



Geomagnetic study in the area of the constructed geomagnetic observatory in Tosontsengel

Bayanjargal Gendenpuntsag^{1*}, Nasan-Ochir Tumen¹, Munkhbat Dagva², Bat-erdene Nyamdorj², Mungunbagana Sangidalai¹, Dolgorjav Todgerel², and Tuul Chinzorig²

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

²Tosontsengel Branch of the Institute of Astronomy and Geophysics, Mongolian Academy of Sciences, Zawkhan, Mongolia

Received: 2025-10-15, Accepted: 2025-12-27, <https://doi.org/10.5564/mjag.v12i1.5190>

*Corresponding author: bayanjargal@iag.ac.mn 0000-0002-9857-6424

Abstract

This study systematically investigated how a 1-hectare site selected in Tosontsengel soum meets international standards for constructing a geomagnetic observatory. We measured the geomagnetic field exactly along the predefined profiles at the site before and after construction, produced maps showing the distribution of anomalous geomagnetic fields, and compared these maps to evaluate changes and stability. Using these data, 3D models of the site's magnetic susceptibility were also created pre- and post-construction to assess its spatial variation. The results indicate that the selected 1-hectare site in Tosontsengel soum complies with international standards for building a geomagnetic observatory, fulfilling the essential requirement of using reinforcement, cement, and insulation materials free of ferromagnetic substances. This methodology can also be applied in the future to monitor environmental magnetic contamination.

Keywords: IDW, method of inversion, magnetic anomaly of Lithosphere, magnetic susceptibility

1. Удиртгал

БНХАУ-ын “Бүс ба зам” хамтын ажиллагааны хүрээнд Монгол улсын нутаг дэвсгэрт хоёр соронзон оргил барихаар шийдвэрлэсэн. Соронзон оргилд бүртгэгдсэн мэдээллийг ашиглан соронзон шуурга, ионосфер дэх цэнэгийн шилжилт, нарны салхи зэрэг дэлхийн хэмжээний (глобал) үзэгдлүүдийг судлахын зэрэгцээ тухайн бүс нутагт хийгдэж буй бүх төрлийн геосоронзон орны хэмжилтийн тохируулгад ашиглах боломжтой байх тохирсон байрлалыг сонгох шаардлага тавигддаг.

Эдгээр нөхцөлийн дагууд Завхан аймгийн Тосонцэнгэл сум ба Дундговь аймгийн

Мандалговь сумыг сонгон авсан. Тосонцэнгэл суманд баригдсан соронзон оргилын өгөгдлийг Хангайн бүсийн Хөвсгөл, Увс, Завхан, Архангай, Булган зэрэг аймгуудад хийгдэх бүх төрлийн геосоронзон орны хэмжилтэд тохируулга хийхэд ашиглах боломжтой юм.

Соронзон оргил байгуулахад INTERMAGNET, IAGA зэрэг олон улсын байгууллагаас тогтоосон техникийн, байгалийн болон барилгын гэсэн үндсэн гурван стандарт шаардлагыг хангах ёстой (Maus et al., 2005). Техникийн шаардлага нь урт хугацаанд барилга байгууламж, уул уурхай, авто болон төмөр зам, нийтийн

эдэлбэрийн бүсэд орохгүй, соронзон оронд нөлөөлөх хүчин зүйл багатай газрыг сонгохыг шаарддаг. Мөн ойролцоо нь төмөр, ган хийцтэй байгууламж, цахилгаан дамжуулах шугам, автомашины хөдөлгөөн, үйлдвэр байх ёсгүй. Өндөр хүчдэлийн шугам, трансформатор, утасгүй холбооны хүчтэй эх үүсгэврээс 1–2 км хол зайд байх шаардлагатай. Ийм цэвэр нөхцөлтэй байхаас гадна, хүмүүс байнга хянах болон засвар үйлчилгээ хийх боломжтой, интернэт, гар утасны сүлжээтэй газар байх ёстой гэсэн нөхцөлүүд тавигддаг (Reynolds, 2011; Ravat, 2012; Curto et al., 2007).

Байгалийн нөхцөлийн хувьд орчны чулуулаг нь төмөр, никель, кобальт зэргийн агуулга багатай, мөн түүнчлэн аномаль соронзон орны градиент нь сул байх талбайг сонгохыг шаарддаг. Барилгын нөхцөл нь оргил барихад соронзон шинж чанаргүй цемент, хайрга, арматур ба дулаалгын материалуудыг ашиглах, мөн найдвартай газардуулга хийж, аянгаас хамгаалсан системтэй байхыг шаарддаг. Эдгээр шаардлагуудыг харгалзан үзсэний үндсэн дээр Тосонцэнгэл сумаас урагш 6.3км орчим зайд, орон нутгийн нисэх онгоцны буудлаас урагш 3.2км орчим зайд, Хашга уулын ар шилд соронзон оргил барих 1га талбайн газрын зөвшөөрлийг 2021 онд гаргуулсан болно. Бидний ажлын зорилго нь энэхүү 1га талбай дотроо соронзон оргилд тавигддаг байгалийн нөхцөлийг бүрэн хангасан 40^2 ба 30^2 барилга барих байрлалыг сонгох, мөн барилга ашиглалтад орсны дараа түүний орчны нөхцөл нь соронзон оргилын шаардлагыг хэрхэн хангаж буйг хянахад оршино. Ингэснээр цаашид шинээр соронзон оргил барихад шаардлагатай суурь мэдээллийг хуримтлуулах болно.

