

МОНГОЛ ОРНЫ ЦЭВДЭГТ БҮС НУТГИЙН АВТОЗАМЫН ЭВДРЭЛ, ТҮҮНИЙ ШАЛТГААН

Я.Жамбалжав¹, А.Саруулзаяа², Г.Цогт-Эрдэнэ³, Д.Дашжамц⁴

¹Монгол Улс, ШУА, Газарзүй-геоэкологийн хүрээлэн

⁴Монгол Улс, ШУТИС, БАС

jambaljav@gmail.com; saruulzaya@gmail.com; ddashjamts@must.edu.mn

Хураангуй

Монгол орны газар нутгийн 1/3 –д цэвдэг тархсан байдаг. Сүүлийн жилүүдэд аймгийн төвүүдийг хатуу хучилттай автозамаар холбох, баруун босоо тэнхлэгийн автозам, Эрдэнэт-Овоотын чиглэлийн төмөр зам зэрэг бүтээн байгуулалтын ажил идэвхтэй явагдаж байгаа. Эдгээр замуудын зарим хэсэг нь Монгол орны цэвдэгт бүс нутгийг дайран өнгөрч байна. Гэвч баригдсан замын зарим хэсэгт цэвдгийн гэсэлт явагдаж замын гадаргад зөвшөөрөгдөх хэмжээнээс илүүтэй хотойлт суулт өгсөн. Архангай аймгийн Чулуутын голын хөндий, Тэрхийн голын хөндий, Завхан аймгийн Тэлмэн сумын нутаг Хүрэн талын хөндий, Баян-Өлгий аймгийн Цагааннуур тосгоны орчим, Хөвсгөл аймгийн Алаг-Эрдэнэ сумын орчимд өрөмдлөг малталт, геофизикийн цахилгаан хайгуул, гэжилт суултын харьцангуй өөрчлөлт, температурын хэмжилт зэргийг хийж эхлээд байна. Зам баригдсанаас хойш 4-5 жилийн дараа замын гадаргад 30 см хүртэлх суулт өгсөн бол 1-2 жилийн дотор 5-10 см суулт өгсөн ба цэвдэгт давхарга дээрээсээ гэссэн нь хэмжилтээр тодорхойлогдсон.

Түлхүүр үг: автозам, далан, деформац, цахилгаан эсэргүүцэл томограф, цэвдэг

Abstract

The permafrost occupies 1/3 of the country's territory in Mongolia. We are actively building the auto road connecting the aimag centers, the western vertical road and the railroad from Erdenet to Ovoot. This road network crosses the permafrost in some parts. Serious deformation and settlements took place on road surface in permafrost regions. We have started the investigations along the roads in Chuluut river valley, in Terkh river valley of Arkhangai aimag, in Khuren tal of Telmen soum of Zavkhan aimag, in Tsagaannuur of Bayan-Ulgii aimag, in Alag-Erdene soum Hovsgol aimag using the drilling, electric resistivity tomography, relative settlements, and temperature measurements. The amount of relative settlement was approximately 30 cm on road surface within 5 years after construction and 5-10 cm within 1-2 years after construction and the permafrost thaw was observed from top of permafrost.

Key words: electric resistivity tomography, embankment, permafrost, road,

Я.Жамбалжав, Газарзүй-геоэкологийн хүрээлэн, ЭШТА, доктор(PhD), цэвдэг судлал, цэвдэг судлалын салбар

А.Саруулзаяа, Газарзүй-геоэкологийн хүрээлэн, ЭШДА, доктор(PhD), цэвдэг судлал, цэвдэг судлалын салбар

Г.Цогт-Эрдэнэ, Газарзүй-геоэкологийн хүрээлэн, ЭШДаА, магистрант, цэвдэг судлал, цэвдэг судлалын салбар

Д.Дашжамц, БАС, БИ салбар, доктор(ScD), академич, Цэвдэг судлал

Удиртгал

Монгол Улсын тогтвортой хөгжлийн үзэл баримтлал 2030, Монгол Улсын Засгийн газрын 2016-2020 оны үйл ажиллагааны хөтөлбөр, манай орны нийгэм, эдийн засгийн хөгжил зэрэгтэй холбоотойгоор аймгийн төвүүдийг хатуу хучилттай автозамаар холбох бүтээн байгуулалтын ажил эрчимтэй явагдаж ихэнх аймгийн төвүүд холбогдоод байгаа ба босоо тэнхлэгийн автозамууд зарим хэсэгт баригдаж дуусах шатандаа байгаа бол зарим хэсэгт барихаар төлөвлөж байна.

Монгол улсын үндэсний автозамын сүлжээ 109361.1 км [Сэрээтэр, 2017]. Үүнээс улсын чанартай автозамын сүлжээний (15244.5 км) нийт 7427.1 км буюу 48 хувь нь хатуу хучилттай автозамаар ашиглагдаж байна.

Эдгээр баригдсан болон барихаар төлөвлөж байгаа автозамуудын тодорхой хэсэг нь Монгол орны цэвдэгт бүс нутаг дундуур дайран өнгөрч байна.

Цэвдэг өргөн тархсан бүс нутагт орших ОХУ, Канад, АНУ-ын Аляск муж, Хятад зэрэг улс орнуудад замын далангийн янз бүрийн хийцүүд хийгдэж туршилт, судалгаа хийгээд зогсохгүй зарим хэсэгтээ уг хийцийн далангаар замуудаа барьсан байдаг [Arvind Phukan, 1980]. ОХУ-ын Байгал-амурын төмөр зам 1950-60 аад оны үед баригдаж тухайн үедээ нэлээдгүй хохирол амсаж байсан байдаг [Ершов, 1991].

Монгол улс дээр өгүүлсэн улс орны хөгжлийн урт болон дунд хугацааны бодлогын баримт бичгүүдэд зам, замын бүтээн байгуулалтын ажил тусгаад зогсохгүй, сүүлийн жилүүдэд идэвхтэй баригдаж байна. Гэвч тухайн замуудын цэвдэгт бүс нутагт баригдсан хэсэгт цэвдгийн гэсэлтийн суулт, деформаци, хагарал зэрэг эвдрэлүүд ажиглагдах болсон. Жишээлбэл, Архангай аймгийн Өндөр-Улаан сумын нутгийн Чулуутын голын хөндийд, Тариат сумын нутгийн Тэрхийн голын хөндий зэрэг газруудад автозам ашиглалтанд орсноос хойш 1-5 жилийн дотор зөвшөөрөгдөх хэмжээнээс илүүтэй суулт, хотойлт үзүүлж зорчигч нарын ая тухтай зорчих нөхцөлд сөргөөр нөлөөлж эхлээд байна. Иймд уг замуудын эвдрэлийн шалтгааныг тодорхойлох зорилготой Боловсрол, Соёл, Шинжлэх ухаан, Спортын яамны захиалгатай “Зарим автозамын дагуух цэвдгийн судалгаа 2017-2019” сэдэвт суурь судалгааны ажлыг

хэрэгжүүлж эхлээд байна. Энэхүү сэдэвт ажлын хүрээнд Архангай аймгийн Өндөр-Улаан сумын Чулуутын голын хөндийд, Тариат сумын Тэрхийн голын хөндийд, Завхан аймгийн Тэлмэн сумын Хүрэн талын хөндийд, Хөвсгөл аймгийн Алаг-Эрдэнэ сумын төв орчимд, Баян-Өлгий аймгийн Цагааннуур тосгоны нутагт тус тус судалгаа талбайнууд байгуулж эхний хэмжилт хийгдээд байна. Энэ өгүүлэлд энэ талбайнууд дээр хийсэн эхний хэмжилтийн үр дүнгээс танилцуулах болно.

