

ЦЭВДГИЙН ГЭСГЭЛҮҮН (ЦОНХ)-Г ОЛЖ УСАН ХАНГАМЖИЙН АСУУДЛЫГ ОНОВЧТОЙ ШИЙДЭХ НЬ

Ё. Амарбаясгалан¹, Я. Жамбалжав¹, Т. Нiyama², А. Дашцэрэн¹

¹ Монгол улсын Шинжлэх ухааны академийн Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэн,

² Япон улсын Нагоягийн их сургуулийн Хүрээлэн буй орчин-Дэлхий судлалын хүрээлэн

e-mail: hydro.amjilt@gmail.com

Abstract;

The Khangai mountain region is especially interesting for studying permafrost. To detect the unfrozen zone in the permafrost / talik /, we carried out 2D tomography of electrical resistance using the Syscal R1 + instrument. Six ERT profiles, 475 m long and 80 m deep, were used here. As a result of the interpretation of this study, we found several types of taliks in permafrost and we recommend choosing drilling sites for water supply along these profiles. It is best to use the ERT survey with other surveys such as excavation and drilling. There are several taliks by type and origin, such as closed talik, open talik, hydrothermal talik, isolated talik, lateral talik, etc. Open hydrothermal taliks are more suitable for water supply in rural areas of Mongolia.

Түлхүүр үг: Гэсгэлүүн, газрын доорх ус, нээлттэй, хаалттай гэсгэлүүн, цэвдэг, цахилгаан хайгуулийн томографи

ОРШИЛ

Цэвдэг бол байгаль, нийгмийн олон талын ач холбогдолтой байгалийн баялаг юм. Тухайлбал цэвдэг нь газар доорх усны тэжээмж, тархалт, газрын гадаргад ил гарах, усны нөөцийг тогтоон барих, химийн найрлага бүрэлдэх, байгаль цаг уурын болон экосистемийн тэнцвэрт байдлыг хангах зэрэг олон эерэг талуудтай. Нөгөө талаар цэвдэгтэй бүс нутагт хотжилт, үйлдвэр, уурхайн барилга байгууламж барих, зам гүүр тавих түүнчлэн усан хангамжийн худаг өрөмдөх гэх мэт дэд бүтэцийг хөгжүүлэх бүтээн байгуулалтын ажлыг цэвдгийн судалгааны үндсэн дээр хийгээгүйн улмаас барилга байгууламжийн суурь гажих, суух, цуурах, ан цав үүсч улмаар эвдрэх, нурах, цэвдэг дэх өрөмдмөл худаг хөлдөх зэрэг сөрөг нөлөө үзүүлдэг байна (Амарбаясгалан, Жамбалжав, 2014).

Газар доорх усны тэжээл, хуримтлал, тархалт, илэрцийн муж, усны нөөцийг тогтоон барих, химийн найрлага бүрэлдэх, байгаль цаг уурын болон экосистемийн тэнцвэрт байдлыг хангах зэрэгт цэвдэг нь эерэг нөлөө үзүүлэх олон талуудтай (Шархүү, 1974, Жамбалжав, 2009, Iijima, 2012, Dashtseren, 2015, Жамбалжав, 2017, Ishikawa, 2019). Монгол орны нутаг дэвсгэрийн 29.3 %-д нь цэвдэг чулуулаг тархсан байдаг (Я. Жамбалжав ба бусад, 2016).

Дулааны, гидрологийн, гидрогеологийн, гидрогеохимийн локаль аномал нөхцөлд цэвдгийн дээр, доор, дунд, дотор, мөн нэвт гэсгэлэн үе давхарга тохиолддог. Үүнийг гэсгэлүүн буюу талик (talik) гэдэг (van Everdingen, 1998, Кудрявцев, 1978). Гэсгэлүүнийг дотор нь хаалттай гэсгэлүүн, нээлттэй гэсгэлүүн гэхээс гадна гарал үүслээр нь радиацийн дулааны, гидрогений, гидрогеогений, мөстлөгийн, химогений, вулканогений, техногений гэж ангилсан байдаг (Кудрявцев, 1978). Газрын доорх усны хөдлөл зүй, түүний тэжээлийн, шилжилт хөдөлгөөний, илэрцийн мужууд нь цэвдэг хөрсний зүй тогтол, гэсгэлүүний онцлог зэргээс ихээхэн хамааралтайгаар өөрчлөгддөг.

Гэсгэн төлөвтэй ус нэвтрүүлэгч байсан бол хөлдүү төлөвт ус үл нэвтрүүлэгч болдог, гэсгэн төлөвт бүх талбайгаараа хурын усаар тэжээгдэх боломжтой газрууд хөлдүү төлөвт зөвхөн гэсгэлүүнээр дамжуулж тэжээгддэг онцлогтой (Hugh M. French, 2007).

Газрын доорх усны хөдлөлөөр тухайн орчны хөрс чулуулгийн физик шинж чанарыг өөрчлөөд зогсохгүй кондуктив дулаан урсгалыг нэмэгдүүлэх замаар цэвдэг бүрэлдэж буй болохгүй байх (гэсгэлүүн үүсэх) нөхцлийг бүрдүүлдэг. Цэвдэгт бүс нутгийн газрын доорх усыг цэвдгийн дээрх, цэвдгийн доорх, цэвдэг хоорондын, цэвдэг дундах гэж ангилахаас гадна нэвт гэсгэлүүний ус гэж ангилдаг (Романовский, 1966). Цэвдэгт бүсийн газрын доорх усны энэхүү төрлүүдийг зөв тодорхойлж илрүүлж ашиглах нь нийгэм эдийн засгийн чухал ач холбогдолтой. Жишээлбэл, цэвдгийн доорх ус нь ихэнх тохиолдолд даралттай байдаг бол зарим тохиолдолд даралтгүй байх онцлогтой. Хэрэв цэвдгийн доорх даралттай усыг илрүүлж өрөмдлөг хийхэд даралтат ус дээш хөөрч тодорхой төвшинд тогтож улмаар хөлддөг бол даралтгүй ус нь дээш хөөрөхгүй учир хөлддөггүй онцлогтой. Мөн цэвдэг хоорондын нэвт гэсгэлүүний усыг илрүүлж ашиглаж чадвал энэ нь хөлддөггүй.