2. Онолын үндэслэл

Дэлхийн гадаргын ойролцоо хэмжигдэж байгаа геосоронзон орон нь олон эх үүсгэвэртэй соронзон орнуудын нийлбэр орон юм. Үүнийг доорх хэлбэрт бичиж болно.

$$\vec{B} = (\vec{M} + \vec{m}) + (\vec{B}_r + \vec{B}_v) + \vec{B}_a \quad (1)$$

$\vec{B}_{in}(\vec{M} + \vec{m})$ энэ гишүүн нь дэлхийн дотоод цөмд үүсгэвэртэй хүчтэй туйлт орон ба түүний эриний хувьсалтыг төлөөлнө. Сорон-

зон орны индукцийн векторын дивергенц тэг байдаг нь соронзон орныг үүсгэдэг цэнэг байж болдоггүйг илтгэдэг. (Parkinson, 1983)

$$\vec{\nabla} \cdot \mathbf{B}_{in} = 0 \quad (2)$$

Мөн дивергенц нь тэг байдаг векторыг скаляр потенциалын градиентаар илэрхийлэх боломжтой. (Blakely, 1995) Үүнийг доор бичив.

$$\vec{B}_{in} = -\vec{\nabla}\Psi \quad (3)$$

Тэг. 3-ийг Тэг. 2-тэгшитгэлд орлуулан бичвэл доорх Лапласын тэгшитгэл гардаг.

$$\Delta \cdot \Psi = 0 \quad (4)$$

Ψ -геосоронзон орныг үүсгэгч скаляр потенциал юм. Энэ Лапласын тэгшитгэлийг бодож, геосоронзон орныг үүсгэгч скаляр потенциалыг олдог.

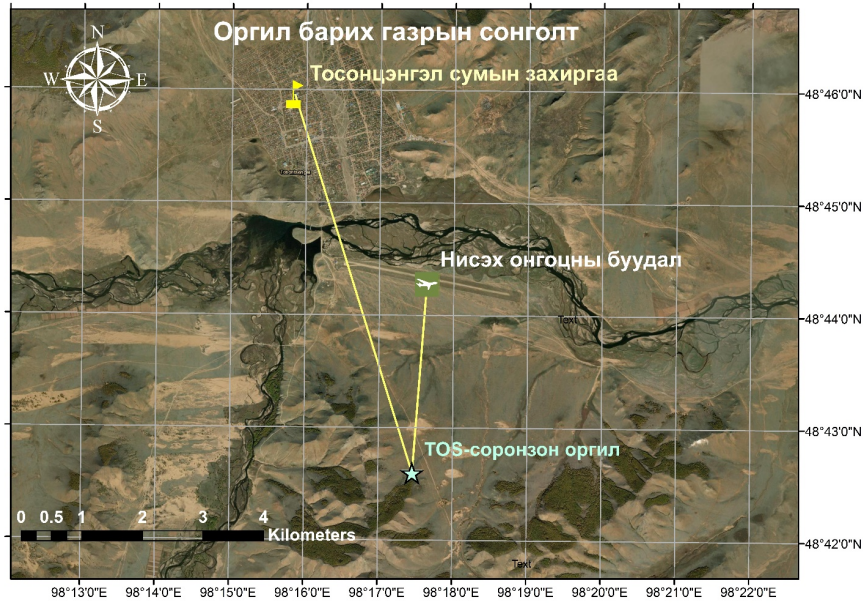
$$\psi(e, \theta, \varphi) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a}{r^{n+1}} \left[g_n^m \cos(m\varphi) + h_n^m \sin(m\varphi) \right] \times P_n^m(\cos \theta) \quad (5)$$

Тэг. 5 скаляр потенциалыг ашиглан, үндсэн геосоронзон орны утгыг доорх томъёогоор бодож олдог (Blakely, 1995; Parkinson, 1983).

$$(\vec{M} + \vec{m}) = -\vec{\nabla} \cdot \psi(r, \theta, \varphi) \quad (6)$$

θ -өргөрөг, φ -уртраг, $a = 6371.3km$, $r = a + h$, h -далайн түвшнээс дээш тоолсон тухайн цэгийн өндөр. Тэг. 6-ийг бодит утга руу шилжүүлсэн хувилбар нь IGRF загвар юм. Энэ загварын буюу Тэг. 5-р тэгшитгэлийн (g_n^m, h_n^m) -коэффициентуудыг Гауссын коэффициент гэх бөгөөд эдгээрийг хэмжилтийн утгаар туршлагаар тогтоодог. Бид энэ загварыг ашиглан үл хөдлөх суурин цэг дээрх үндсэн геосоронзон орны утгыг тооцоолж олсон болно. Энэ цэгт хэмжигдсэн утга тооцоолсон утгаас эрс ялгаатай байвал онцгой аномальтай цэг суурин цэгээ шилжүүлэх ёстой. $\vec{B}_r + \vec{B}_{rv}$ -нь гадаад эх үүсгэвэртэй орон, түүний вариацийг төлөөлөх бөгөөд энэ судалгаанд уг гишүүнийг зөвхөн сулруулах буюу устгах тухай л яригдана.

\vec{B}_a -Литосферт үүсгэвэртэй аномаль соронзон орныг төлөөлнө. Дэлхийн дотоод



Зураг 1. Соронзон оргил барих газрын сонголт.