1. Монгол орны цэвдгийн тархалт, өөрчлөлт

Монгол орны цэвдгийн тархалт, түүний өөрчлөлтийн талаар урд өмнөх тайлан, илтгэл, өгүүллүүдэд [Жамбалжав ба бусад, 2009, 2013, 2016, 2017] дэлгэрэнгүй бичигдсэн тул энд товч өгүүлье.

Цэвдэг нь дэлхийн бөмбөрцөгийн хуурай газрын 20-25%-д [Кудрявцев, 1978, French, 2007], дэлхийн бөмбөрцөгийн хойд хагасын хуурай газар нутгийн 23.9-25.4%-д [Zhang et al., 2008, Brown et al., 1997] тус тус тархсан байдаг.

Монгол орон нь цэвдгийн тархалтаараа ОХУ, Канад, Хятад, АНУ зэрэг улсуудын дараа тавдугаарт ордог (хүснэгт 1).

Дэлхийн цэвдгийг тархалтаар нь туйл орчмын тэгш талын цэвдэг, өндөр уулсын цэвдэг гэж хоёр хувааж үздэг [French, 2007]. Монгол орны хувьд цэвдэг нь уулсын системдээ төвлөрсөн байхаас гадна хойд бүс нутгаар илүү өргөн тархсан байдаг бол өмнөд хэсэгт цэвдэггүй [Жамбалжав, 2016].

Монгол улсын газар нутагт тархсан цэвдэг нь уулархаг, хуурай гандуу бүс нутгийн цэвдэг бөгөөд Дорнод Сибирийн цэвдэг бүс нутгийн өмнөд захаар хүрээлэн оршдог [Brown et al., 1997]. Нөгөө талаас Евроази тивд орших хамгийн том цэвдэгт бүс нутгийн өмнөд зах хөвөөнд Монгол улс оршдог. Энэхүү цэвдэг нь тэр л усны эх бүрэлдэн буй болох Алтай, Хангай, Хөвсгөл, Хэнтийн тэр л усны эх бүрэлдэн буй болох хэсэгт [Даваа, 2002] цэвдэг нь өргөн тархахаас гадна уулсын ар хажуугийн ой бүхий хэсэгт, чийг намагтай газрын ойр орчимд өргөн тархсан байдаг [Гравис и др., 1974]. Монгол орны газар нутагт тархсан цэвдэг нь геоэкоосистемийн ус-дулааны тэнцэлд чухал үүрэгтэй.

Дэлхий нийтийг хамарсан уур амьсгалын дулааралтай холбоотойгоор цэвдэгт бүс нутагтаа харилцан адилгүй өөрчлөлт, дулааралт ажиглагдаж байгаа бол зарим хэсэгт цэвдэггүй болсон нь хүртэл тогтоогдсон байна [Romanovsky, et al., 2010b, Жамбалжав ба бусад 2013]. Монгол оронд тогтвортой цаг үеийн ажиглалт хэмжилт хийж эхэлсэн 1940-аад оноос хойш агаарын жилийн дундаж температур 2.24°C дулаараад байгаа нь даруй дэлхийн дундажаас 3 дахин өндөр байна. Энэхүү эрчимтэй дулааралтын нөлөөгөөр тэг агаар ойт ойрхон температуртай нимгэн цэвдэгүүд устаж үгүй болж байна [Жамбалжав ба бусад, 2013].

1960-70 аад оны үед Монгол улсын газар нутгийг хамарсан цэвдгийн тархалтын боломжит талбайн хэмжээ даруй 0.8-0.98 сая

км^2 байсан бол 2003-2013 оны байдлаар энэ цэвдэг тархах боломжит талбайн хэмжээ 0.46 сая км^2 болжээ (Хүснэгт 1).

Өнөөгийн уур амьсгалын нөхцөлд дэлхийн цэвдэг бүс нутагт 1970-80 аад оны үед баригдаж байсан инженерийн хийцтэй байгууламжууд дулаан тэнцвэрийн алдагдалд орж байна. Иймд уур амьсгалын өөрчлөлтийн нөлөөг бууруулах болон дасан зохицох технологийн шийдлүүдийг эрэлхийлж, зарим байгууламжуудад ашиглаж байна.

Хүснэгт 1 Цэвдгийн тархалт

Дэлхийн бөмбөрцөгийн хойд хагас	Талбай, (сая км^2)	Дэлхийн бөмбөрцөгийн өмнөд хагас	Талбай, (сая км^2)
ОХУ (хуучин ЗХУ)	11.0	Антрактид тив	13.5
Канад улс	5.7		
Хятад улс	2.1		
Аляск муж (АНУ)	1.5		
Монгол улс	0.8 (Brown) 0.98* (Гравис) 0.46* (Жамбалжав)		
Гренландын арал	1.6		
Нийт	22.7		13.5
Дэлхийн бөмбөрцөгийн нийт цэвдэгтэй талбай			36.2
Дэлхийн бөмбөрцөгийн хуурай газрын талбай			149.0
Дэлхийн бөмбөрцөгийн хуурай газарт цэвдгийн эзлэх хувь			24%
Эх сурвалж: Hugh M.French, 2007, <i>The Periglacial Environment, Third edition</i> *нэмж оруулав			

2. Аргазүй

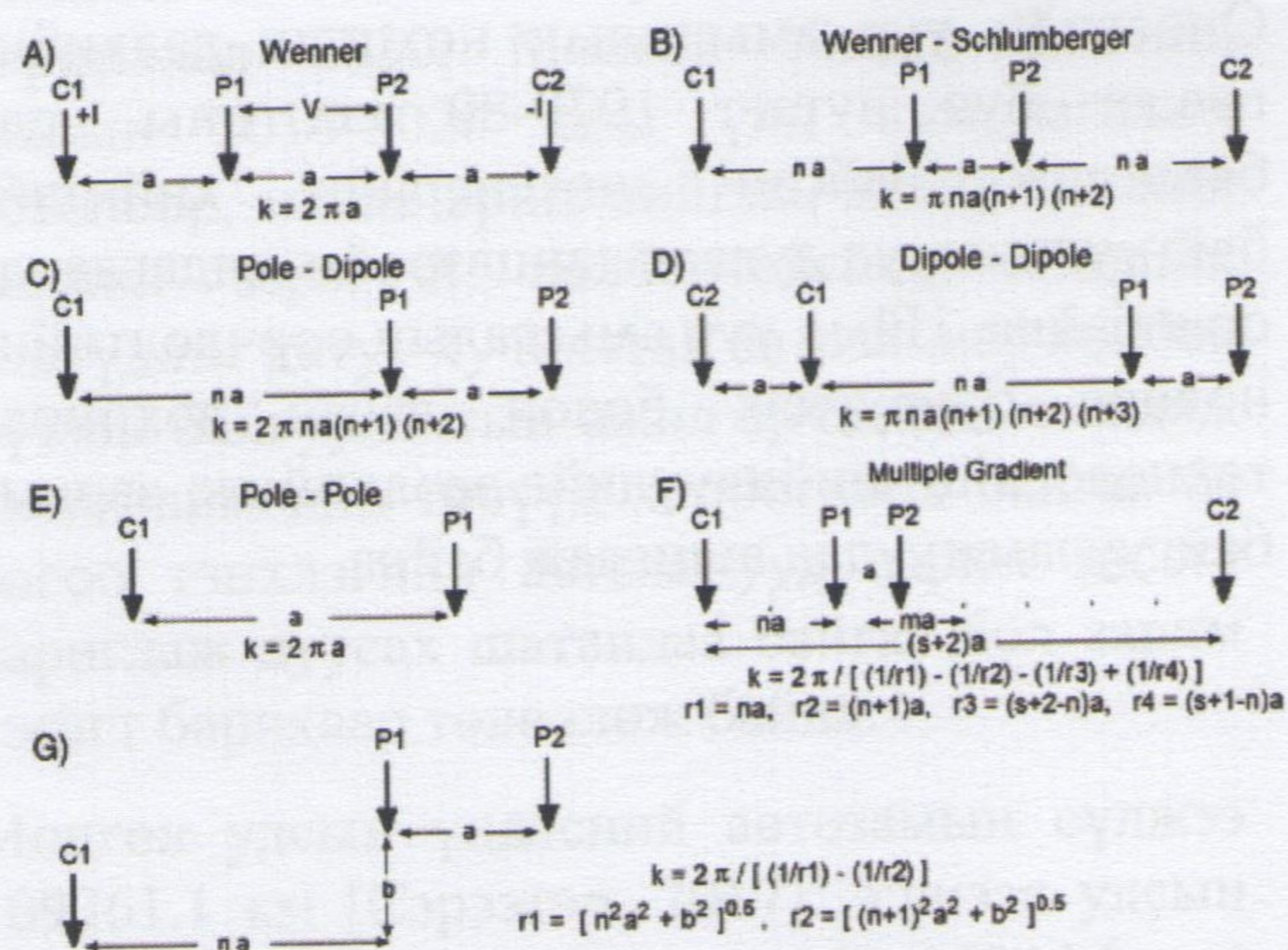
Энэ судалгаанд хуурай өрөмдлөгийн арга, дээжний хээрийн бичиглэл, цэвдэг хөрсний гэсэлтийн чөлөөт суулт зэргийг хээрийн нөхцөлд тодорхойлсон. Геофизикийн цахилгаан томографын арга ашиглаж замын даланг хөндлөн огтолсон зүсэлтүүд хийсэн.

