологийн шинэчлэлийн ажлыг Монголын газар хөдлөл судлаачид Франц Улсын Цөмийн Энергийн Комиссириат (ЦЭК) – ын харьяа Хүрээлэн Орчны Хяналтын Департамент (ХОХД) – ийн Геофизикийн лаборатори (ГЛ) – ийн ажилтнуудтай хамтран эхлүүлсэн юм. Франц улсын ЦЭК – ын харьяа ХОХД – ын санхүүгийн дэмжлэгтэйгээр орчин үеийн өндөр мэдрэмжтэй тоон бичлэгтэй багажаар тоноглогдсон, бүртгэгдсэн мэдээллийг зайнаас тасралтгүй горимоор дамжуулах боломжтой 7 станцыг Улаанбаатар хотын эргэн тойронд, өөр хоорондоо хэдэн арван километрийн зайнд байрлахаар байгуулж ашиглалтанд оруулсан юм. 2004 оноос эхлэн АНУ – ын Нисэх хүчний техник хэрэглээний Төв (НХТХТ) ба ШУА-ийн ООГСТ нь шинжлэх ухаан, техникийн хамтын ажиллагааны хүрээнд газар хөдлөлтийг бүртгэх бичил сүлжээ 3 станцыг байгуулах, Франц улсын ЦЭК – ын харьяа ХОХД ба ШУА-ийн ООГСТ хоорондын хамтын ажиллагааны хүрээнд Ховд, Улаанбаатар хот орчмын газар хөдлөлтийг бүртгэх бичил сүлжээ станцуудын багаж тоног төхөөрөмжийг шинэчлэх ажлыг хийж гүйцэтгээд байна. Газар хөдлөлтийг бүртгэх Монголын үндэсний сүлжээ станцуудын багаж төхөөрөмжийг тоон хэлбэрт багажаар шинэчлэн тоноглох, техник технологийн шинэчлэлт хийх ажлыг 2005-2006 онуудад “Тоон бичлэгт станц” шинжлэх ухаан, технологийн төслийн хүрээнд хийж гүйцэтгэсэн юм. Өнөөдрийн байдлаар Монгол орны нутаг дэвсгэрийн 14 цэг дээр газар хөдлөлтийг бүртгэх станцууд нь байгалийн, эсвэл хүний үйл ажиллагааны нөлөөгөөр үүссэн газар чичирхийллийг шууд горимоор тасралтгүй бүртгэж бүртгэсэн мэдээллийг орчин үеийн боловсруулалтын программ хангамжаар боловсруулан газар хөдлөлтийн төвийг нарийвчлан тодорхойлж байгаа нь судалгааны ажлыг чанарын өндөр төвшинд гүйцэтгэх үндсэн нөхцлийг бүрдүүлж байна.



Зураг 1. 1964-2000 оны хооронд болсон газар хөдлөлтийн тоо (магнитудыг өнгөөр ялгасан)