цөмд үүсгэвэртэй хүчтэй туйлт соронзон орон нь дэлхийн үе давхаргуудыг нэвтэрч, дэлхийн гадарга дээр хэмжигддэг. Газрын гадаргын ойролцоох үе давхаргууд нь доороос ирэх хүчтэй туйлт орны нөлөөгөөр туйлширч соронзжих эффект илрэх ба газрын гадарга дээрх геосоронзон орныг доорх байдлаар бичиж болно.

$$\vec{B} = \mu_0(1 + \chi)\vec{H} \quad (7)$$

$\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \text{H/m}$ – вакуумын соронзон нэвтэрүүлэх чадвар; χ – газрын үе давхаргын соронзон мэдрэх чадвар; \vec{H} – соронзон орны хүчлэг. Харин аномаль соронзон орон нь доорх байдлаар бичигддэг.

$$\vec{B}_a = \mu_0\chi\vec{H} \quad (8)$$

Тэг. 8-р тэгшитгэлд бичигдсэн хамаарлыг ашиглан аномаль соронзон орныг шинжилж, инверсийн аргаар газрын нимгэн үе давхаргын соронзон мэдрэх чадвар χ -ыг тодорхойлох боломжтой юм (Campbell, 2003).

3. Судалгааны аргачлал

IDW -зайн урвууг жигнэх интерполяцийн арга

Бид дээрх зорилтын дагуу 1га талбайн аномаль геосоронзон орны түгэлтийн зураглалыг гарган, орны градиентийг судлах ёстой. Аномаль геосоронзон орны түгэлтийн

зураглалыг дараах IDW-интерполяцийн аргыг ашиглан гаргасан болно. IDW арга нь тухайн цэгүүдэд харгалзах дөхөлтийн утга нь бусад бүх туршилтын утгуудыг оролцуулан тооцоолж олдог арга юм. IDW-ийн функционалийг доорх томъёогоор илэрхийлж бичиж болно.

$$\Phi(\varphi, \theta, B) = \left(\sum_{i=1}^N \frac{(B - B_i)^2}{(|\varphi - \varphi_i|^p + |\theta - \theta_i|^p)} \right)^{\frac{1}{p}} \quad (9)$$

N -нийт цэгийн тоо, φ_i -тухайн хэмжилт хийгдсэн цэгт харгалзах уртраг, θ_i -нь харгалзах өргөрөг, B_i -тухайн цэгт харгалзах хэмжигдсэн аномаль орны утга, p -зэрэг ба бидний тохиолдолд $p = 2$ гэж үзэж болно. B -нь уг интерполяциар олох функц буюу дурын (φ, θ) уртраг өргөрөгт харгалзах дөхөлт хийж олох аномаль геосоронзон орны утга юм (Ismail et al., 2015).

Тэг. 9-тэгшитгэлд бичигдсэн IDW-функционалийн минимум байх нөхцөлөөс B -функцийн утгыг олно. (Maus et al., 2005). Үүнийг доор бичив.

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Phi(\varphi, \theta, B)}{\partial B} &= \frac{\partial}{\partial B} \left[\sum_{i=1}^N \frac{(B - B_i)^2}{(|\varphi - \varphi_i|^p + |\theta - \theta_i|^p)} \right]^{\frac{1}{p}} \\ &= 0 \end{aligned} \quad (10)$$

Тэг. 10-тэгшитгэлийг дэлгэн B -ээр уламжлал авч бичвэл доорх хэлбэрт шилжинэ.

$$\frac{\partial \phi}{\partial B} = \frac{1}{p} S(B)^{\frac{1}{p}-1} \frac{\partial S(B)}{\partial B} = 0, \quad (11)$$

$$S(B) = \sum_{i=1}^N \frac{(B - B_i)^2}{[|\varphi - \varphi_i|^p + |\theta - \theta_i|^p]}$$

Тэг. 11-ийн эхний үржвэрүүд тэгээс ялгаатай $\left(\frac{1}{p}\right) \left(\sum_{i=1}^N \frac{(B - B_i)^2}{[|\varphi - \varphi_i|^p + |\theta - \theta_i|^p]}\right)^{\frac{1}{p}-1} \neq 0$ тул, 2-р үржвэр нь тэг байх ёстой (Ismail et al., 2015). Үүнийг доор салган бичив.

$$\sum_{i=0}^N \frac{(B - B_i)}{[|\varphi - \varphi_i|^p + |\theta - \theta_i|^p]} = 0 \quad (12)$$

Тэг. 12-ээс В-г хялбар олж болно. Бид дурын (φ, θ) уртраг ба өргөрөгт харгалзах В-ийн утгыг доорх тэгшитгэлээр олж болно. Ингэж олсон утгуудаар аномаль геосоронзон орны түгэлтийн зураглалыг гаргасан болно (Ismail et al., 2015).

$$B = \frac{\sum_{i=0}^N \frac{B_i}{[|\varphi - \varphi_i|^p + |\theta - \theta_i|^p]}}{\sum_{i=0}^N \frac{1}{[|\varphi - \varphi_i|^p + |\theta - \theta_i|^p]}} \quad (13)$$