Япон улсын TANAKA компаний моторт гар өрөмдлөгийн төхөөрөмж ашиглаж замын далангийн ойролцоо өрөмдлөг хийж, дээжинд шаардлагатай үзүүлэлтүүдийг тодорхойлохоос гадна температур хэмжих зорилгоор хоолойгоор тоноглосон. Тус өрөмдлөгийн төхөөрөмж нь эргэлтэд хуурай

өрөмдлөгийн аргын нэг бөгөөд 10 м хүртэл гүн өрөмдөх чадалтай.

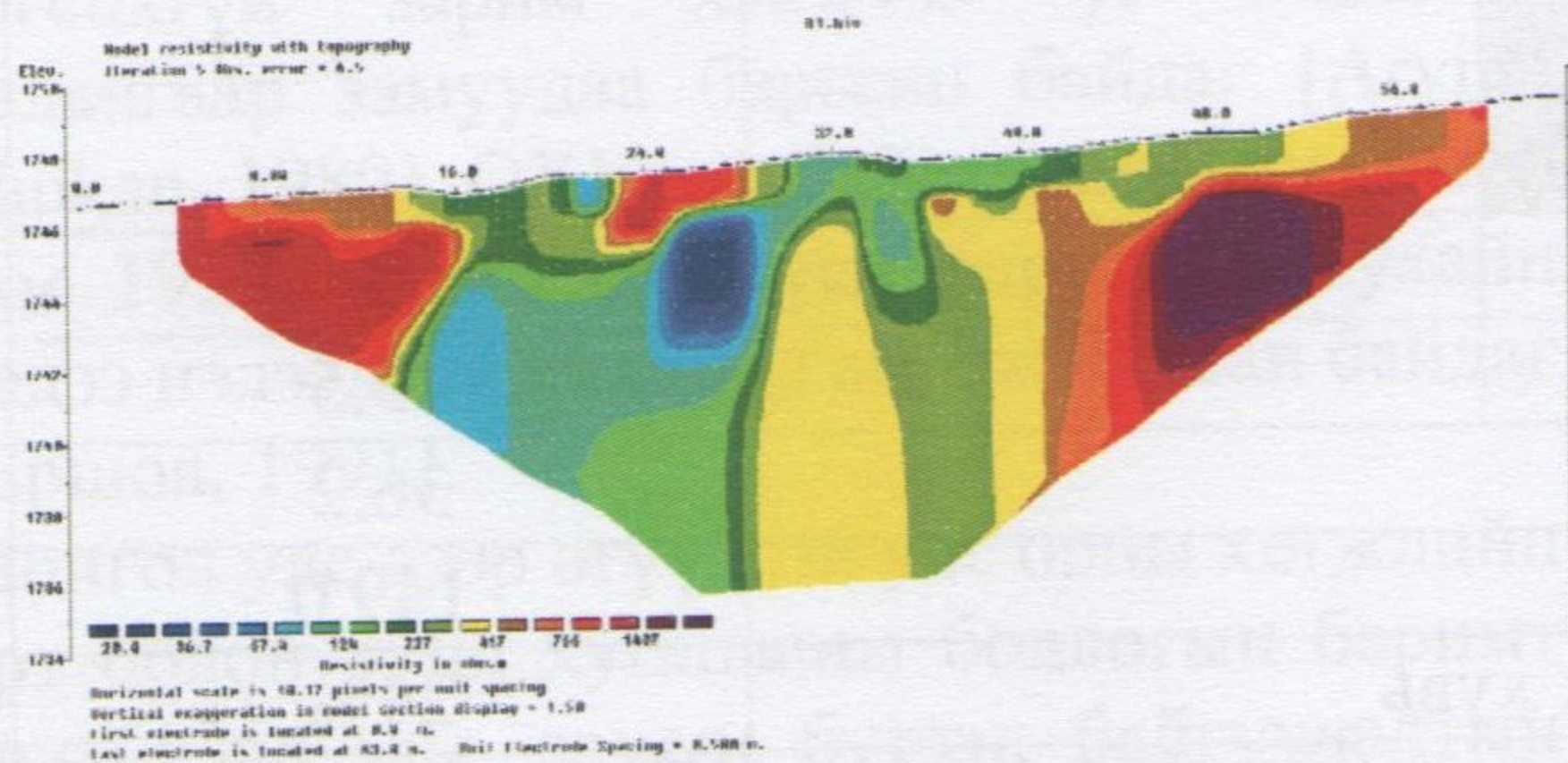
Геофизикийн хайгуулын “цахилгаан эсэргүүцлийн болон албадмал туйлшрал”-ын аргууд нь 2 болон 3 хэмжээст зүсэлтийг талбайн болон цооногийн хэмжилтээр байгуулах орчин үеийн аргачлал юм. Нэг хэмжилтээр 2 хэмжээст хэмжилтэд хэдэн арван мянга хүртэл, 3 хэмжээстэд – хэдэн зуун мянга хүртэл өгөгдөл цуглуулдаг. Энэхүү их хэмжээний өгөгдлийг тусгай программ хангамжуудын тусламжтайгаар боловсруулж инверсийн зүсэлтийн зураг хэлбэрээр ерөнхий үр дүнг гаргадаг. Цахилгаан томограф гол төлөв 50-60 метрийн гүний судалгааг гүйцэтгэдэг ч хэмжих бололцоотой доод гүн

нь 100м. Энэхүү судалгаанд Веннер, Веннер-Шлюмбержегийн аргыг хэрэглэсэн (Зураг 1).



Зураг 1 Цахилгаан эсэргүүцлийн аргууд

Францын “IRIS INSTRUMENTS” компаний SYSCAL R1+ болон SWITCH PRO багажуудыг ашиглаж цахилгаан томографын хэмжилт хийсэн. Тус багаж нийт 2 суваг, 96 электродтой бөгөөд электрод хоорондын зай хамгийн ихдээ 5 м, нэг хэмжилтээр 485 м сунаж, 82 м хүртэлх газрын доорх цахилгаан эсэргүүцлийн мэдээллийг цуглуулах боломжтой юм.