Цэвдэгтэй бүс нутагт ялангуяа хүйтэн сэрүүний улиралд сум орон нутгийн унд ахуйн болон бэлчээрийн усан хангамжийг оновчтой шийдвэрлэх нь нийгэм эдийн засгийн төдийгүй орон нутгийн тогтвортой хөгжилд ихээхэн ач холбогдолтой. Бидний хээрийн судалгааны ажлын үед зарим бүс нутагт цэвдгийн асуудлаас болж унд ахуйн усан хангамжийн худаг нь хөлдөөд ажиллагаагүй болсон, зарим бүс нутагт бэлчээрийн усан хангамжийн хомс байдлаас болж төл мал, зарим зэрлэг амьтад харангадсан байдал ажиглагдаж байсан. Энэ асуудлыг судлаачдын үнэлэлт дүгнэлт, судалгаа шинжилгээний үр дүнг ашиглан эдийн засгийн үр өгөөжтэй, орон нутгийн иргэд, малчдад ээлтэй байдлаар шийдвэрлэх боломжтойг Хангайн уулархаг нутагт хийсэн геофизикийн цахилгаан хайгуулын томографын судалгааны үр дүнгээр жишээ болгон харуулж байна. Цахилгаан хайгуулын томографын хэмжилтээр эрс ялгарч гарч байгаа хэсгийг харуулж гэсгэлүүн гэж үзсэн болно. Хэрэв цахилгаан эсэргүүцлийн утга **0-200Ωм** хооронд байвал устай үе давхарга буюу устай гэсгэлүүн гэж үзсэн бол **>1000Ωм** бол цэвдэгтэй, **>2000Ωм**-ээс дээш бол мөсжилт ихтэй цэвдэг гэж үзэв. Харин **<585Ωм** бол бүх зүсэлтэнд идэвхитэй давхарга гэж үзсэн бол **585-1000Ωм** хооронд байвал хөлдөөгүй усны агууламж өндөртэй дулаан цэвдэгтэй хэсэг, эсвэл ус агуулаагүй гэсгэлүүн гэж үзэв.

СУДАЛГААНЫ ТАЛБАЙН ЕРӨНХИЙ НӨХЦӨЛ

Хангайн уулархаг нутаг нь Монгол орны төв болон баруун хойд хэсэгт (х.ө 46°-52°, б.у 96°-102°) д.т.д 900-4021 м өндөр өргөгдөн, дэлхийн усны хагалбар болон оршдог. Цэвдэг чулуулаг оршин тогтнох байгаль, цаг уурын нөхцөл бүрдсэн тус бүс нутагт мөнх цастай Отгонтэнгэр уул, Эг, Таргавагатай, Булнай зэрэг томоохон нуруудтай, хамгийн өндөр цэг нь Отгонтэнгэр хайрхан, ноён оргил, д.т.д. 4021 м. Чулуут, Хануй, Хүнгүй, Тамир, Орхон, Онги, Түй, Таац, Байдраг, Завхан зэрэг томоохон голууд Хангайн нурууны тэр л цэвдгийн үргэлжилсэн тархалттай бүсээс эх аван урсдаг.

Монгол орны хамгийн их цэвдэг тархсан бүс нутаг нь Хангайн уулархаг нутаг ба энд нийт цэвдэг тархах боломжит талбайн 38.1% ноогддог бөгөөд үргэлжилсэн, тасалданги, алаг цоог, тохиолдлын тархалттай цэвдэгтэйгээс (Жамбалжав, 2017 ба бусад) гадна янз бүрийн нөлөөлөлтэй гэсгэлүүнтэй. Хужирт, Шаргалжуулт, Отгон, Улаан хаалга зэрэг халуун рашааны нөлөөллөөр гидротермаль гэсгэлүүнтэй бол Тэрхийн цагаан, Тэлмэн зэрэг

томоохон нуурнууд болон томоохон голын дагуу нэвт гэсгэлүүнтэй. Мөн зарим нэгэн идэвхитэй тектоник хагарлын дагуу геотермаль гэсгэлүүн байх боломжтой. Энэхүү янз бүрийн гарал үүслийн гэсгэлүүнтэй холбоотойгоор Хангайн нуруунд олон тооны халиа тошин үүссэн байх нь хааяагүй тохиолддог. Өөрөөр хэлбэл энэ бүс нутагт газрын доорх усны тэжээлийн, хуримтлалын, шилжилтийн болон илэрцийн муж нь цэвдэг, түүний тархалт, гэсгэлүүн зэргийн зүй тогтлоор тодорхойлогдоно.

СУДАЛГААНЫ АРГАЗҮЙ

Дэлхийн царцдасын геологийн тогтоц, ашигт малтмалын ордын болон газрын доорх усны эрэл хайгуулын ажилд өргөн хэрэглэгддэг геофизикийн аргуудын нэг бол цахилгаан хайгуулын арга юм.