4. Инверсийн арга

Соронзон оргил барихаар сонгогдсон 1 га талбай дахь геосоронзон орны хэмжилтүүдийг ашиглан уг талбайд харгалзах газрын үед давхаргын соронзон мэдрэх чадварын 3D загварыг инверсийн аргыг ашиглан гаргав. Дэлхийн дотоод цөмд үүссэн хүчтэй туйлт соронзон орон нь үе давхаргуудыг дамжин гадарга дээр хэмжигддэг. Давхаргуудын соронзон мэдрэх чадвар нь дамжин ирэх оронд нөлөөлдөг. Тухайлбал диасоронзон бодисын агуулгатай давхаргын жижиг хэсгүүд нь нэвтэрч байгаа орныг сулруулж, парасоронзон болон ферросоронзон бодисын агуулгатай хэсгүүд нь нэвтэрч байгаа орныг нэмдэг. Ийм байдлаар газрын гадарга дээр хэмжигдэж байгаа геосоронзон орон нь доорх байдлаар загварчлагддаг.

$$B_i = \sum_j G_{ij} \chi_i \quad (14)$$

Судалгааны талбайн доорх үе давхаргыг олон жижиг эзлэхүүнтэй хэсгүүдэд хуваасан бөгөөд эзлэхүүн бүрийн соронзон мэдрэх чадварын утгыг χ_j - гэж тэмдэглэв. Тэр

олон жижиг эзлэхүүнтэй хэсгүүдийн орныг дамжуулах операторыг G_{ij} гэж тэмдэглэв. G_{ij} -орныг дамжуулах операторын урвууг шууд олоход төвөгтэй, нэгэн утгатай олддоггүй зэрэг хүндрэл гардаг. Иймд шийдийг тогтвортой болгох Тихоновын тогтворжуулах аргыг хэрэглэж Тэг. 14-р тэгшитгэлээс $\chi = (\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n)$ -соронзон мэдрэх чадварыг олддог. Үүнийг доор бичив.

$$X = \arg \min_X \left\{ \underbrace{\sum_{i=1}^{n_{obs}} \left[B_i - \sum_{j=1}^{n_{param}} G_{ij} X_j \right]^2}_{\text{forward загварын алдаа}} + \lambda \sum_{l=1}^{n_l} \underbrace{\left[\sum_{j=1}^{n_{param}} L_{lj} X_j \right]^2}_{\text{Тихоновын тогтворжуулалт}} \right\} \quad (15)$$

$\chi = (\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_{n_{param}})$ -бидний тохиолдолд судалгааны талбайн соронзон мэдрэх чадвар; B_i -хэмжилтийн утга; G_{ij} -жижиг эзлэхүүний дамжуулах оператор; L_{lj} -тогтворжуулалтын матриц; λ -тогтворжуулах коэффициент; n_{obs} -хэмжилтийн тоо; n_{param} -параметрийн тоо; n_l -тогтворжуулалтад ашиглагдах мөрийн тоо (Blakely, 1995; Press et al., 2007). Бид энэ аргыг ашиглан судалгааны талбайд харгалзах газрын соронзон мэдрэх чадварыг судлав.

5. Үр дүн ба хэлэлцүүлэг

Аномаль геосоронзон орны судалгаа
Бид сонгогдсон 1га талбайгаас баруун хойш 130м орчим зайд харьцангуй тэгш ($48.710135^\circ, 98.28816^\circ, 1828\text{м}$)-өргөрөг, уртраг, өндөр бүхий газарт суурин цэг байгуулж, уг талбайд хэмжилт хийж байгаа хөдөлгөөнт магнитометртэй синхрон ажиллаж байхаар ММРОС-1 магнитометрийг 1 секундийн горимд ажиллуулав. Дэлхийн гадаргын ойролцоо хэмжигдэж байгаа геосоронзон орон нь олон эх үүсгэвэртэй соронзон орнуудын нийлбэр орон юм. Үүнийг доорх хэлбэрт бичиж болно.

$$\vec{B}_0 = (\vec{M}_0 + \vec{m}_0) + (\vec{B}_r + \vec{B}_{rv}) + \vec{B}_{a0} \quad (16)$$

\vec{B}_{a0} -нь суурин цэгт харгалзах литосферт

үүсгэвэртэй аномаль геосоронзон орны утга юм. Үүнийг бид EMAG2 гэдэг аномаль геосоронзон оронд зориулсан загвараар энэ цэгт хамгийн ойрхон орших 30 цэгт 4000м өндөрт тооцож олоод эдгээр утгуудад IDW-интерполяциар дөхөлт хийж (48.7101350° , 98.288160°)-уг цэг дээр 4000м өндөрт харгалзах утгыг бодож гаргав. Ингэж олсон утга маань $B_{a0}(48.7101350^\circ, 98.288160^\circ, 4000\text{м}) = 76.6\text{м}$ орчим гарч байв. Энэ утгыг шугаман градиентийн аргаар газрын гадарга дээр буулгахад доорх хэлбэртэй гарав. $B_{a0}(48.7101350^\circ, 98.288160^\circ, 1828\text{м}) = 146.04\text{м}$.