Зураг 2 Чулуутын голын хөндийн талбайн геоцахилгаан зүсэлт

Мөн асфальт гадарга, замын далангийн хоёр хажуу, энгийн байгалийн нөхцөл дэх газрын гадарга зэргийн ялгааг гаргах зорилгоор товчон температур бичигчийг тухайн гадаргуудад 3-5 см гүнд байрлуулсан. Уг температур бичигч товчон логгер нь 1.7см диаметртэй, 0.6см зузаантай -40°Cээс +85°C хооронд 0.5°C нарийвчлалтайгаар 2048 ш дата хадгалах багтаамтай болно.

Энд бид геофизикийн цахилгаан эсэргүүцлийн томографын зүсэлт, өрөмдлөгийн үр дүнг ашигласан болно.

3. Судалгааны талбайнуудын ерөнхий нөхцөл, хэмжилтийн үр дүн

3.1. Чулуутын голын хөндий

Чулуутын голын хөндий нь Архангай аймгийн Өндөр-Улаан сумын нутагт орших бөгөөд Монгол орны цэвдгийн алаг цоог тархалттай бүслүүрт оршино [Жамбалжав ба бусад, 2016]. Цэвдгийн алаг цоог тархалттай бүслүүрт цэвдэг нь уулсын огцом ар хажуу, түүнтэй залгаа орших ам, хөндийд тохиолдоно. Чулуутын голын хөндийн хэвтээ тэнхлэгийн автозам дайран өнгөрч байгаа хэсэгт мөсжилт ихтэй цэвдэгт нутагт тархдаг хүйтний гаралтай үзэгдлүүд болох бөөрөг, дулааны хөндийлжийн нуурууд (термокарст) элбэг тархсан байдаг. Н.Шархүү 1975 онд Чулуутын голын хөндийд орших нэг бөөрөгийн орой дээр өрөмдлөг хийж цэвдгийн зузааныг 36 м гэж тогтоож байжээ. Тус голын хөндийд Монгол орны цэвдгийн мониторингийн 2 цооног оршдог. Дээрх цооногуудын мэдээгээр улирлын гэсэлтийн гүн нь 2-3 м, 10-15 м гүний цэвдгийн температур нь -0.45°C.

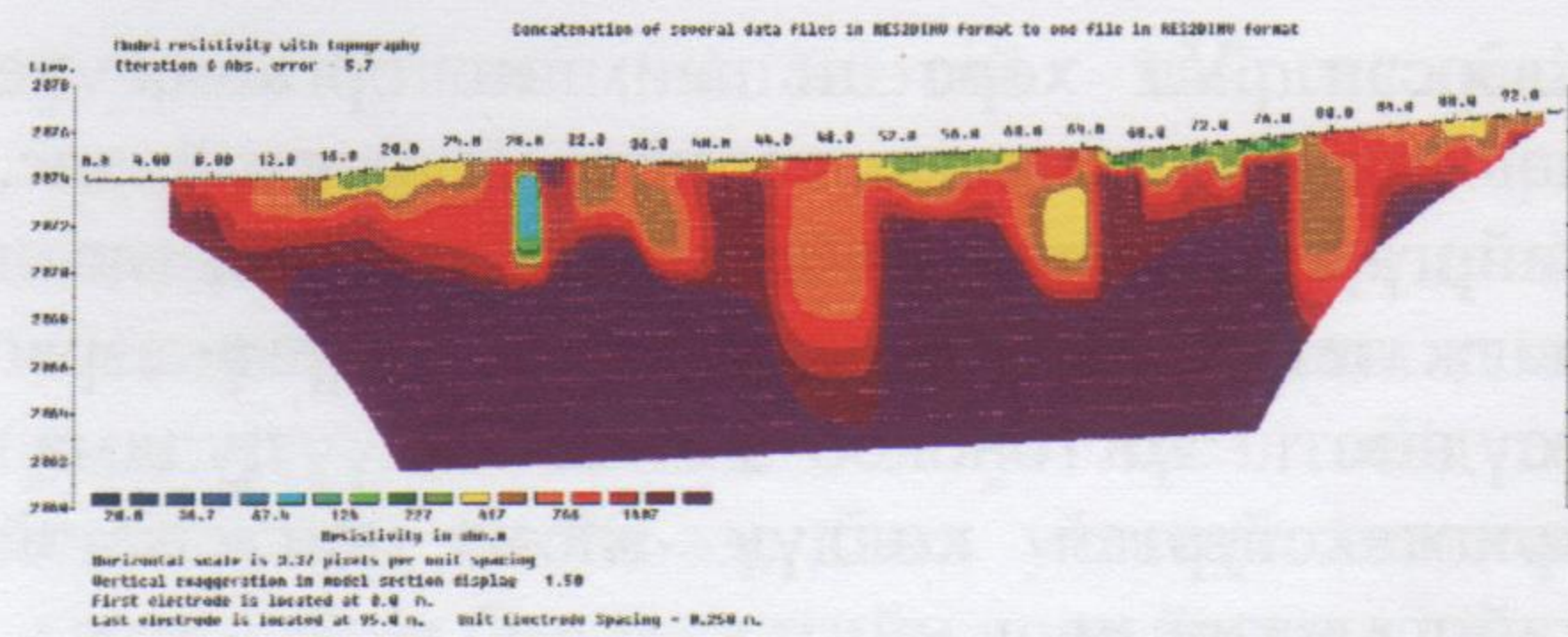
2017 оны 9 сарын байдлаар Чулуутын голын хөндийн энэхүү замын зурвас хэсэгт янз бүрийн хэмжээтэй хотойлт суултууд хэд хэдэн газарт үүссэн байна.

Судалгааны талбай нь замын гадаргад 30 см хүртэл хотойлт үүссэн, Чулуутын голын гүүрнээс баруун чиглэлд зам дагуу 600м зайд байрлана. Энд зам хөндлөн огтолсон геофизикийн томографын зүсэлтийг 1 м алхамтайгаар 64 электродтой 12 м хүртлэх гүнд хийсэн ба 41 дэх электрод байрлах цэг дээр 8 м гүнтэй цооног өрөмдсөн (Зураг 2). Өрөмдөлтөөр цэвдэг илрээгүй бөгөөд ул хөрс нь нимгэн органик үе давхарга, тоосорхог нарийн ширхэгтэй элс, элсэн чигжээстэй хайр, хайрга, шавранцарын үеүдээс тогтоно. Геофизикийн цахилгаан зүсэлтээр хөрсний хувийн цахилгаан эсэргүүцэл нь <20 Ом*м ээс 2100 Ом*м хооронд хэлбэлзэнэ. 1000 Ом*м-ээс өндөр хувийн цахилгаан эсэргүүцэлтэй хэсэг нь замын далангийн доор гүехэн гүнд ба замаас тодорхой зайнд хоёр талд тодорхой гүнүүдэд илэрсэн. Энд 1000 Ом*м-ээс дээш хувийн цахилгаан эсэргүүцэлтэй хэсгийг элсэн чигжээстэй хуурай хайр, хайрга ба хөлдүү хөрс гэж ялган зураглав.