Зураг 2. 1901-2000 хооронд болсон газар хөдлөлтийн тоо ба магнитудын хамаарал

Монгол орны нутаг дэвсгэрт тохиосон газар хөдлөлтүүдийг оноор ба Рихтерийн шаталбар, магнитудын хэмжээгээр нь ангилан Зураг 1, 2 –т харуулав. Газар хөдлөлтийн жилийн тоон үзүүлэлтээс харахад 1964-1984 онуудад 100-500 хөдлөлт, 1984 оноос 1990 он хуртэл 500-800 хөдлөлт болж өссөн ба 1991 оны 12 сарын 27-ны Хөвсгөлийн Бүсийн голын газар хөдлөлт, түүний дараах давталт хөдлөлтүүдийн тооноос хамаарч эрс нэмэгдсэн нь харагдаж байна. Магнитуд нь 3.5-аас дээш газар хөдлөлтүүд жил бүр ойролцоогоор жигд тохиодог бөгөөд 1967, 1970 оны Могод, Цагаан шувуутын газар хөдлөлтийн үед мөн хэмжээний давталт газар хөдлөлтүүд 100 болсон нь ажиглагдаж байна. Үүнээс үзэхэд магнитуд нь 3.5 – аас дээш газар хөдлөлтүүд нь орчны диссипатив системийг тодорхойлох бөгөөд түр зуурийн хүчтэй хөдлөлтийн дараах идэвхжилтээр орчны чулуулаг мандалд богино хугацааны хүчдэл-деформацийн өөрчлөлтүүд гарах ба буцаж хэвийн нөхцөлд ортлоо тодорхой хугацааг шаардана. Өнгөрсөн зуунд болсон хүчтэй хөдлөлтүүдийн статистик дүнгээс харахад (Зураг 2.) магнитуд нь 6-гаас дээш хөдлөлтүүд 39, үүнээс сүйрэлт хүчтэй буюу магнитуд нь 8.0 – аас дээш газар хөдлөлт 3 болжээ. Газрын гадаргууд ямар нэгэн хагарал, эвдрэл, өөрчлөлт үзүүлж деформацид оруулах энергийг ялгаруулах тийм хүчтэй газар хөдлөлтийн магнитуд хэмжигдэхүүний доод хэмжээ нь 6.0 байдаг. Энэ тохиолдолд доргилтын нөлөө буюу эффект нь голомтын гүн, зайнаас хамаарч 1-2 баллаар (MSK-64 шаталбар) өөрчлөгдөж болно. Өөрөөр хэлбэл магнитудын хүч ижил тийм газар хөдлөлтүүд нь газар хөдлөлтийн голомтын гүн ба зайнаас хамаарч газар хөдлөлтийн төвөөс өөр өөр цэгүүдэд янз бүрийн баллаар мэдрэгдэнэ. Монгол орны нутаг дэвсгэрт тохиож байсан ихэнхи хүчтэй газар хөдлөлтүүд нь тухайн үед хотжилт, хүн амын төвлөрөлт бага байсан, уул нурууг даган, хүн амын суурьшил багатай нутагт болдог байснаас нийгэм эдийн засгийн хортой үр дагавар багатай, хохирол сүйрэлд хүргээгүй юм. Олон тооны газар хөдлөлт нь холын буюу транзит газар хөдлөл хэлбэрээр олон зуун километрийн цаанаас мэдрэгдэж байсан.

Монгол оронд газар хөдлөлийн судалгаа нь олон улсад хүлээн зөвшөөрөгдсөн уламжлалт арга буюу газар хөдлөлтийн төвийн орон зай, цаг хугацааны өөрчлөлт, орчны динамик хувьсал ба газар хөдлөлтийн төвийн тархалт, түүний нягтаршилт зэрэг үзүүлэлтүүдийг ашиглан феноменолог загварын үндсийг тавихад чиглэгдсэн (Ключевский А.В., Баяраа Г., 2009). Газар хөдлөлтийн энерги тогтмол хуримтлагдах эх үүсвэртэй, консерватив геологийн орчинтой нөхцөлд газар хөдлөлт буюу газрын гадаргууд хагарал, эвдрэлүүд үүсэх процесс нь уян харимхайн хэврэг орчинтой тодорхой газар нутагт хэсэг хугацааны дараа тохиолдоно гэж үзэж болно. Энэ нь захын ба эхний нөхцлүүд өөрчлөгдөөгүй, цууралттай даралтын эрчимтэй коофициентийн утга тэглэгдэх [Радон, Ливерс, 1999] болон хүчдэл-деформацийн байдлын концентрат орчны орон зайн байршилд хэвээр хадгалагдах үед биелэгдэнэ. Энэ нь газар хөдлөлтийн эпцентрийн нягтаршилтын муруйн өндөр утгуудаар, гол төлөв нэгж талбайд оногдох газар хөдлөлтийн энергийн ангилал  $K \geq 9.0$  буюу  $M \geq 3.0$  хөдлөлтийн тоо 5-10 болон 10-аас дээш байх үед харгалзах талбайгаар илэрнэ. Талбайн тектоник-физик утга нь дистрикцийн

бүсэд хамаарах бөгөөд түүнийг бие даасан геотектоник бүтэц гэж үзэн чулуун мандалын хавтангуудын хоорондох хагарлын хэврэг үеийн эхлэл гэж тооцож болно. Хагарлын үүсэл, газар хөдлөлт нь харилцан нөлөөлөх процесс учир литосферийн орчин цагын деструкцийн зүй тогтлыг харуулна (Шерман, 2002).