Энэ 1га хэмжилтийн талбайд хоорондоо 5м зайтай профилиудын дагуу mpros-1 магнитометрээр 1 секундийн горимд хэмжилт хийсэн болно. Энэ хөдөлгөөнт магнитометрт бичигдэж байгаа орныг доорх хэлбэртэй бичиж болно.

$$\vec{B}_1 = (\vec{M}_1 + \vec{m}_1) + (\vec{B}_r + \vec{B}_{rv}) + \vec{B}_{a1} \quad (17)$$

1км радиус доторх жижиг талбайн хувьд дэлхийн дотоод цөмд үүсгэвэртэй үндсэн геосоронзон орон нь ойролцоогоор ижил ($\vec{M}_0 + \vec{m}_0$) \approx ($\vec{M}_1 + \vec{m}_1$) гэж дөхөлт хийв. Мөн энэ жижиг талбайн хувьд дэлхийгээс гадна эх үүсгэвэртэй ($\vec{B}_r + \vec{B}_{rv}$) - глобал орныг ижил гэж үздэг. Иймд бид Тэг. 16 ба 17-ээс профилиудын дагууд хөдөлж байгаа магнитометрт бичигдэх литосферт үүсгэвэртэй B_{a1} -аномаль геосоронзон орныг доорх байдлаар олж болно.

$$B_{a1} = B_1 - B_0 + B_{a0} \quad (18)$$

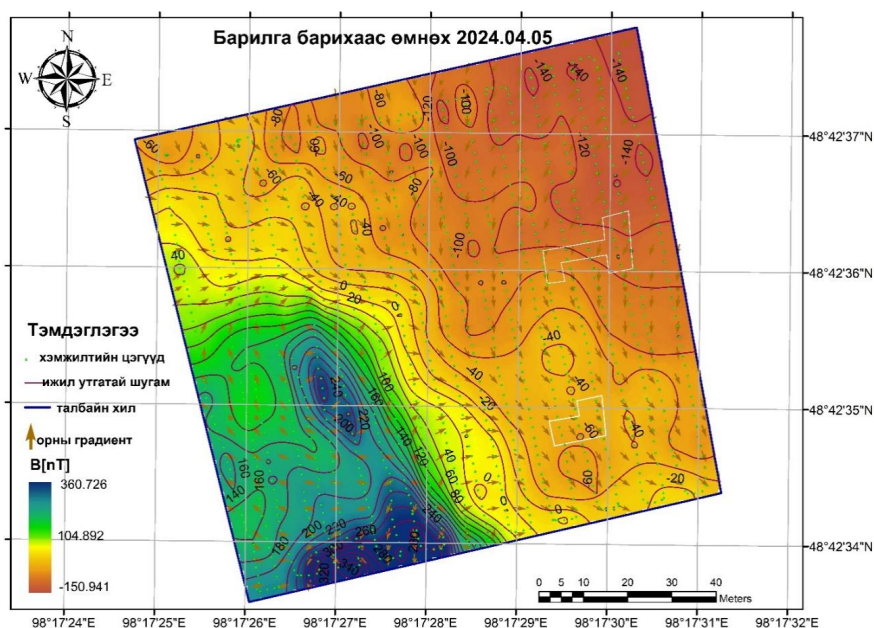
Тэг. 18-ээр бодож олсон литосферт үүсгэвэртэй аномаль геосоронзон орны утгуудыг ашиглан дээрх IDW-интерполяцийн аргаар энэ 1га талбайд харгалзах литосферийн аномаль геосоронзон орны түгэлтийг гаргасан болно. Бид оргил барихад тавигддаг олон улсын техникийн нөхцөлийн дагууд Хашга уулын ар шилд сонгогдсон 1 га талбайд барилгын ажил эхлэхээс өмнө (2024.04.05)-д, хоорондоо 5м зайтай нийт 22 профилиудын дагуу хэмжилт хийж, литосферийн аномаль геосоронзон орны түгэлтийн зураглалыг гаргав. Үүнийг Зураг. 2-т үзүүлэв. Соронзон оргил барих талбайд орчны чулуулаг нь төмөр, никель, кобальт зэргийн ферро-

соронзон бодисын агуулга багатай, аномаль геосоронзон орны локаль өөрчлөлт буюу орны градиент нь сул байх ёстой гэсэн байгалийн шаардлага тавигддаг.