3.2. Тэрхийн голын хөндий

Тэрхийн голын хөндий нь Архангай аймгийн Тариат сумын нутагт орших бөгөөд Монгол орны цэвдгийн тархалтын зурагт үзүүлсэнээр цэвдгийн үргэлжилсэн ба тасалданги тархалттай бүслүүрт оршино. Үргэлжилсэн тархалттай цэвдгийн бүслүүрт цэвдэг нь бараг бүх геоморфологийн элементэд тархсан байх бөгөөд зөвхөн томоохон нуур, голын ёроолын хурдасанд, зарим нэгэн идэвхтэй тектоник хагаралын дагуу цэвдэггүй байдаг. Харин тасалданги тархалттай цэвдэгт бүслүүрт дээрхээс гадна уулсын чанх урагш харсан өвөр энгэрт цэвдэггүй байдаг. Тэрхийн голын хөндийд хүйтний гаралтай үзэгдлийн нэг болох нохойн хонхор элбэг тархсан байхаас гадна термокарстын хонхор, хотос, бөөрөг зэрэг үзэгдлүүд тархсан байдаг. Тэрхийн голын хөндийн цэвдгийн зузааныг 105 м хүрнэ гэж 1975 онд Н.Шархүү тогтоож байжээ. Энд Монгол орны цэвдгийн мониторингийн 3 цэг байрладаг. Уг цооногуудын мэдээгээр улирлын гэсэлтийн гүн 3-4 м, улирлын хөлдөлтийн гүн 5.5 м бол 14-15 м гүн дэх цэвдгийн температур -1.2°C . 2017 оны 9 сарын эхээр Тэрхийн голын хөндийд замын гадаргад янз бүрийн хэмжээтэй хотойлт суултууд хэд хэдэн газарт үүссэн байсан ба бид энд 2 ажиглалтын талбай байгуулсан болно. Нэгдүгээр ажиглалтын талбай нь Тэрхийн голын хөндийн адаг хэсэгт бөөрөг бүхий газрыг сонгосон бол хоёрдугаар талбай Тэрхийн голын гүүрнээс зүүн чиглэлд зам дагуу 5 км зайд харьцангуй өөрчлөлт багатай талбай сонгосон болно.

Нэгдүгээр талбай дээр бөөрөг хөндлөн огтолсон зүсэлт хийсэн. Цахилгаан эсэргүүцлийн томографын зүсэлтээр уг бөөрөг нь хагас хаалттай, хагас нээлттэй системийн бөөрөг байх боломжтой. Хоёрдугаар талбай дээр зам хөндлөн огтолсон цахилгаан эсэргүүцлийн томографын зүсэлтийг 1 м алхамтайгаар 128 электродтой 12 м хүртлэх гүнд хийсэн ба 54 дэх электрод байрлах цэг дээр 3.4 м гүнтэй цооног өрөмдсөн (Зураг 3). Өрөмдөлтөөр 2017 оны 8 сарын 24 байдлаар 3.4 м-т хөлдүү хөрс илэрсэн. Ул хөрс нь нимгэн органик үе давхарга, элсэн чигжээстэй хайр, хайрга, хайр, хайргатай бүдүүн ширхэгтэй элснээс тогтоно. Хөлдүү хөрсөнд гэсэлтийн харьцангуй чөлөөт суулт 0.89 байв.



Зураг 3. Тэрхийн голын хөндийн талбайн геоцахилгаан зүсэлт

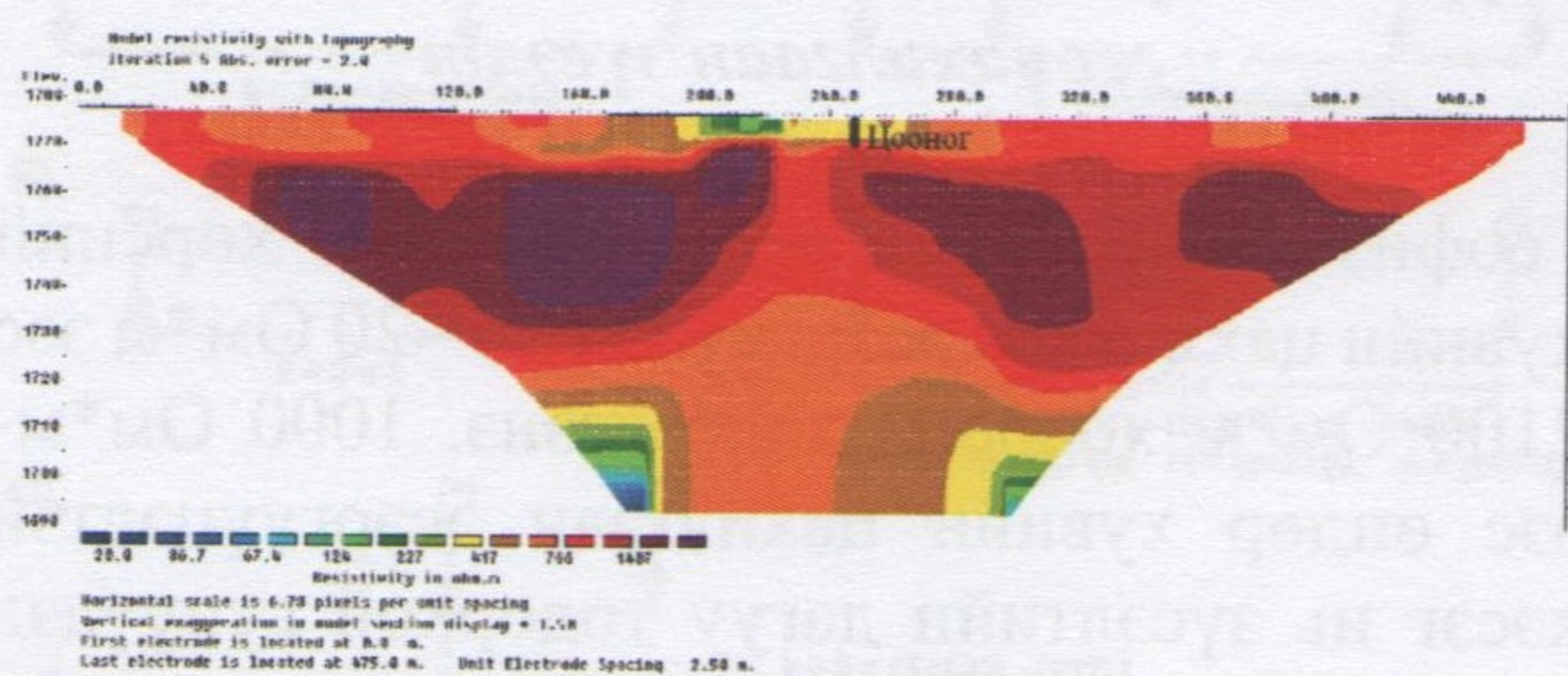
Геофизикийн цахилгаан зүсэлтээр хөрсний хувийн цахилгаан эсэргүүцэл нь $<20 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ээс $2100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ хооронд хэлбэлзэнэ. $1000 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ -ээс өндөр хувийн цахилгаан эсэргүүцэлтэй хэсэг нь зүсэлтийн дагуу тодорхой гүнүүдэд илэрсэн. Энд $1000 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ -ээс дээш хувийн цахилгаан эсэргүүцэлтэй хэсгийг хөлдүү хөрс гэж ялган зураглав.