Зураг 3-т 1964-2000 онуудад Монгол орны нутаг дэвсгэрт тохиосон газар хөдлөлтийн эпицентрийн нягтаршилтийг харуулав. Нэгжид  $0.2^0 \times 0.3^0$  буюу  $22 \times 23 \text{ км}^2$  талбайг сонгон, нийт талбайгаар давхардуулахгүй гулгуулан, талбайд оногдох  $K \geq 9$  дээш эпицентруудийг тоолж, интерполяцийн аргаар (method kriging) муруйнуудыг (изолинии) татаж гаргасан. Муруйн нэгж талбайд оногдох доод утга сул хөдлөлттэй газар 5-10 (доод хязгаар), хүчтэй хөдлөлттэй газар 10-20 байхаар тооцож картыг зохиосон болно. Мөн аргаар нэгж талбайд оногдох энерги ялгаралтын хэмжээ, нормчилсон хөдлөлтийн тоо, сейсмик момент болон бусад параметруудийг тодорхойлж болно. Нягтаршилтийн арга нь эпицентрийн ерөнхий бөөгнөрөлтийн талбай, түүний чиглэл, деструкцийн бүсийг ялган харуулдагаараа онцлогтой. Ихэнхи тохиодолд деструкцийн бүсийн талбайд региональ хагарлууд хамаарагдах ба кайнозойн үеийн газар хөдлөлтийн идэвхжилтийг илэрхийлнэ. Орчин үеийн хүчтэй газар хөдлөлтүүд нь хагаралын ойролцоо, гүний хагарал дээр, хагаралуудын уулзвар хэсэгт тохиосон байдаг. Энэ нь геологийн тогтоцын фрактал шинж чанарыг харуулж, улмаар сиэнергетикийн хуулиар өөртэйгээ төстэй (самоподобие) бүтцүүдийг буй болгож байна (Ключевский А.В., 2005).

### Судалгааны үр дүн.

Монгол орны нутаг дэвсгэрийг газар хөдлөлтийн идэвхжилтийн байдлаар таван бүсэд хувааж болно. (Землетрясения и основы..., 1985), тухайлбал, Хөвсгөл орчмын, Хан-Хөхий-Булнайн, Орхон-Туулын, Монгол-Алтайн, Говь-Алтайн гэж хувааж болно. Зарим судлаачид газар зүйн байршлын байдлаар Төв Монгол, Баруун Монгол, Хойт-Хангай, Өмнөд Монгол, Хөвсгөлийн бүс гэж ангилсан байдаг. (Ключевский А.В., Баяраа Г. 20003). Эдгээр бүс нутгийг дотор нь геотектоникийн тогтоцтой нь уялдуулан газар хөдлөлтөөр нь нарийвчлан зааглан ангилж болно. Монгол орны баруун хэсэг ( $\lambda < 106^0 \text{ E}$ ) нь уулархаг, урт уул нурууд, уулын хөндийгөөр тусгаарлагдан тогтож, хавтанцар-толгод хэлбэртэй (блоко-сводчатый) болсон ба палеозойн үеэс уламжлагдсан гүний хагаралуудаар тусгаарлагдсан байдаг. Газар хөдлөлтийн төвүүдийн нягтаршилтийн зураг дээр энэ таван бүс нутгийг дотор нь хэсэгчлэн ялгаж харуулсан болно. Хөвсгөлд уртрагийн дагуу чиглэлтэй дөрвөн бүс: Сангилян, Бүсийн гол, Дархат, Хорьдал-Сарьдагийн бүсүүд тод ялгарчээ. Бүсийн гол дотроо 34 км-ий уртай хойт хэсэг (Белин гол), өмнөд хэсэгт 80-км-ийн урттай Бүсийн голын депресси орно. Их Соёнгийн нуруу, Тункийн нуманцар дагуу 100 гаруй км газар эвдрэлийн бүс байгаа ба 1950 онд магнитуд нь 7 хүрсэн газар хөдлөлтөөр газрын гадаргууд 2.5 км урттай ан цав үүссэн байна. 1964-2000 оны хооронд магнитуд нь 5-аас дээш хүчтэй газар хөдлөлтүүд нийт 13 болсон юм.