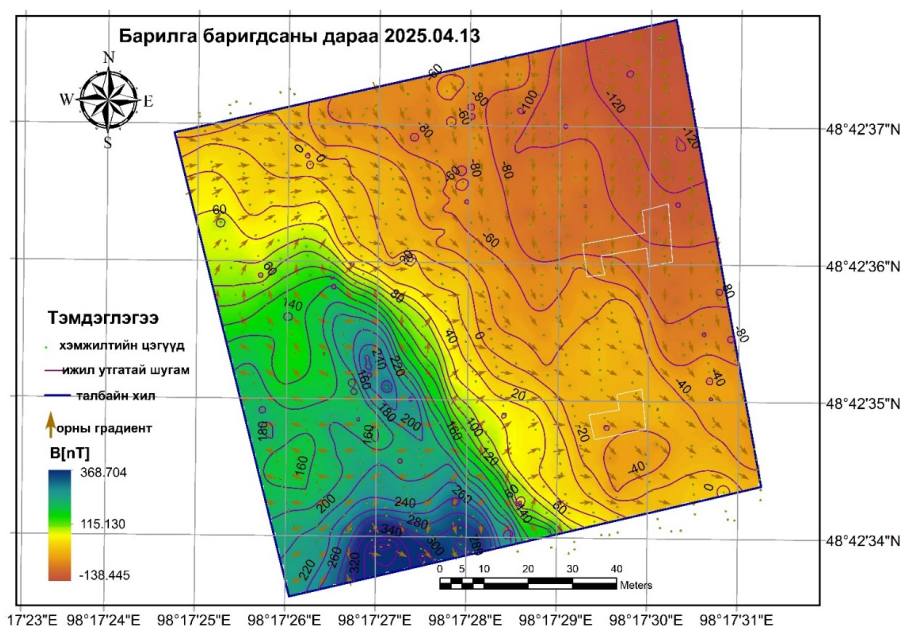
Дээрх 1 га талбайн аномаль геосоронзон орны түгэлтийн зураглалаас харахад уг талбайг баруун өмнөд хэсэгт максимум нь 360нТ хүрэх, хүчтэй эерэг аномаль орон илэрч байна. Мөн 20нТ завсартай, ижил утгатай шугамуудын дүрслэлээс харахад энэ хүчтэй эерэг аномалийн орчимд шугамууд нягтарч, хоорондох зай нь багассан байна. Харин энэ хүчтэй аномалиас холдоход орны градиент суларч, 20нТ завсартай ижил утгатай шугамуудын хоорондох зай ихсэж, талбайн зүүн хэсэгт шугамуудын хоорондох зай хамгийн их утгадаа хүрч, орны локаль өөрчлөлт минимум утгадаа хүрч байна. Тиймээс бид энэ 1га талбайн зүүн хэсэгт хоёр байрлалд абсолют хэмжилтийн байрны (30 м^2), вариацийн хэмжилт хийх (40 м^2) нүхэн байрны барилга барих талбайг сонгов. Соронзон оргилын барилга баригдаж дууссаны дараа (2025.04.13)-нд энэ талбайд өмнөх хэмжилттэй ижил нөхцөлөөр 20 профилиудын дагуу хэмжилт хийж, уг талбайд харгалзах аномаль геосоронзон орны түгэлтийн зураглалыг гаргав. Үүнийг Зураг. 3-т үзүүлэв. Энэ зургаас харахад барилга баригдсан талбайн хэсэг дэх орны градиентийн чиглэл өөрчлөгдөөгүй байна. Харин ижил утгатай шугамын хоорондох зай нь ихэссэн мэт харагдаж байгаа нь хэмжилт хийгдсэн профилийн тоо цөөрсөнтэй холбоотой байж мэднэ.

5.1. Соронзон мэдрэх чадвар

Уг талбайд харгалзах соронзон мэдрэх чадварыг тодорхойлох зорилгоор соронзон оргилын зөвшөөрөл олгогдсон 1га талбайд (2024. 04.05)-нд болон (2025.04.13)-нд тус тус хэмжилт хийв. Хэмжилтийн өгөгдлүүдийг дээр дурдсан инверсийн аргаар боловсруулж, барилга барихаас өмнөх болон барилга барьсны дараах газрын нимгэн үе давхаргын соронзон мэдрэх чадварын 3D загварыг боловсруулав. Барилга барихаас өмнөх (2024.04.05)-ны хэмжилтийн үр дүнгээр гаргасан газрын соронзон мэдрэх чадварын 3D загварыг Зураг. 4-т, харин барилга баригд-



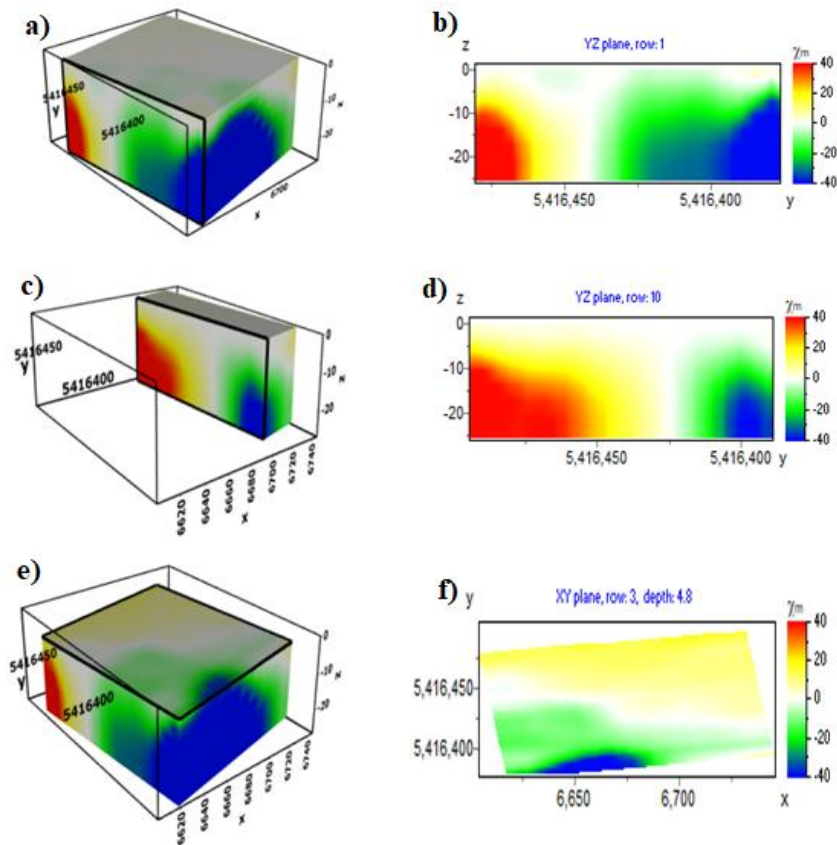
Зураг 2. Оргил барихаас өмнөх, аномаль геосоронзон орны түгэлт 2024.04.05.