3.3. Хүрэн талын хөндий

Хүрэн талын хөндий нь Завхан аймгийн Тэлмэн сумын нутагт орших бөгөөд Монгол орны цэвдгийн үргэлжилсэн болон тасалданги тархалттай бүслүүрт оршино [Жамбалжав ба бусад, 2016]. Үргэлжилсэн тархалттай цэвдгийн бүслүүрт цэвдэг нь бараг бүх геоморфологийн элементэд тархсан байх бөгөөд зөвхөн томоохон нуур, голын ёроолын хурдасанд, зарим нэгэн идэвхтэй тектоник хагаралын дагуу цэвдэггүй байдаг. Харин тасалданги тархалттай цэвдэгт бүслүүрт дээрхээс гадна уулсын чанх ургац харсан өвөр энгэрт цэвдэггүй байдаг. Хүрэн талын хөндийн хэвтээ тэнхлэгийн автозам Улиастай, Улаангом чиглэлийн замууд дайран өнгөрөх бөгөөд замын барилга угсралтын ажил ирэх жилүүдэд хийхээр төлөвлөж байна. Энд гадаргаасаа хаьцангуй хуурайвтар боловч зарим хэсэгтээ нохойн хонхор, дов сондуул тарсан байдаг. 1971 онд Гравис болон бусад судлаачид Идэрийн голын хөндийд цэвдгийн зузааныг 24-28 м гэж тогтоож байжээ. Завхан аймгийн Тосонцэнгэл, Нөмрөг сумдын төв дээр Монгол орны цэвдгийн мониторингийн 2 цооног оршдог. Дээрх цооногуудын мэдээгээр улирлын гэсэлтийн гүн нь 3-5.5 м, 10-15 м гүний цэвдгийн температур нь -0.4°C .

Энд зам барихаар төлөвлөж байгаа зурвасаас тодорхой зайд геофизикийн томографын зүсэлтийг 5 м алхамтайгаар 96 электродтой 80 м хүртлэх гүнд хийсэн ба 46-47 дугаар электродуудын хооронд 4 м гүнтэй цооног өрөмдсөн (Зураг 4). Өрөмдөлтөөр 2017 оны 9 сарын 5 ны байдлаар 3 м-ээс хөлдүү хөрс

илэрсэн. Ул хөрс нь нимгэн органик үе давхарга, тоосорхог нарийн ширхэгтэй элс, хайрга агуулсан нарийн ширхэгтэй элс, элсэн чигжээстэй хагас мөлгөржсөн хайрга зэрэг үеүдээс тогтоно. 3 м-ээс цулдмал криотекстуртай хөлдүү элсэн чигжээстэй хайрга илэрсэн.



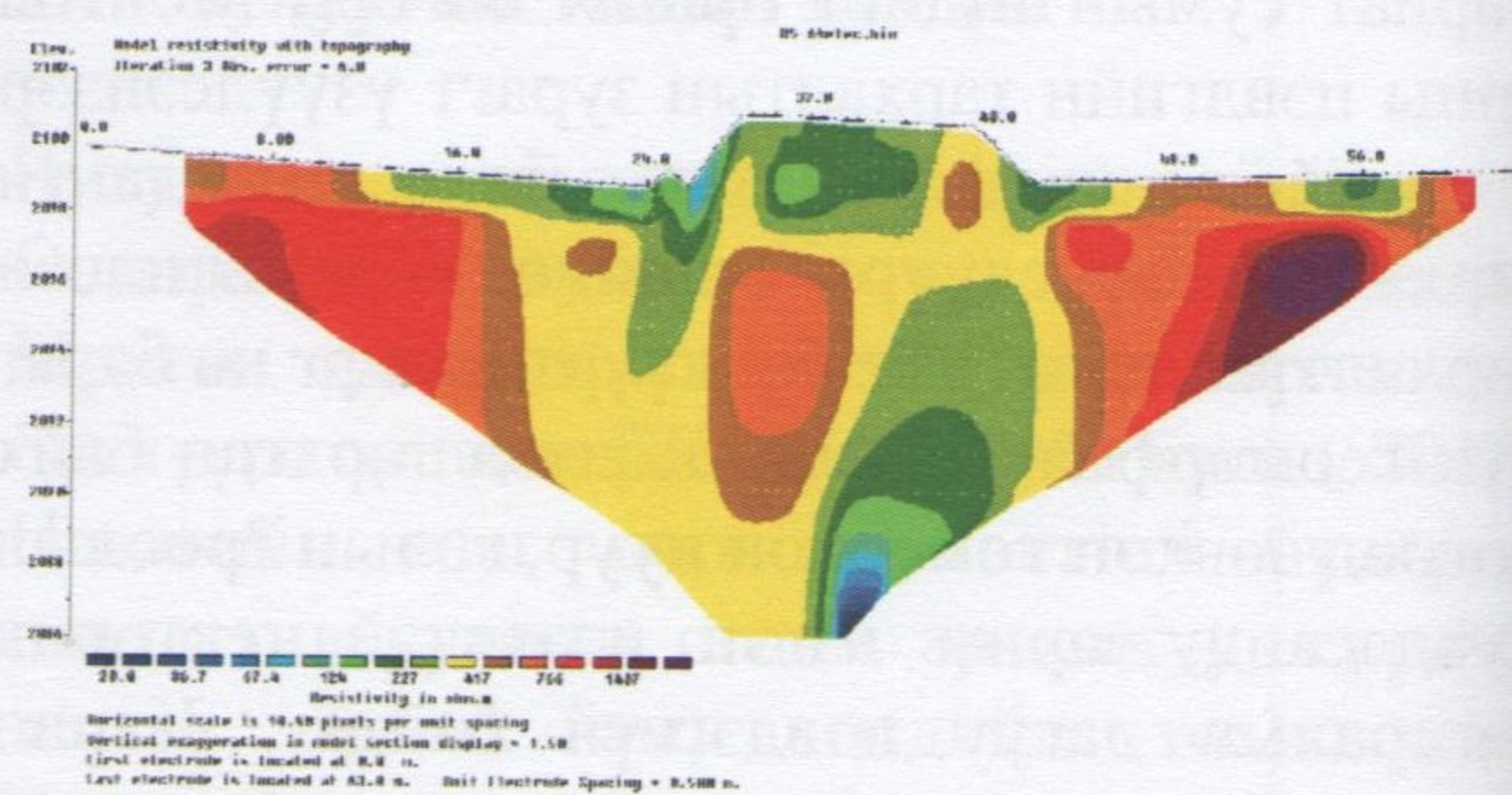
Зураг 4. Хүрэн талын хөндийн талбайн геоцахилгаан зүсэлт

Геофизикийн цахилгаан зүсэлтээр хөрсний хувийн цахилгаан эсэргүүцэл нь $<20 \text{ Ом}^*\text{м}$ ээс $2100 \text{ Ом}^*\text{м}$ хооронд хэлбэлзэнэ. Энд $1000 \text{ Ом}^*\text{м}$ -ээс дээш хувийн цахилгаан эсэргүүцэлтэй хэсгийг хөлдүү хөрс гэж ялган зураглав. Цахилгаан томографын хэмжилтээр цэвдгийн зузаан 30-45 м гэж үзэв.

3.4. Цагааннуур тосгон

Цагааннуур тосгоны судалгааны сонгож авсан талбай нь Баян-Өлгий аймгийн Цагааннуур тосгоны нутагт орших бөгөөд Монгол орны цэвдгийн тархалтын зурагт үзүүлсэнээр цэвдгийн тасалданги тархалттай бүслүүрт оршино. Цэвдгийн тасалданги тархалттай бүслүүрт цэвдэг нь уулын ар хажуу ба түүнтэй залгаа хөндийд тохиолддог бол уулсын чанх урагш харсан огцом өвөр энгэрт цэвдэггүй байдаг. Энд хүйтний гаралтай үзэгдлийн нэг болох термокарстын хонхор, хотос, нуур тархсан байдаг. Монгол орны цэвдгийн мониторингийн хэд хэдэн цэг Өлгий хотоос Цагааннуур тосгон хүрэх зам дагуу байрладаг. Уг цооногуудын мэдээгээр улирлын гэсэлтийн гүн 3.5-4 м, 10 м гүн дэх цэвдгийн температур -0.65°C . 2017 оны 9 сарын эхээр Өлгий хотоос Цагааннуур хүрэх замын цэвдэг хөрс тархсан хэсэгт хотойлт суулт, дагуу хаграл хэд хэдэн газарт үүссэн байсан. Цагааннуур тосгоны урдуур өнгөрөх автозам дээр тодорхой суулт өгсөн хэсэгт судалгааны талбайг сонгосон. Энд зам хөндлөн огтолсон цахилгаан эсэргүүцлийн томографын зүсэлтийг 1 м алхамтайгаар 64 электродтой 12 м хүртлэх гүнд хийсэн ба 18 дэх электрод байрлах цэг дээр 4 м гүнтэй цооног өрөмдсөн (Зураг 5).