Хөвсгөлийн бүстэй залгаа, өмнөд хэсэгт орших Хойд-Хангайн бүсэд гол төлөв сулавтар

хөдлөлтүүд болсон ба магнитуд нь тав хүрсэн 3 газар хөдлөлт эвдрэлийн бүсийн хамгийн их суларсан хэсэгт болжээ. 1905 оны сүйрэлт хоёр газар хөдлөлт болсноос (1905 оны 7-сарын 9, 23-ны өдрүүдийн  $M=7.6$ ,  $M=8.2$ ) хойш, 100 гаруй жил өнгөрч байхад Булнайн хагарлын хоёр хэсэг газарт сулавтар хөдлөлтүүдийн бөөгнөрөл байгаа нь сониролтой. Уг хоёр цэгийн баруун тал буюу координат  $\phi=49.20$  N,  $\gamma=95.00$  E бүхий цэг нь Булнайн сүйрэлт газар хөдлөлт болохоос өмнө 1905 оны 4-р сарын 10-нд болсон магнитуд нь 6 хүрсэн газар хөдлөлтийн төвийн цэгтэй ойрхон байгаа юм. 1905 оны 4-р сарын 10-ны энэ хөдлөлтөөр зүүн урагш чиглэсэн Тэрэгтэйн хагарал үүссэн байх магадлал маш их юм. Гурван сарын дараа Булнайн сүйрэлт газар хөдлөлтийн улмаас зүүн хойш чиглэлтэй Цэцэрлэгийн гэж нэрлэгдсэн 130 км хагарал үүсэж одоо болтол уг хагарлын дагуу сулавтар хөдлөлтүүд болсоор байна. Эдгээр сулавтар газар хөдлөлтийн бөөгнөрлийн координат ( $\phi=49.6^{\circ}$  N,  $\gamma=97.2^{\circ}$  E ) нь 1905 оны 7-р сарын 9-нд болсон сүйрэлт газар хөдлөлтийн төвийн солбилцлын угтагай таардаг юм. Харин 1905 оны 7-р сарын 23-ны өдрийн олон улсын мэдээнд орсон координат ( $\phi=49.3^{\circ}$  N,  $\gamma=96.2^{\circ}$  E) одоо илэрч байгаа бөөгнөрлийн төвөөс зүүн тийш 100 гаруй км-ийн зайд тодорхойлогдсон. Хэрэв бөөгнөрлийн төв орчмыг чулуулаг мандалын гүний эвдрэлтэй нягт холбоотой гэж үзвэл уламжлан хадгалагдах диссипатив чанарт эргэж орох шинж бүхий феноменолог загварт тохирч байгааг нотолж, Булнайн гол газар хөдлөлтийн төвийг баруун хэсэгт илэрсэн эпицетрийн нягтаршилийн бөөгнөрөл орчим шилжүүлж болох талтай. Нягтаршилтын зургаас гаргасан (5-10 хөдлөлтийн муруй) эвдрэлийн бүсийн урт гол хагаралд- 347 км, Тэрэгтэйн дистрикцийн урт 52 км, чанх хойш чиглэлтэй Баянгийн дистрикцийн урт 32 км, Цэцэрлэгийн нь 135 км тус тус болж байна.

1970 оны 5-р сарын 15-ны Уурэг нуурын (Цагаан шувуут) орчим тохиосон газар хөдлөлт нь голомт орчимдоо 9 баллаар мэдрэгдсэн юм. Газар хөдлөлтийн төвийн бөөгнөрлийн муруй зүүн урагш ( $Az=125^{\circ}$ ) чиглэж, 80 орчим км газар үргэлжилсэн байна. Хүчтэй давтан хөдлөлтүүд ( $M \geq 5.0$ ) тэр жилдээ 6 болсон ба өнгөрсөн зууны турш уг голомт нийтдээ идэвхжилттэй байлаа. Газрын гадаргад илэрсэн ан цав, хагарлын нийлбэр урт  $R_0 = 7$  км байгаа нь динамик хүчдэлийн нөлөө бүхий талбайг илэрхийлэгч харьцаатай  $R_d$  (8-10) $R_0$  тохирч байна (Потапов В.А. Баяраа Г., 2003). Түүхэн баримтаас үзэхэд 1902, 1922, 1953 онуудад магнитуд нь 6.0 –тай газар хөдлөлтүүд энэ бүс нутагт болж байжээ.