Цахилгаан эсэргүүцлийн арга нь хоёр электродын хооронд цахилгаан гүйдэл дамжуулж нөгөө хоёр электрод дээр гүйдлийн хүчдлийн зөрүүг хэмждэг. Хэмжилтийн үр дүнгээс хувийн цахилгаан эсэргүүцлийг хэмжилтийн тухайн аргын геометр факторыг хүчдэлийн зөрөөг гүйдэлд хуваасанд үржүүлэх замаар тодорхойлно.

$$\rho_a = k * \frac{\Delta V}{I};$$

Үүнд:

ρ -хувийн цахилгаан эсэргүүцэл

k -геометр фактор

ΔV -хүчдлийн зөрөө

I -гүйдэл

Хувийн цахилгаан эсэргүүцлийн хэмжигдсэн хэдэн зуун, мянган утгыг инверсийн программ хангамжийн тусламжтайгаар хөрс чулуулгийн бодит цахилгаан эсэргүүцэл болгон гаргаж авдаг (Loke, 2001).

Геофизикийн хайгуулын “Цахилгаан эсэргүүцлийн болон албадмал туйлшрал”-ын аргууд нь 2 болон 3 хэмжээст зүсэлтийг талбайн болон гурван хэмжээсээр байгуулах орчин үеийн аргачлал юм. Нэг хэмжилтээр 2 хэмжээст хэмжилтэд хэдэн арван мянга хүртэл, 3 хэмжээстэд хэдэн зуун мянга хүртэл өгөгдөл цуглуулдаг. Энэхүү их өгөгдлийг тусгай программ хангамжуудын тусламжтайгаар боловсруулж инверсийн зүсэлтийн зураг хэлбэрээр ерөнхий үр дүнг гаргадаг. Цахилгаан томографи нь гол төлөв 50-60 метрийн гүний судалгааг гүйцэтгэдэг ч хэмжих бололцоотой доод гүн нь 100 м. Бид энэхүү судалгаанд уст давхаргын гүн, үе давхарга дэх гэсгэлүүнийг тодорхойлох зорилгоор Веннерийн арга зүйд үндэслэсэн “Цахилгаан эсэргүүцлийн томографи (ERT)” -н аргыг ашигласан. Францын “IRIS INSTRUMENTS” үйлдвэрийн SYSCAL R1+ болон SWITCH PRO багажуудыг ашиглаж цахилгаан эсэргүүцлийн томографын хэмжилт хийсэн. Тус багаж нийт 2 суваг, 96 электродтой бөгөөд электрод хоорондын зай 5 м, нэг хэмжилтээр 485 м хүртэлх газрын доорх цахилгаан эсэргүүцлийн мэдээллийг цуглуулах боломжтой юм.

СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Цэвдгийн дээрх гэсгэлүүн дэх ус нь улирлын хөлдөлт гэсэлттэй холбоотойгоор даралттай, даралтгүй болохоос гадна харьцангуй хомс нөөцтэй хур тундаснаас ихээхэн хамааралтай байдаг. Мөн зарим жижиг нуур, голын хөндий дэх цэвдгийн дээрх хаалттай гэсгэлүүн нь

хувьсал, хөгжлийн явцад цэвдгийн дундах гэсгэлүүн болж өөрчлөгддөг ба үүнийг криопеги гэж нэрлэдэг. Криопеги нь өндөр эрдэсжилтэй, унд ахуйн усанд тохиромжтой бус байдаг. Мөн цэвдэг хоорондын ус нь өндөр эрдэсжилтэй байдаг тул унд ахуйн усан хангамжинд тохиромж муутай байх боломжтой. Иймд цэвдгийн доорх түрлэггүй уст давхарга, эсвэл нэвт гэсгэлүүн дэх усжсан хэсгийг олох нь найдвартай, цэнгэг байх болно.

Энд Хангайн нурууны өвөр талд орших Баянхонгор аймгийн Баянбулаг сумын төв орчимд, Галуут сумын нутагт орших Олгой нуурын хөндийд, Хангайн нурууны ар талд Архангай аймгийн Өндөр-Улаан сумын нутагт Чулуутын голын хөндийд тус тус хийсэн цахилгаан хайгуулын томографын 2D хэмжилтийн үр дүнг харуулсан.

Хөрс чулуулгийн бүтэц, ус чийгний хангамж, төлөв (хөлдүү эсвэл гэсгэн) зэргээс хамаарч цахилгаан эсэргүүцлийн утга нь өргөн дипазонд хэлбэлзэнэ. Газрын доорх ус ($\sim 10^1$ - $10^2 \Omega\text{м}$) болон мөсний (10^3 - $10^6 \Omega\text{м}$) цахилгаан эсэргүүцлийн эрс зөрүүтэй байдлаас хөлдүү болон гэсгэлэн хөрсийг ялган зураглах боломтой болдог. Гэвч тухайн хөрсний мөсжилт, хөлдөөгүй усны хэмжээ, температур, хөрс чулуулгийн бүтэц зэргээс хамаарч цахилгаан эсэргүүцлийн утга өөр өөр байхаас гадна нам бага байх тохиодол байдаг (Lewkowicz, et al., 2011, Ishikawa et al., 2015, Yanhui, et al., 2012).

Баянхонгор аймгийн Баян булаг сумын төвийн урд талын булгийн гольдрол орчимд хийсэн 475 м-ийн шугаман хэмжилт судалгааны, босоо зүсэлтийн (зураг 1) үр дүнгээс харахад ялангуяа мөсжилт ихтэй цэвдгийн дээрх идэвхитэй давхаргын зузаан 5 м орчим байна.