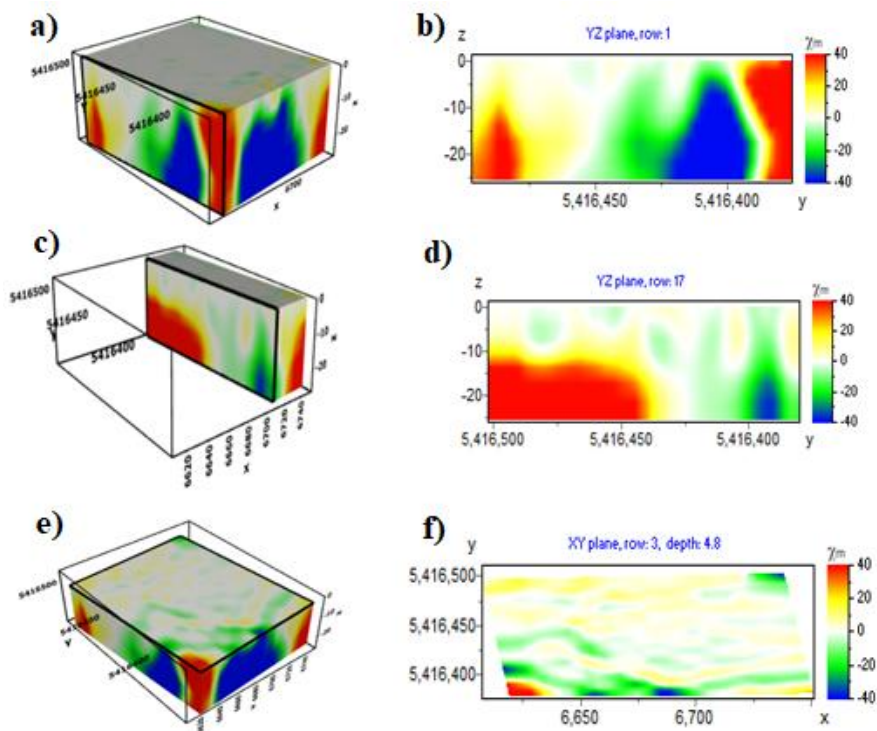
Зураг 3. Оргил барьсны дараах, аномаль соронзон орны түгэлт 2025.04.13.

саны дараа (2025.04.13)-нд хийгдсэн хэмжилтийн үр дүнгээр гаргасан 3D загварыг Зураг. 5-т тус тус үзүүлэв. Эдгээр загваруудыг харьцуулан судалснаар барилга барих үйл явц нь тухайн талбайн газрын нимгэн үе давхаргын соронзон мэдрэх чадварт хэрхэн нөлөөлж буйг тодорхойлох боломж бүрдсэн болно. Зураг. 4-т барилга баригдахаас өмнөх 1 га талбайн 25 м зузаантай давхаргын соронзон мэдрэх чадварын 3D загварыг үзүүлэв. Зураг. 4 а, б-д энэ талбайн баруун

захын 1-р профилийг дайруулан босоо зүсэлт хийснийг үзүүлэв. Харин Зураг. 4с, д-д барилга баригдах байрлалыг дайруулан босоо зүсэлт хийснийг үзүүлсэн. Зураг. 4е, ф-д энэ талбайг 4.8м гүнээр хэвтээ зүсэлт хийж, барилга барихаас өмнө ямар байсныг үзүүлэв. Зураг. 5 (2025.04.13)-д хийгдсэн хэмжилтээр тодорхойлогдсон 1га талбайн соронзон мэдрэх чадварын 3D загварыг үзүүлсэн бөгөөд зүсэлтүүдийг дээрхтэй ижил нөхцөлөөр хийв. Зураг. 4d ба 5d-зургийг харь-



Зураг 4. Барилга барихаас өмнөх хэмжилтээр хийгдсэн газрын 3D соронзон мэдрэх чадварын зураглал. (b,d,f)- нь газрын соронзон мэдрэх чадварын зүсэлт хийгдсэн 2D зураглал.



Зураг 5. Барилга баригдсаны дараа хийгдсэн газрын 3D соронзон мэдрэх чадварын зураглал. (b,d,f)- нь газрын соронзон мэдрэх чадварын зүсэлт хийгдсэн 2D зураглал.

цуулан үзэхэд газрын нимгэн үе давхаргын соронзон мэдрэх чадвар нь 10м-ээс доош гүнд харьцангуй бага өөрчлөгджээ. Харин 10м хүртэлх гүнд, барилгын нөлөөгөөр хөндөгдсөн хэсэгт соронзон мэдрэх чадвар харьцангуй их өөрчлөгдсөн байна. Тухайлбал ногоон, шар, цагаан өнгөнүүд холилдож, энэ хэсгийн соронзон мэдрэх чадварын нэгэн төрөл чанар нь алдагдсан байна. Энэ нь ухсан нүхийг өөр газраас авч ирсэн соронзон мэдрэх чадвар нь ялгаатай элс, хайргаар дүүргэсэнтэй холбоотой байх. Хөндөгдөөгүй газрын хувьд хүнд даацын машин техник явж, энэ үе давхаргыг нягтруулсантай холбоотойгоор соронзон мэдрэх чадвар нь өөрчлөгдсөн байх. 1га талбайг 4.8м гүнтэйгээр хэвтээ хавтгайгаар огтолсон хэсгийн Зураг. 4f ба 5f- зургийг харьцуулан үзэхэд барилгын ажил хийгдэхээс өмнөх 4f-зурагт соронзон мэдрэх чадвар нь харьцангуй жигд тархалттай байгааг харж болно. Барилгын ажил хийгдсэний дараах соронзон мэдрэх чадварын Зураг. 5f зургаас үзэхэд нэгэн төрөл чанар нь алдаж, цагаан, шар, ногоон өнгө холилдсон байна. Энэ нь хүнд техникийн нөлөөгөөр үе давхарга нягтарсан болохыг илтгэж байна.