Баруун Монгол буюу Монгол-Алтайн бүс нутаг нь талбайгаараа хамгийн том нь бөгөөд урьд өмнөх хугацаанд болсон хүчтэй газар хөдлөлтүүдийн ул мөрийн (палеосейсмодислокац) ихэнхи нь энд илэрсэн [Хилько, 1985]. Монголын баруун хэсэгт илэрсэн 8 палеосейсмодислокацийн нийлбэр урт 550 км, бүгд баруун хойшоо чиглэсэн байрлалтай. 1931 оны Монгол Алтайн өвөр бие болон 1970 оны Үүрэг нуурын орчим болсон газар хөдлөлтөөс бусад палеосейсмодислокацаар илэрсэн хөдлөлтүүдийн ул мөр нь 200-1000 жилийн өмнө болсон байх магадлалтай. Баруун Монголд болсон 10 орчим хүчтэй ( $K \geq 14.5$ ) газар хөдлөлтүүдийн давталт хөдлөлтүүд тоогоор цөөн учир энэ тойм зурганд тусгагдаагүй болно. Харин 1931 оны 8-р сарын Фу-Юуны гэж нэрлэгддэг Монгол Алтайн өмнөд хэсэгт



болсон хүчтэй газар хөдлөлтийн эвдрэлийн бүс, Монгол Алтай дахь Булганы эвдрэлийн бүстэй нийлж гарсан нь зурган дээр тусгагдсан болно. Баруун урагш чиглэлтэй энэ бүсийн урт нь 160 км, өргөн нь 32 км юм. Баруун Монголын бүс (Үүрэг нуурын хөдлөлтийг эс тооцвол) хүчдэл-деформацийн өөрчлөлт дуусах шатандаа орж, тогворжилт бүхий диссипатив системд шилжсэн гэж үзэж болно. Ийм нөхцөлд тухайн бүсэд хүчтэй хөдлөлт ганц нэг тохиож болох боловч орчны динамик хүчдэлийн тэнцвэргүй бус байдал удаан үргэлжилж чаддаггүй.

Монголын өмнөд хэсэгт газар хөдлөлтийн төвийн нягтаршилтийн гурван бүс байрлах боловч, тэд өөр хоорондоо зайтай, геологийн нэгэн төрлийн бус тогтоцууд болно. Эдгээр бүсэд өргөрөгийн  $45.5^{\circ}$  –аас өмнөх бүх нутаг хамрагдах ба Говь-Алтай, Тахийн шар зэрэг газарт эвдрэлийн бүс тодорхойлогдсон. Говь-Алтайн эвдрэлийн бүсийн урт 315 км, өргөн нь зарим газраар 72 км (Их Богд орчим) хүрсэн ба магнитуд нь 5-тай хөдлөлтүүд 5 болсон байна. Эвдрэлийн бүс тод илэрсэн Их Богдын Торомхоны аманд ихэнхи хөдлөлтүүд бөөгнөрч ( $\phi=45.0^{\circ}$  N,  $\gamma=100.2^{\circ}$  E) байна. Олон улсад тодорхойлсноор 1957 оны Говь-Алтайн газар хөдлөлтийн төвийн солбилцлын цэг нь ( $\phi=45.2^{\circ}$  N,  $\gamma=99.4^{\circ}$  E) байгаа нь хамгийн их эвдрэлийн төвөөс 80 гаруй км-ээр баруун тийш зөөгдсөн харагдана. Иймд 1905 оны Булнайн хүчтэй газар хөдлөлтийн адил энэ газар хөдлөлтийн төвийг нягтаршилтийн гол бөөгнөрлийн цэг рүү Их Богд руу шилжүүлж болох талтай.