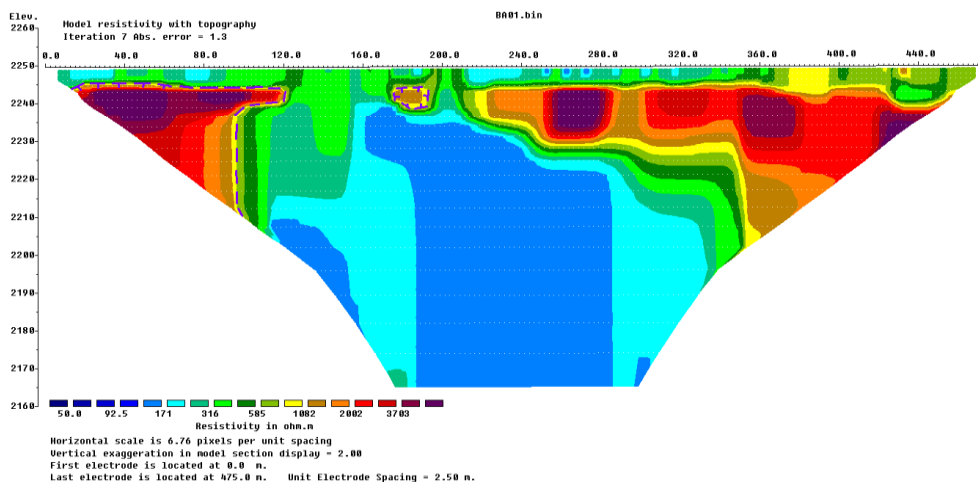


Зураг 1. Баянбулаг сумын төвийн урд, булгийн орчимд хийсэн Хэмжилт-1, 2 зүсэлтийн байрзүйн зураг.

Энэ улирлын гэсэлтийн гүнийг тус сумын цаг уурын станцын хашаанд орших цэвдгийн мониторингийн цооногийн мэдээгээр тодорхойлов. ERT зүсэлтийн дагуу идэвхитэй давхаргын зузааны хэмжээнд ихэнхдээ эсэргүүцлийн утга нь $585 \Omega\text{м}$ -ээс бага бол $375 \Omega\text{м}$ -ээс $395 \Omega\text{м}$ -ийн хооронд, $435 \Omega\text{м}$ -ээс $437.7 \Omega\text{м}$ хооронд $\sim 1082 \Omega\text{м}$, $\sim 1471.5 \Omega\text{м}$ тус тус байгаад зогсохгүй идэвхитэй давхаргын зузаан $>5 \Omega\text{м}$ -ээс их байна. Эхний цэгээс $120 \Omega\text{м}$ -ийн хооронд мөсжилт ихтэй цэвдэг нэлээдгүй зузаалагтай орших бол $120 \Omega\text{м}$ ба $180 \Omega\text{м}$ хооронд хөлдөөгүй усны агууламжтай дулаан цэвдэгтэй, эсвэл гэсгэлүүн хэсэг оршино. $180 \Omega\text{м}$ ба $195 \Omega\text{м}$ хооронд жижиг хэмжээтэй цэвдгийн арал орших бол $195 \Omega\text{м}$ -ээс $210 \Omega\text{м}$ хооронд нэвт гэсгэлүүн оршино.

Харин 210м-ээс хэмжилтийн төгсгөл хэсэг хүртэл үргэлжилсэн цэвдэгтэй бөгөөд 250-285м, 310м-ээс хэмжилтийн төгсгөл хүртэл мөсжилт ихтэй цэвдэгтэй байна (Зураг 2).

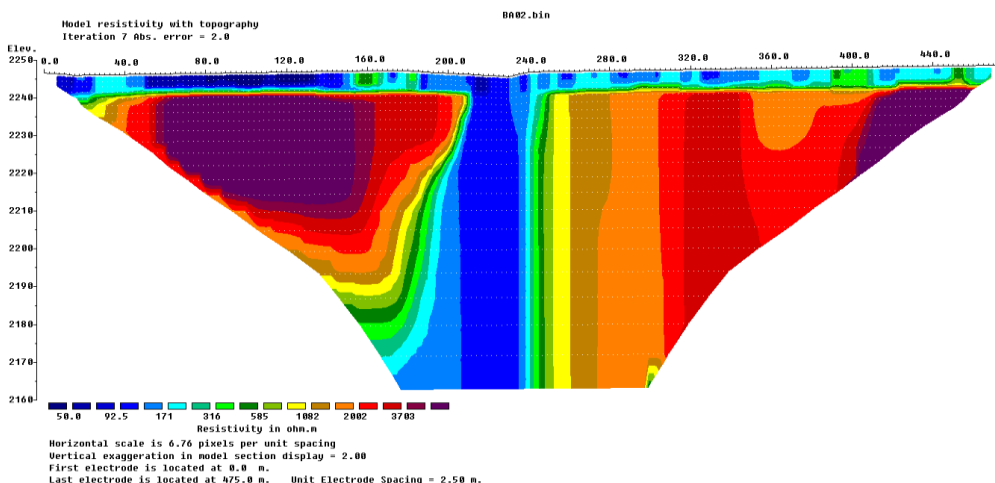
Мөн зүсэлтийн дагуу гэсгэлүүн гадарга дээр илэрч гарч ирэхээс зүсэлтийн төгсгөл хүртэл цэвдгийн зузаан нэмэгдэнэ. Энэхүү хэмжилтээр тогтоогдсон гэсгэлүүн нь нэвт гэсгэлүүн болно.



Зураг 2. Баянбулаг сумын төвийн урд, булгийн орчим, хэмжилт-1 зүсэлтийн цахилгаан хайгуулын томографи (ERT зүсэлт).