6. Дүгнэлт

1. Хашга уулын ар шилд сонгон авсан 1га талбайн аномаль орны түгэлтийн 2D зураглалаар талбайн баруун урд захад орших ($\max=360\text{нТ}$) эерэг утгатай хүчтэй аномалийг илрүүлэв. Энэ аномалийн орчимд орны градиент харьцангуй их, 20нТ завсартай ижил утгатай шугамуудын хоорондох зай нь бага байв. Энэ хүчтэй аномаль орноос холдоход орон нь суларч, 20нТ завсартай ижил утгатай шугамуудын хоорондох зай нэмэгдэж байна. Талбайн зүүн хэсгээр орны градиент бага бөгөөд жигд байв. Тиймээс талбайн зүүн хэсэгт хоёр байрлалд абсолют хэмжилтийн байрны (30м^2), вриацын хэмжилт хийх нүхэн байрны барилга барих (40м^2) талбайг сонгов.
2. Соронзон оргил ашиглалтад орсны дараа (2025.04.13)-нд энэ талбайд дээрхтэй ижил нөхцөлөөр 20 профилийн да-

гууд хийгдсэн хэмжилтээр аномаль орны түгэлтийн 2D зураглалыг гаргав. Энэ зураглалаас харахад (2024.04.05)-ны зураглалтай давхцал нь 90 гаруй хувьтай байна. Талбайн зүүн хэсэг дэх ижил утгатай шугамыг хоорондох зай ба хэлбэр нь яльгүй хувирчээ. Энэ өөрчлөлт нь (2025.04.13)-д хэмжилт хийгдсэн профилиудын хоорондох зай ихэсэнтэй холбоотой гэж дүгнэж болохоор байна. Эцэст нь хэлэхэд соронзон оргилын барилгаас болж газрын гадарга дээрх аномаль орны түгэлтэд онцгой өөрчлөлт гарсангүй.

3. Барилга барихын өмнөх ба барилга барьсны дараах газрын нимгэн үе давхаргын соронзон мэдрэх чадварын харьцуулсан судалгаанаас харахад 10м гүнээс доош хэсэгт соронзон мэдрэх чадвар нь харьцангуй бага өөрчлөгджээ. Харин 10м хүртэлх гүнд барилга баригдсаны дараах соронзон мэдрэх чадварт их өөрчлөлт орсон болох нь харагдаж байна. Энэ нь нүхний дүүргэлтийн элс ба хайрганы соронзон мэдрэх чадвар нь орчны соронзон мэдрэх чадвараас ялгаатай байсныг илтгэнэ. Мөн энэ талбай нь барилгын явцад хүнд даацын машин техникийн нөлөөгөөр нягтарч, үе давхаргын соронзон мэдрэх чадвар нь өөрчлөгдсөн байна.
4. Эцэст нь хэлэхэд барилгын явцад соронзон оргилын үйл ажиллагаанд хүчтэй нөлөөлөх онцгой ноцтой өөрчлөлт судалгаагаар тогтоогдсонгүй. Дээр дурдсан өөрчлөлт хувиралт нь оргилын үйл ажиллагаанд хүчтэй нөлөө үзүүлэхээргүй байна. Мөн барилгыг барихад ферросоронзон шинж чанаргүй, цемент, арматур, дулаалгын материалуудыг сонгон ашиглаж чадсан байна гэж дүгнэв.

Ашигласан номзүй (References)

- Blakely, R. J., 1995. *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*, Cambridge University Press, New York, NY, USA.
- Campbell, W. H., 2003. *Introduction to Geomagnetic Fields*, Cambridge University Press, 2nd edn.

-
- Curto, J. J., Torta, J. M., & Marsal, S., 2007. Quality control of ebro magnetic observatory data using momentary values, *Earth, Planets and Space*, **59**, 1187–1196, <https://doi.org/10.1186/BF03352066>.
- Ismail, S. A. et al., 2015. An integrated study of gravity and magnetic data to determine subsurface structure and depth to basement in alamein area, western desert, egypt, *Journal of Applied Geology and Geophysics*, **3**(6), 11–29.
- Maus, S., Macmillan, S., Lowes, F., & Rother, M., 2005. The international geomagnetic reference field: The tenth generation, *Earth, Planets and Space*, **57**(12), 1135–1140, <https://doi.org/10.1186/BF03351933>.
- Parkinson, W. D., 1983. *Introduction to Geomagnetism*, Scottish Academic Press.
- Press, W. H., Teukolsky, S. A., Vetterling, W. T., & Flannery, B. P., 2007. *Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing*, Cambridge University Press, 3rd edn.
- Ravat, D., 2012. Magnetic susceptibility of rocks and environmental magnetism applications, *Journal of Applied Geophysics*, **80**, 1–15, <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2012.03.004>.
- Reynolds, J. M., 2011. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*, Wiley-Blackwell, 2nd edn.