Тахийн шарын бүс нь Говь-Алтайн Их Богд уулнаас баруун тийш 500 км-ийн зайд орших ба хойд зүг чиглэн 110 км газарт сунаж байрлажээ. Эвдрэлийн бүсийн дундач өргөн нь 45 км байна. 1974 оны 7-р сард магнитуд 6.5 хүрсэн газар хөдлөлтөөр идэвхжиж эхэлсэн. Энэ үйл явдлаас өмнө 1920, 1948, 1970 онуудад, хойно 1976, 1978, 1984 онуудад магнитуд 5.0 хүрсэн газар хөдлөлтүүд болсон нь уг бус газар хөдлөлтийн идэвхжилттэй бүс болохыг харуулна.

1903 онд Гурван сайхан уулын газар хөдлөлтөөр (Үнэгтэйн гэж нэрлэгддэг) газрын гадаргуу дээр 24 км хагарал үүссэнийг тэмдэглэжээ (Нинжбадгар, 1957). Энэ газар хөдлөлтөөр үүссэн хагарлын ул мөрөөр төвийн солбилцлыг  $\phi=43.4.0^{\circ}$  N,  $\gamma=104.4^{\circ}$  E гэж тодорхойлсон нь одоо илрээд байгаа нягтралшилтын төвтэй тохирч байна. Уг бүсэд магнитуд нь 5.0-аас дээш давтан хөдлөлтүүд 25 орчим болсон байна. 1960 оны Буурын хярын газар хөдлөлтөөр газрын гадаргууд баруун-хойноос зүүн-урд зүг рүү чиглэлтэй 18 км урт хагарал үүссэн ба магнитуд нь 5-аас дээш хөдлөлтүүд 6 болжээ. Гол хөдлөлтийн координат ( $\phi=43.2^{\circ}$  N,  $\gamma=104.4^{\circ}$  E) мөн дээрх утгатай бараг тохирч байна. Эвдрэлийн талбайг 35 км-ийн радиустай тойргоор дүрсэлж болно.

Монголын төв хэсэг буюу Орхон-Туулын идэвхтэй бус нутаг нь Хангай, Хэнтийн нурууг зааглан нутгийн төв хэсэгт  $\phi=45.5^{\circ}$  -  $50.5^{\circ}$  N,  $\gamma=101.5^{\circ}$  -  $108.0^{\circ}$  E солбилцлын цэг бүхий талбайд байрлана. 1964 оноос өмнөх түүхэн хөдлөлтүүд гэж нэрлэгдэх 20-р зууны эхний хагаст болсон 6 газар хөдлөлтийн хүч нь магнитуд хэмжээгээр 5.5-6.0 хүрч байжээ. Эндээс харахад Монголын төв хэсэгт газар хөдлөлт идэвхжих хандлагатай байгааг гэрчилж байна. 1967 оны 1-р сард Могод сумын нутаг дэвсгэрт магнитуд нь 7.5-тай хүчтэй газар хөдлөлт болж голомтондоо 9-10 балл хүрч нутгийн бүх хэсэгт доргиж мэдэгдсэн ба хэдэн арван километр



газар цууралт үүсгэсэн юм. Мөн түүнчлэн энэ нутагт Тэшигийн (1987, 3-р сар 1), Бүтээлийн нурууны (1989 5-р сар 13), Дэрэнгийн (1998 9-р сарын24) газар хөдлөлтүүд болсон юм. Энэ газар хөдлөлтүүдийн магнитуд нь ойролцоо 5.5-5.6 байгаа нь уг хөдлөлтөөр динамик хүчний бүрэн чөлөөлөгдөл яваагүй байж болно.

Булганы Могод ба Сайхан сумын нутагт орших эвдрэлийн бүсийг газар хөдлөлтийн нэгдмэл бүсэд оруулж үзвэл хойноос урагш 110 км хиртэй сунасан талбай орж байна. Өмнө нь хүчтэй газар хөдлөлт тохиолдож байгаагүй ч эпицентрийн бөөгнөрсөн 6 – 7 талбай гарч буй нь потенциал хүчдэлийн хурмтлал явагдаж байна гэж дүгнэж болно. Хүн амын бараг 50 орчим хувь нь оршин суудаг нийслэл хот энэ Төв бүс нутагт хамаардаг учир энэ бүсийн талбайг тусгайлан хүрээлж харуулсан бөгөөд цаашид нарийвчилсан судалгаа явуулах шаардлагатай.