Баянбулаг сумын нутаг дэвсгэрт хийсэн хоёрдугаар зүсэлт нь булгийн эхэнд хийгдсэн болно. Уг зүсэлтэнд эрс ялгаатай зүй тогтол тодорхой ялгарч зураглагдсан байна (Зураг 3). Зүсэлтийн дагуу $<585\Omega\text{m}$ эсэргүүцэлтэй гадаргаасаа 5м орчим зузаантайгаар идэвхитэй давхарга нь илт ялгарна. Зүсэлтийн төв хэсэгт 210-245м хооронд $<232.56\Omega\text{m}$ эсэргүүцэлтэй нэвт гэсгэлүүн мөн л илт ялгарна. Бусад хэсэгт өндөр эсэргүүцэлтэй цэвдэг давхарга нэлээдгүй зузаалгатайгаар үргэлжлэн оршино.

Баянбулаг сумын төвийн хоёр хэмжилтийн унд ахуйн усан хангамжинд хамгийн тохиромжтой нь хоёрдугаар зүсэлтийн 210-245м хэсэг болно.



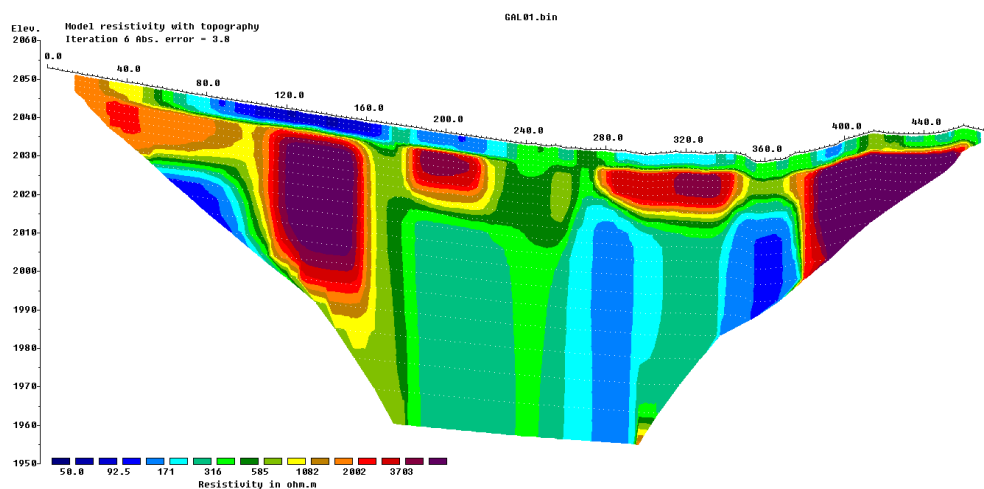
Зураг 3. Баянбулаг сумын төвийн урд, булгийн орчим, хэмжилт-2 зүсэлтийн цахилгаан хайгуулын томографи (ERT зүсэлт).

Баянхонгор аймгийн Галуут сумын Олгой нуурын хөндийд хийсэн нэгдүгээр зүсэлт нь уулын ар хажуу, түүний бэл хормойн хэсгийн булаг намагтай хэсэг, мөн зэргэлдээ орших бөөргийг хөндлөн зүснэ (зураг 4). Уулын ар хажуу нь делюви-пролювийн хурдас болох элс, элсэнцэр дүүргэлттэй хайрга, бул чулуу голчлон зонхилох бол зүсэлтийн нөгөө талд нуурын гаралтай шаварлаг хурдас зонхилно.



Зураг 4. Галуут сумын нутаг, Олгой нуурын хөндийд хийсэн Хэмжилт-1, 2 зүсэлтийн байрзүйн зураг.

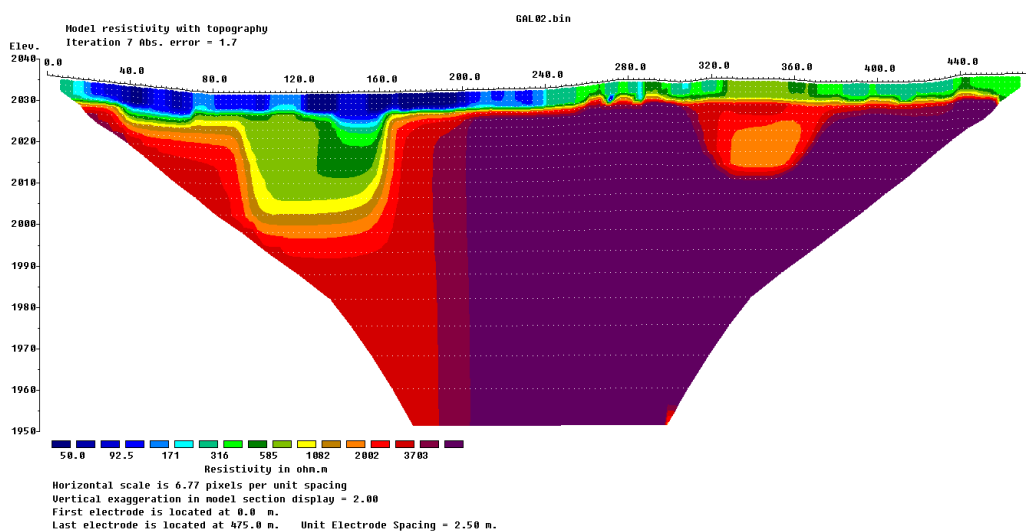
Олгой нуурын хөндийд хийсэн хэмжилт судалгааны үр дүнгээс харахад Зүсэлтийн дагуу 3м (бөөрөгийн орой)-аас 5 м (ар хажуу)-ын хооронд идэвхитэй давхарга ($<585\Omega\text{m}$) эрс ялгарч зураглагдсан бол хэд хэдэн хэсэгт өндөр эсэргүүцэлтэй хэсгүүд ялгарна. $232.56\Omega\text{m}$ -ээс бага эсэргүүцэлтэй хэсгийг усаар ханасан хурдас чулуулаг гэж авч үзвэл зүсэлтийн 50-120м, 180-235м, 265-310м, 340-380м-т тус тус газрын доорх усаар ханасан цэвдгийн доорх гэсгэлүүн оршино. Харин $232.56\Omega\text{m}$ -ээс $795.6\Omega\text{m}$ -тэй хэсгүүд нь мөсжилт багатай, эсвэл хөлдөөгүй усны агууламжтай цэвдэг гэж үзэв. Мөн энэ хэсгийг бага усжилттай гэсгэлүүн гэж авч үзэж болно (Зураг 5).