Өрөмдөлтөөр хөлдүү хөрс илэрээгүй. Ул хөрс нь тоосорхог элсэн чигжээстэй хагас мөлгөржсөн хайр, хайрганаас тогтоно.



Зураг 5. Цагааннуурын талбайн геоцахилгаан зүсэлт

Геофизикийн цахилгаан зүсэлтээр хөрсний хувийн цахилгаан эсэргүүцэл нь $<20 \text{ Ом}^*\text{м}$ ээс $2100 \text{ Ом}^*\text{м}$ хооронд хэлбэлзэнэ. $1000 \text{ Ом}^*\text{м}$ -ээс өндөр хувийн цахилгаан эсэргүүцэлтэй хэсэг нь зүсэлтийн дагуу замын далангаас тодорхой зайнд илэрсэн. Энд $1000 \text{ Ом}^*\text{м}$ -ээс дээш хувийн цахилгаан эсэргүүцэлтэй хэсгийг суурь чулуулаг, хөлдүү хөрс гэж ялган зураглав.

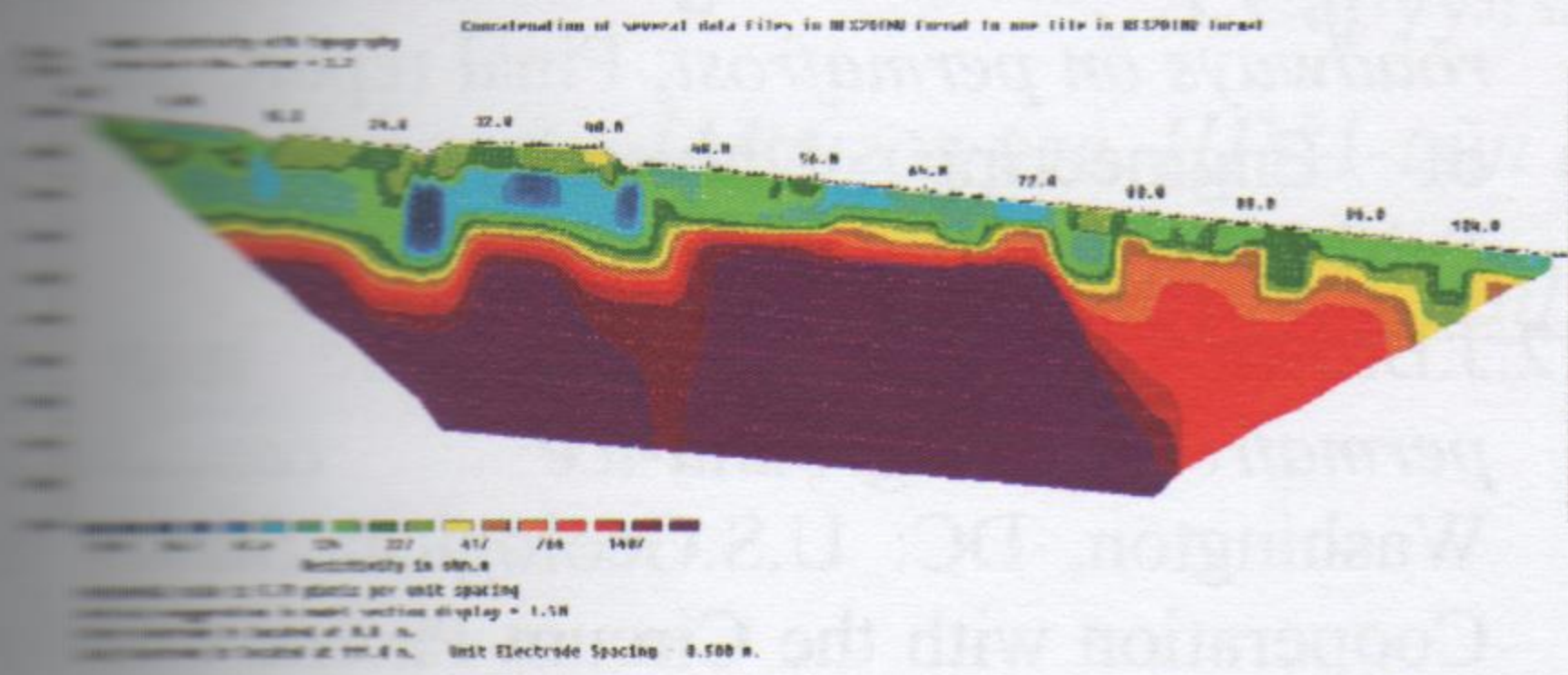
3.5. Алаг-Эрдэнэ сум

Хөвсгөл аймгийн Алаг-Эрдэнэ сумын нутагт орших энэхүү судалгааны талбай нь Монгол орны цэвдгийн алаг цоог тархалттай бүслүүрт оршино (Жамбалжав ба бусад, 2016). Цэвдгийн алаг цоог тархалттай бүслүүрт цэвдэг нь уулсын ар хажуу, түүнтэй залгаа орших ам, хөндийд тохиолдоно. Энэ бүс нутагт цэвдгийн зузаан 15-40м гэж тогтоогдож байжээ [Шархүү, бусад, 1975]. Мөрөнгөөс Хатгал орох аялал жуучлалын маршрутын гол замын дагуу Монгол орны цэвдгийн мониторингийн хэд хэдэн цооног оршдог. Дээрх цооногуудын мэдээгээр улирлын гэсэлтийн гүн нь 4.5 м, 6.5м гүний цэвдгийн температур нь -0.7°C .

2017 оны 9 сарын байдлаар Мөрөнгөөс Хатгал орох энэхүү замын зурвас хэсэгт янз бүрийн хэмжээтэй хотойлт суултууд хэд хэдэн газарт үүссэн байв.

Судалгааны талбай нь замын гадаргад 10 см хотойлт үүссэн, Хөвсгөл аймгийн Алаг-Эрдэнэ сумын ойролцоо гол замын дагуу уулын ар хажуугийн зам дээр оршино. Энд зам хөндлөн огтолсон геофизикийн томографын зүсэлтийг 1 м алхамтайгаар 128 электродтой 12 м хүртлэх гүнд хийсэн ба 64 дэх электрод байрлах цэг дээр 4 м гүнтэй цооног өрөмдсөн (Зураг 6). Өрөмдөлтөөр 2017 оны 9 сарын

Талбайн хөлдүү хөрс 4 м-ээс илэрсэн ба ул мөс нь нимгэн органик үе давхарга, хайрга агулдсан шавранцар, элсэн чигжээстэй хайр, хайрга саарал өнгийн элсний бичил үетэй. Талбайн хөлдүү хөрс тогтоно.



Зураг 6. Алаг-Эрдэнэ сумын талбайн геоцахилгаан зүсэлт

Геофизикийн цахилгаан зүсэлтээр хөрсний хувийн цахилгаан эсэргүүцэл нь $<20 \text{ Ом}^*\text{м}$ ээс $2000 \text{ Ом}^*\text{м}$ хооронд хэлбэлзэнэ. $1000 \text{ Ом}^*\text{м}$ -ээс өндөр хувийн цахилгаан эсэргүүцэлтэй хэсэг нь зүсэлтийн дагуу тодорхой гүнүүдэд илэрсэн. Энд $1000 \text{ Ом}^*\text{м}$ -ээс дээш хувийн цахилгаан эсэргүүцэлтэй хэсгийг хөлдүү хөрс гэж ялган зураглав.