### **Дүгнэлт.**

Газар хөдлөлтийн онолын ба туршилтын орчин үеийн загварууд газар хөдлөлтийн үүслийн шалтгааныг олон чөлөөт зэрэгтэй динамик системн нарийн хувьсал гэж үздэг байна. Энэ нь гол төлөв газар хөдлөлтийн орон зай-цаг хугацааны тархалт, энергийн бүтэц болон хүчтэй газар хөдлөлтийн урьдчилан таамаглах судалгаан дээр суурилан хөгждөг. Газар хөдлөлтийн феноменолог загварын (үзэгдэлийн загвар) дагуу чулуун мандал дахь байнгын өөрчлөлтийн үед янз бүрийн шаталсан хавтангийн үе дээр харилцан үл хамааралтай тэнцвэргүй байдал үүсч, хавтны систем нь тэнцвэрээ хадгалахын тулд өөрөө геофизик орчны хүчдэл-деформацийн нөлөөгөөр тэнцвэртэй байдалдаа эргэж орохыг эрмэлздэг. Системийн энэ хувьсалын үед чулуун мандлын уян өөрчлөлтийн энергийг эргэн тойрны орчин руу тархаадаг тэнцвэргүй процесс болох газар хөдлөлт онцлох байр эзэлдэг.

Феноменолог загварт тулгуурлан энергийн ангилал нь 9 ба түүнээс дээш газар хөдлөлтүүдийн талбайн нягтаршилийг Монгол орны нутаг дэвсгэрийн газар хөдлөлтийн идэвхтэй таван бүс нутгаар тодорхойлж харьцуулан дараах дүгнэлтийг гаргав. Кайнозойн үеийн идэвхтэй хагаралууд дээр газар хөдлөлтийн нягтаршилийн тоон утга 10 ба түүнээс дээш байх хэсгийг дүрслэн харуулсан (Зураг 3). Энэ таван бүс нутагт хамаарагдах хагаралуудын чиг, байршил харилцан адилгүй учир бүс нутгийн хил, заагийг гаргахдаа хагарлуудын шинж төрхийг харгалзан бүсчилж тогтоов. Монголын өмнөд хэсэг буюу өргөрөгийн 45.5°-аас дооших нутагт гол төлөв өргөрөгийн дагуух гүний урт хагаралууд багтах ба Баруун Монголд зүүн урдаас баруун хойш чиглэлтэй бус нутгийн хагарлууд багтаж байна. Хангайн бүсэд Хойд Монголын гэж нэрлэгдсэн гүний линеаментийн хамгийн идэвхтэй хэсэг болох Хан-Хөхий, Булнайн зурвас багтана. Төв Монголын бус нутагт гол төлөв харилцан өөр, өөр чиглэлтэй хагаралуудын уулзвар орох бол Хөвсгөлийн бүс нутагт уртрагийн дагуу, зарим нь өргөрөгийн дагуу чиглэлтэй хагаралууд багтаж байна. Зурагт дурслэгдсэн газар хөдлөлтийн төвүүдийн нягтаршилийн байршил нь шулуун, эсвэл бөөгнөрөл хэлбэрээр гарч орчны эвдрэлийн шинжийг тогтоох ба гол хүчтэй хөдлөлтүүд, түүний давталт хөдлөлтүүд (афтершок) эвдрэлийн бүсийн өргөнийг

тодорхойлж байна. Энэ өргөн нь гол төлөв дундач хазайлтын хос утгаар илэрхийлэгдэнэ (Шерман и др., 2004). Эвдрэлийн бүс болон эпицентрийн нягтаршил нь газар хөдлөлтийн идэвхжилт явагдаж байгаа, эсвэл хүчтэй газар хөдлөлт болох магадлал өндөртэй газрын эпицентрийн бөөгнөрлийн тоон утгыг илэрхийлэх, литосферийн давхрага, газар хөдлөлтийн орчин цагын (реальное время) сейсмик процессийг холбож өгөхөд оршино.