Зураг 5. Галуут сумын Олгой нуурын хөндий, хэмжилт-1 зүсэлтийн

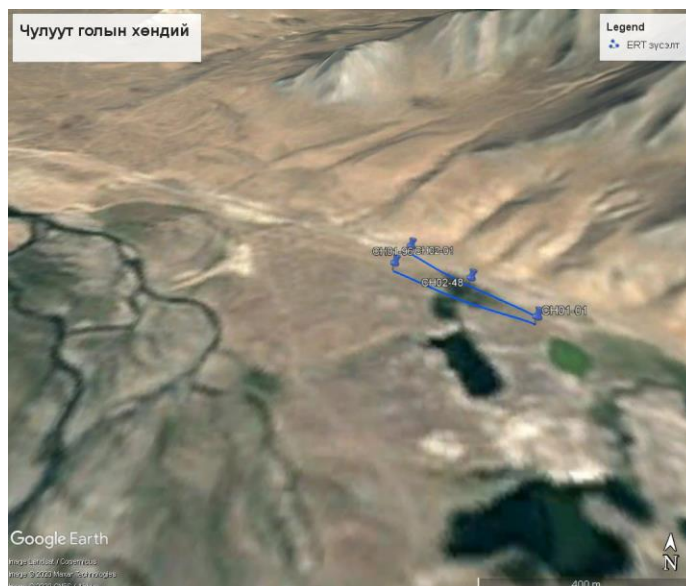
цахилгаан хайгуулын томографи (ERT зүсэлт).

Олгой нуурын хөндийн хоёрдугаар зүсэлт нь уулын бэл хормойн хэсэг болон нуурын гаралтай шавранцар хөрсний өргөгдсөн хэсгийг дайрна. Зүсэлтийн дагуу 3-5м зузаантай идэвхитэй давхарга ($<585\Omega\text{m}$) эрс ялгарч харагдах бол зүсэлтийн эхэн хэсэгт уулын бэл хормойн чийгшилт ихтэй хэсэг нам эсэргүүцлийн утга өгнө. Зүсэлтийн хэмжээгээр үргэлжилсэн өндөр эсэргүүцэлтэй цэвдэг хөрстэй бол 90-160м-т хаалттай цэвдгийн дээрх гэсгэлүүнтэй. Харин 310-375м хооронд цэвдгийн алдрал, эсвэл мөсжилт багатай цэвдэгтэй хэсэг оршино (Зураг 6). Олгой нуурын хөндийн энэ хоёр зүсэлтээс усан хангамжинд хамгийн тохиромжтой нь нэгдүгээр зүсэлтийн 270м, 360м орчимд оршино.

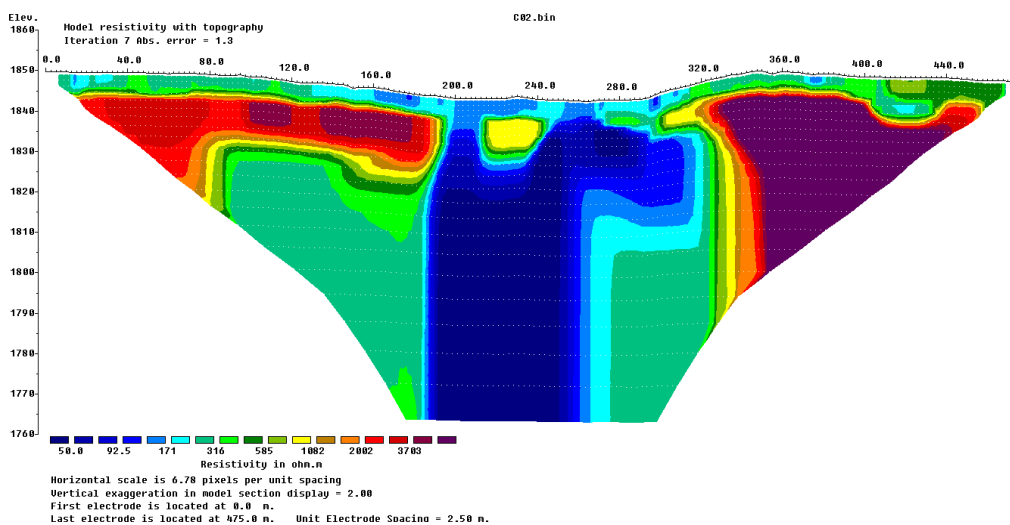


Зураг 6. Галуут сумын Олгой нуурын хөндий, хэмжилт-2 зүсэлтийн цахилгаан хайгуулын томографи (ERT зүсэлт).