4. Хэлэлцүүлэг

Материалын цахилгаан дамжуулах чадвар, түүний ялгаатай утга зэрэг дээр цахилгаан эсэргүүцлийн томографын аргын зарчим төвлөрсөн байдаг.

Усны хувийн цахилгаан эсэргүүцэл ($\sim 10^1$ -ээс $10^2 \text{ Ом}^*\text{м}$) ба мөсний хувийн цахилгаан эсэргүүцэл ($\sim 10^3$ -ээс $10^6 \text{ Ом}^*\text{м}$) эрс ялгаатай байгаа нь хөлдүү, гэсгэн хөрсний хил заагийг тодорхойлоход чухал ач холбогдолтой боловч зарим тохиолдолд суурь чулуулагууд өндөр эсэргүүцэл өгөх тохиолдол байдаг [Loke, 2015]. Иймд бид судагааны талбай бүр дээр талбайн цооног өрөмдөж хөлдүү хөрсний илрэх гүнийг тодотгож байсан. Манай судалгаанд хувийн цахилгаан эсэргүүцэл нь <20 -оос $> 2000 \text{ Ом}^*\text{м}$ хооронд хэлбэлзэнэ. Энд бид $1000 \text{ Ом}^*\text{м}$ -ээр хөлдүү гэсгэн хөрсний хил заагийг зурагласан. Энэ нь Тэрхийн голын хөндийд, Хүрэн талын хөндийд, Алаг-Эрдэнэ сумын нутаг дах талбайн эрэг судалгааны талбайд маш сайн тохиромжтой байсан бол Чулуутын голын хөндийд, Баян-Өлгий аймгийн Цагааннуур эрэг судалгааны талбайд $1000 \text{ Ом}^*\text{м}$ -дээш хувийн цахилгаан эсэргүүцэлтэй хэсэг нь зөвхөн хөлдүү хөрс бус суурь чулуулаг,

хуурай элсэн чигжээтэй хайрга байх боломжтой. Тэрхийн голын хөндийн бөөрөг хөндлөн огтолсон цахилгаан эсэргүүцлийн томографын зүсэлтээр $1000 \text{ Ом}^*\text{м}$ -ээс дээш утга үзүүлж байгаа бол уг зүсэлтийн гол хэсэгт $400 \text{ Ом}^*\text{м}$ -ээс бага утгатай хаалттай хэсэг байгаа бол зүсэлтийн доод ёроолд гэсгэн хэсэг ажиглагдаж байна. Эндээс уг бөөрөгийг хагас хаалттай, хагас нээлттэй системийн бөөрөг гэж үзэв.

Уур амьсгалын дулааралтай холбоотойгоор улирлын гэсэлтийн гүн нэмэгдэж байгаа ч гэсэн Монгол орны цэвдэгт бүс нутгийн өмнөд захад 8 м хүрдэг [Жамбалжав ба бусад, 2013] бол зам, замын байгууламжийн орчимд 8 м-ээс ч илүү гүнд цэвдэг илрээгүй байна. Мөн хэмжилт хийсэн бүх л талбайд замын далангийн доор ямар нэгэн хэмжээгээр гэсэлт үүсэж эхэлсэн нь уур амьсгалын дулааралтын гэсэлтээс гадна гадаргын нөхцөл өөрчилж далан барих, шороон зам гаргах зэрэг нь цэвдгийн гэсэлтийг эрчимжүүлж байна.

5. Дүгнэлт

- Цэвдэгт бүс нутгийн автозамын төлөвлөлт, зураг төсөл, гүйцэтгэлийн ажилд цэвдгийн нөхцлийг огт тооцоогүй нь тодорхой байна.
- Автозамын далангийн доорх цэвдэг нь тодорхой хэмжээний гэсэлтүүд өгсөн нь хэмжилтээр тогтоогдсон.
- Далангийн доорх цэвдгийн гэссэнээс замын материалд деформац, суулт үүссэн байна.
- Замын далангийн доорх гэсэлт зарим хэсэгт 10 м-ээс (гадаргаасаа) ч гүн байна.
- Замын далангийн материалд үүссэх деформац, суултын хэмжээ зам баригдсанаас хойш 2-3 жилийн дараа зөвшөөрөгдөх хэмжээнээс их болж байна.

Ном зүй:

1. Монгол хэл дээр хэвлэгдсэн зохиол бүтээл

1. Сэрээтэр, 2017
2. Г.Даваа, Монгол орны цэвэр усны эх үүсвэрийн 70 хувь бүрэлдэх газар, Улаанбаатар хот, 2002
3. Я.Жамбалжав, Уулархаг нутгийн олон жилийн цэвдгийн зураглалд загварчлалын

аргыг хэрэглэх боломж, Улаанбаатар хот, 2009

4. Я.Жамбалжав, Т.Ванчиг, Д.Баттогтох, А.Саруулзаяа, А.Дашцэрэн, ба бусад, Монгол орны цэвдгийн урт хугацааны мониторинг судалгаа, Сэдэвт ажлын эрдэм шинжилгээний тайлан, ШУА, Газарзүйн хүрээлэн, 2013
5. Я.Жамбалжав, Я.Гансүх, Х.Тэмүүжин, Г.Цогт-Эрдэнэ, бусад, Монгол орны цэвдгийн тархалтын зураг, 2016
6. Я.Жамбалжав, Монгол орны цэвдгийн тархалт, өөрчлөлт, ISBN: 978-99978-1-862-1, Улаанбаатар хот, 2017
7. Н.Шархүү, С.Жамсран, Д.Лувсандагва, Т.Рагчаа, Монгол орны олон жилийн цэвдгийн үндсэн шинж, Улаанбаатар хот, 1975

II. Гадаад хэл дээр хэвлэгдсэн зохиол бүтээл

2.1 Орос хэл дээр хэвлэгдсэн зохиол бүтээл

8. Э.Д.Ершов, *Общая геокриология*, Издательство МГУ, 2002
9. Г.Ф.Гравис и др., *Геокриологические условия Монгольской Народной Республики*, Совместная Советско-Монгольская научно-исследовательская геологическая экспедиция, Труды вып. 10, Издательство Наука, Москва, 1974

10. В.А.Кудрявцев, *Общее мерзотоведение*, Второе издание, Издательство МГУ, 1978

2.2 Англи хэл дээр хэвлэгдсэн зохиол бүтээл

11. Arvind Phukan, *Design consideration for roadways on permafrost*, Final report, School of Engineering University of Alaska, Fairbanks 8 1980
12. J. Brown, et al., *Circum-Arctic map of permafrost ground-ice conditions*, Washington, DC: U.S. Geological Survey in Cooperation with the Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources, Circum-Pacific Map Series CP-45, scale 1:10 000 000, 1 sheet, 1997
13. Hugh M. French, *The Periglacial Environment*, Third Edition, The University of Ottawa, John Wiley & Sons, Ltd, 2007
14. M.H. Loke, *2-D and 3-D electrical imaging surveys*, www.geotomosoft.com, 2015
15. V.E. Romanovsky, et al., *Thermal state of permafrost in Russia*, Permafrost and Periglacial Processes, 21, 136-155, 2010b
16. Tingjun Zhang, et al., *Statistics and characteristics of permafrost and ground-ice distribution in the Northern Hemisphere*, Polar Geography, 31:1, 47-68, 2008