#### Ном зүй

1. Бунэ В.И., Гзовский М.В., Запольский К.К. и др. Методы детального изучения сейсмичности // Труды ИФЗ АН СССР. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – №9 (176). – 327с.
2. International handbook of earthquake and engineering seismology. Lee W.K., Kanamori H., Jennings P.C. & Kisslinger C. // (eds.) – Amsterdam, Boston, New York, Tokyo: Academic Press, 2002. – Part A. – 934 pp.
3. Проблемы геофизики XXI века. //Отв. ред. А.В. Николаев. – М.: Наука, 2003а. – 311с. Проблемы геофизики XXI века. Отв. ред. А.В. Николаев. – М.: Наука, 2003б. – 333 с.
4. Проблемы динамики литосферы и сейсмичности // Вычислительная сейсмология. – М.: ГЕОС, 2001. – Вып.32. – 303с. (Под ред. Г.М. Молчана, Б.М. Наймарка, А.Л. Левшина)
5. Садовский М.А., Болховитинов Л.Г., Писаренко В.Ф. Деформирование геофизической среды и сейсмический процесс. – М.: Наука, 1987. – 101с.
6. Ключевский А.В., Баяраа Г. Монголын газар хөдлөлтийн энергийн бүтэц // Proceedings of the Mongolian Academy of Sciences. 2008. – V.190. №4. – P.78 – 90.
7. Ключевский А.В., Демьянович В.М., Баяраа Г. Современная геодинамика Монголии по сейсмическим данным // Труды V Российско-Монгольской конференции по астрономии и геофизике. – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2005б. С.76 – 79.
8. Радон Дж., Ливерс П. Анализ роста трещины с использованием двух параметров: последние достижения // Физическая мезомеханика. – 1999. – Т.2. – № 1–2. – С. 97 – 104.
9. Шерман С.И. Развитие представлений М.В. Гзовского в современных тектонофизических исследованиях разломообразования и сейсмичности в литосфере // Тектонофизика сегодня -М: ОИФЗ РАН, 2002 С.76-79.
10. Ключевский А.В. Напряжения и сейсмичность на современном этапе эволюции литосферы Байкальской рифтовой зоны // Физика Земли № 12, 2007 С.14 – 26.
11. Землетрясения и основы сейсмического районирования Монголии // Отв. ред. В.П. Солоненко, Н.А. Флоренсов. – М.: Наука, 1985. – 224с.
12. Kluchevskii A.V., Bayaraa G. Seismicity and seismic zoning // Complex geophysical and seismological investigations in Mongolia- Ulaanbaatar –Irkutsk, 2004. P. 113-203.
13. Potapov V.A., Bayar G. T. Dugarmaa Dynamics of the seismic process of West-Mongolian seismic zone №1, 2004 Proceedings of the Mongolian Academy of sciences №2, 2002 p. 30-43
14. Шерман С.И., Демьянович В.М., Лысак С.В. Сейсмический процесс и современная многоуровневая деструкция литосферы в БРЗ // Геология и Геофизика т.45 №12, 2004 С.1458-1470
15. Демьянович М.Г., Ключевский А.В., Демьянович В.М. Основные разломы Монголии и их роль при сейсмическом районировании территории Монголии // Литосфера №3, 2008 С.3-13
16. Нинжбадгар С. Некоторые данные о землетрясениях, имевших место на территории МНР // бюллетень совета по сейсмологии №6, 1957

## ABSTRACT

**Bayaraa.G<sup>1</sup>, Klyuchevski.A.B<sup>2</sup>, Demberel.S<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Research center for Astronomy and Geophysics of MAS, e-mail: demberel@rcag.ac.mn

<sup>2</sup>Institute of Earth Crust of Russian Academy of Sciences

Map of earthquake epicenter density of Mongolia for the instrumental period (1964 - 2000) is presented. Seismic active zones are studied using information provided by the location of earthquake epicenters density. The results suggest that Mongolian territory could be divided into five seismic active and homogeneous sub- zones originated by the distribution of seismic active Cenozoic faults and epicenter density. Earthquake epicenter density and its spatial distribution are given a possibility to define and localize seismic active zones, current seismic pattern and its future dynamics of seismic activity in these zones. Most of earthquakes with the larger magnitude in the seismic active zones occurred in proximity to the statistically identified potential faults. Results of this study would be input parameters of seismic hazard assessment study of urban areas.