Архангай аймгийн Өндөр-Улаан сумын нутаг, Чулуутын голын хөндийд хийсэн (Зураг 7) хэмжилт судалгааны үр дүнгээс харахад идэвхитэй давхарга илт ялгарч харагдахаас гадна хэмжилтийн төгсгөл хэсэгт цэвдгийн дээрх хаалттай гэсгэлүүн ялгарч харагдана. Мөн зүсэлтийн дагуу өндөр эсэргүүцэлтэй цэвдэгтэй бол 220 м-ээс 300 м-ийн зайд (100 орчим м өргөнтэй) усаар ханасан нэвт гэсгэлүүн оршино. Харин 230-245м, 275-295м-ын зурвас тус бүрд цэвдгийн жижиг арал оршино (Зураг 8).

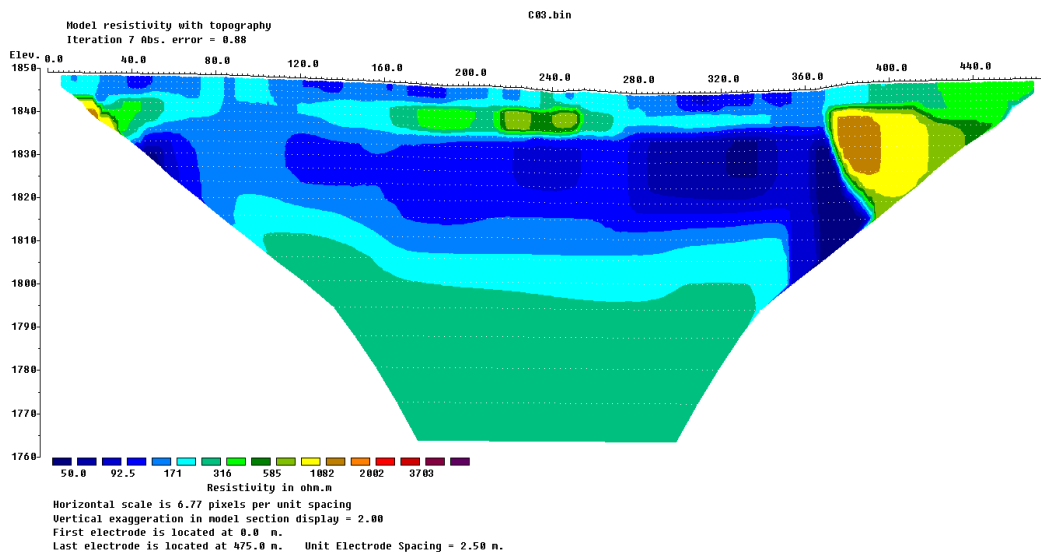


Зураг 7. Өндөр-Улаан сум, Чулуут голын хөндийд хийсэн Хэмжилт-1, 2 зүсэлтийн байрзүйн зураг.



Зураг 8. Архангай аймгийн Өндөр-Улаан сумын нутаг, Чулуутын голын хөндий, хэмжилт-1 зүсэлтийн цахилгаан хайгуулын томографи (ERT зүсэлт).

Архангай аймгийн Өндөр-Улаан сумын нутагт хийсэн хэмжилтийн 2 дугаар зүсэлтийн (зураг 9) үр дүнгээс харахад мөсжилт багатай дулаан цэвдэгт давхарга нь тодорхой хэмжээний хөлдөөгүй усны агууламжтай оршино. Зарим хэсэгт мөсжилт багатай цэвдэгт арал алаг цоогоор тархана. Зүсэлтийн ихэнхи хэсэгт усаар ханасан шавранцар хөрс, хөлдөөгүй усны агууламжтай дулаан цэвдэг тархана. Иймд зөвхөн цахилгаан хайгуулын хэмжилтээр уст үе давхарга, гэгсэлүүнийг ялгахад энд учир дутагдалтай болно. Чулуутын голын хөндийн энэ хоёр хэмжилтээс унд ахуйн усан хангамжинд хамгийн тохиромжтой нь нэгдүгээр зүсэлтийн 220-300м хооронд хэсэг болно.



Зураг 9. Галуут сумын Олгой нуурын хөндий, хэмжилт-2 зүсэлтийн цахилгаан хайгуулын томографи (ERT зүсэлт).

ДҮГНЭЛТ

Дээрх хэмжилт судалгааны үр дүнгээс дараах дүгнэлт гарч байна. Үүнд:

1. “Цэвдэгтэй бүс нутагт геофизикийн цахилгаан хайгуулын (ERT) аргазүйг орчин үеийн шинэлэг багаж хослуулан ашиглаж, унд ахуйн болон бэлчээрийн усан хангамжийг оновчтой шийдэх боломжтой”-г судалгааны үр дүн харуулж байна.
2. Гэвч энэхүү арга нь зардал төсөв багатай боловч шууд бус арга зүйд ордог. Иймд гэсгэлүүн, уст үе давхарга эрч ялгарч гарч чадахгүй байгаа хэсэгт нэмэлт өрөмдөлгийн аргазүйтэй хослуулах нь илүү оновчтой болно.
3. Цахилгаан хайгуулын томографын арга нь 2 хэмжээсээр хагас км уртыг хамарсан зүсэлт зураглал гаргаж байгаа тул гэсгэлүүний төрлийг ялгаж харуулж чадна.
4. Цэвдэгт бүс нутгийн газрын доорх ус, түүний тэжээгдэл, хуримтлал, шилжилт, илэрцийн бүс нь цэвдгийн орон зайн тархалтаар тодорхойлогдоно.
5. Цэвдэгт бүс нутгийн газрын доорх усыг ашиглах тохиолдолд түүний гэсгэлүүнийг олж илрүүлэх нь найдвартай усан хангамжийн эх болно.
6. Хэмжилт хийсэн Баянхонор аймгийн Баянбулаг сумын төвийн ундны усны баталгаат эх үүсвэргүй, зөвхөн сумын төвийн урд талын булагнаас хүн, малын ундны усны хэрэгцээг хангаж байгаа нь эрүүл ахуйн шаардлага хангахгүй байна. Энд хийсэн хоёр хэмжилт бүхий ERT зүсэлтийн 2 дугаар зүсэлтийн 230 орчим метрт унд ахуйн худаг гаргахад хамгийн тохиромжтой цэг болно.
7. Олгой нуурын хөндийд хийсэн хоёр хэмжилтийн нэгдүгээр хэмжилтийн 270м, 360м орчимд уст цэгийг байхаар өрөмдлөг малталтын ажлыг хийвэл илүү тохиромжтой байхаар байна.
8. Чулуутын голын хөндийд хийсэн хоёр хэмжилтийн нэгдүгээр зүсэлтийн 220-300м хооронд уст цэгийг байхаар төлөвлөвөл илүү тохиромжтой байхаар байна.

ТАЛАРХАЛ

Тус судалгааны ажлыг хийхэд санхүүгийн дэмжлэг үзүүлсэн Япон улсын Нагаояагийн их сургуулийн “Агаар мандал, дэлхий судлалын хүрээлэн” хээрийн хэмжилт судалгааны ажлыг хамтран хийж гүйцэтгэсэн Монгол улсын ШУА-ийн Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэнгийн Цэвдэг судлалын салбарын ЭШДА, Г. Цогт-Эрдэнэ, ЭШДада, Н. Нандинцэцэг нарт талархал дэвшүүлье.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

1. Мелников и др, 1974, Геокриологические условия Монгольской Народной Республики, издательство Наука, Москва,
2. Iijima Y, Ishikawa M, Jambaljav Y. Hydrological cycle in relation to permafrost environment in forest–grassland ecotone in Mongolia. *J Japan Assoc Hydrol Sci.* 2012; 42:119-130. [in Japanese with English abstract]
3. Dashtseren A, Study on the ground thermal regimes under a forest-steppe mosaic in the area of discontinuous permafrost, Mongolia, Doctoral Thesis, Hokkaido University, Japan
4. Жамбалжав ба бусад, 2017, Монгол орны цэвдгийн тархалт, өөрчлөлт, “Колорфул ХХК” хэвлэлийн газар, ISBN:978-99978-1-862-1
5. Ishikawa M, Jamvaljav Ya, Dashtseren A, et al. Thermal states, responsiveness and degradation of marginal permafrost in Mongolia. *Permafrost and Periglac Process.* 2018; 29:271–282. <https://doi.org/10.1002/ppp.1990>
6. Я.Жамбалжав ба бусад, 2016, Монгол орны цэвдгийн тархалтын зураг, масштаб 1:1000000
7. Van Everdingen, Multi-language glossary of permafrost and related ground-ice terms, International Permafrost association, The University of Calgary, 1998.
8. Кудрявцев В.А. Общее мерзлотоведение, Изд. -, пер. И доп. –М.:Изд-во МГУ, 1978
9. Hugh M. French. The periglacial environment. Third Edition. Chichester, UK: John Wiley and Sons Ltd; 2007
10. Максимова Л.Н, Перльштейн Г.З., Романовский Н.Н, Характер влияния надмерзлотных вод на температурный режим и мощность слоя сезонного оттаивания // Мерзлотные исследования. – Т.5. – 1966. – С.-26-42.
11. Loke, 2000, Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies, Copyright (1997, 1999, 2000) by Dr. M.H.Loke, email: mhloke@pc.jaring.my
12. You, Y., Yu, Q., Pan, X., Wang, X., and Guo, L. (2017) Geophysical Imaging of Permafrost and Talik Configuration Beneath a Thermokarst Lake. *Permafrost and Periglac. Process.*, 28: 470– 476. doi: [10.1002/ppp.1938](https://doi.org/10.1002/ppp.1938).
13. Lewkowicz, A.G., Etzelmüller, B. and Smith, S.L. (2011), Characteristics of Discontinuous Permafrost based on Ground Temperature Measurements and Electrical Resistivity Tomography, Southern Yukon, Canada. *Permafrost Periglac. Process.*, 22: 320-342. <https://doi.org/10.1002/ppp.703>
14. Ishikawa, M., and Yamkhin, J. (2016) Formation Chronology of Arsain Pingo, Darhad Basin, Northern Mongolia. *Permafrost and Periglac. Process.*, 27: 297– 306. doi: [10.1002/ppp.1877](https://doi.org/10.1002/ppp.1877).
15. Д. Лувсандарва “Хангай-Хөвсгөлийн уулархаг нутгийн олон жилийн цэвдэг чулуулаг” 1978 он. Улаанбаатар хот.

16. Н. Лонжид, Д. Бат-Эрдэнэ, Р. Ломборинчен, Б. Батаа, Н. Шархүү “Хангайн уулархаг нутагт 1987 онд явуулсан цэвдэгт-гидрогеологийн ажиглалт, судалгаа” сэдэвт эрдэм шинжилгээ, судалгааны ажлын тайлан 1988 он.
17. “МОГЗА-2014” (Монгол орны Газарзүйн асуудлууд), дотоодын эрдэм шинжилгээ, судалгааны сэтгүүл, Улаабаатар хот 2014 он.