

# Results of the permafrost investigation of road (A case study of the Tsagaannuur-Ulaanbaishint route)

Ulambayar Ganbold<sup>1,\*</sup>, Jambaljav Yamkhin<sup>1</sup>, Byambabayar Ganbold<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Division of Permafrost Study, Institute of Geography and Geoecology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia*

<sup>2</sup>*Department of Geography, National University of Mongolia, Ulaanbaatar, Mongolia*

\*Corresponding author email: [ulambayarg@mas.ac.mn](mailto:ulambayarg@mas.ac.mn)

Received: 31 October 2022 / Accepted: 30 November 2022 / Published online: 29 December 2022

## ABSTRACT

In recent years, despite the intensive expansion of our country's asphalt road network, building roads in permafrost areas without scientific study have become the main reason for an increase in the formation of damaged, subsided, and low-aged roads. Therefore, we conducted a permafrost investigation in the selected 25.8 km asphalt road sections, which included K13+600:K13+800, K14+360:K14+500, and K15+160:K15+300, and covered areas from Tsagaannuur village of Nogoonnuur soum in Bayan-Ulgii province to Ulaanbaishint border crossing with Russia, which are in the region with a continuous extent of permafrost in Mongolia. The road sections were selected due to the observed subsidence and deformation on the surface during the construction of the road embankment. In this study, high-precision geophysical electrical measurement, drilling, soil and rock samplings, and borehole temperature measurements were performed in the field and analyzed in the laboratory. According to the results, after excavating in the base of the road embankment at the road sections K13+600:K13+800, K14+360:K14+500, K15+160:K15+300, the thawing of permafrost was 1.5-3 meters at the center and also observed on both sides of the excavated areas. When comparing the amount of ice, it was three times less at the depth of 1.5-3 meters than at below 3 meters, which indicated the necessity of building a road with preventing pipes in the above three areas. Such preventing pipes could be thermosyphon pipes, which are widely used to prevent damage to road embankments from thawing in permafrost regions of the world.

**Keywords:** *Permafrost, Thermosyphon, Road embankment, Tsagaannuur-Ulaanbaishint*

## Автозамын цэвдгийн судалгааны үр дүнгээс (Цагааннуур-Улаанбайшинт чиглэлийн автозамын жишээн дээр)

Уламбаяр Ганболд<sup>1,\*</sup>, Жамбалжав Ямхин<sup>1</sup>, Бямбабаяр Ганболд<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Цэвдэг Судлалын Салбар, Газарзүй, Геоэкологийн Хүрээлэн, Шинжлэх Ухааны Академи, Улаанбаатар, Монгол

<sup>2</sup>Газарзүйн Тэнхим, Монгол Улсын Их Сургууль, Улаанбаатар, Монгол

\*Холбоо барих зохиогчийн цахим хаяг: [ulambayarg@mas.ac.mn](mailto:ulambayarg@mas.ac.mn)

Хүлээн авсан: 2022 оны 10 сарын 31 өдөр / Зөвшөөрөгдсөн: 2022 оны 11 сарын 30 өдөр / Нийтлэгдсэн: 2022 оны 12 сарын 29 өдөр

### ХУРААНГУЙ

Сүүлийн жилүүдэд манай улсын хатуу хучилттай авто замын сүлжээ эрчимтэйгээр тэлж байгаа хэдий ч цэвдэгтэй бүс нутагт зам барихдаа цэвдгийн нарийвчилсан судалгааг хийж, тухайн зурвас хэсгийн цэвдгийн шинж чанар, онцлогт тохирсон далангийн шийдлээр авто замыг төлөвлөж барьдаггүй нь эвдрэл, суулт ихтэй, насжилт багатай замуудыг нэмэгдүүлэх гол шалтгаан болоод байна. Иймд бид Монгол орны цэвдгийн үргэлжилсэн тархалттай бүс нутаг болох Баян-Өлгий аймгийн Ногооннуур сумын нутаг Цагааннуур тосгоноос ОХУ-тай хиллэдэг Улаанбайшинт хилийн боомт хүртэлх 25.8 км автозамын K13+600:K13+800, K14+360:K14+500, K15+160:K15+300 зурвас хэсгүүдийг сонгож цэвдгийн нарийвчилсан судалгааг хийсэн. Дээрх зурвас хэсгүүдийг сонгон авсан шалтгаан нь тухайн зурвас хэсгүүдийн замын даланг бэлтгэх явцад газрын гадаргад ажиглагдахуйц суулт, хэв гажилтууд үүссэн байсан. Энэхүү судалгаанд өндөр нарийвчлал бүхий геофизикийн цахилгаан хайгуул, өрөмдлөг, хөрс чулуулгийн дээжлэлт, цооногийн температур хэмжилт зэргийг хээрийн нөхцөлд хийж, лабораторийн нөхцөлд боловсруулсан. Судалгааны үр дүнгээр K13+600:K13+800, K14+360:K14+500, K15+160:K15+300 хэсгүүдэд замын далангийн суурийн хэсэгт ухалт хийсний дараа цэвдгийн гэсэлт ухмалын төв хэсэгт 1.5-3 метр явагдаад зогсохгүй ухмалын хоёр хажуу талд гэсэлт явагдсан байв. Тухайн гэсэлт явагдсан 1.5-3 метрийн гүнд агуулагдах мөсжилтийн хэмжээг 3 метрээс дооших гүний мөсжилтийн хэмжээтэй харьцуулж үзэхэд 3 дахин бага мөсжилттэй байсан нь дээрх гурван хэсэгт хамгаалах хоолойг суурилуулах шаардлага байгааг харуулж байна. Энэхүү хоолой нь дэлхийн цэвдэгтэй бүс нутагт замын даланг эвдрэлээс сэргийлэх зорилгоор өргөнөөр ашиглагддаг термосифон хоолой байж болно.

*Түлхүүр үгс: Цэвдэг, Термосифон, Замын далан, Цагааннуур-Улаанбайшинт*

### 1. ОРШИЛ

Монгол Улс нь нийт 112,414.2 км авто замын сүлжээтэйгээс 14918.7 км нь олон улс, улсын чанартай авто замын сүлжээнд хамаардаг бөгөөд үүний 48.5 хувь буюу нийт 7227.5 км нь хатуу хучилттай зам юм. Үүнээс 1424 км нь цэвдэгт бүс нутгийг дайран өнгөрч байгаа боловч зам барилгын ажлын зураг төсөл боловсруулах болон барилга угсралтын ажлын явцад цэвдгийн нөхцлийг огт тооцоогүй байна [1].

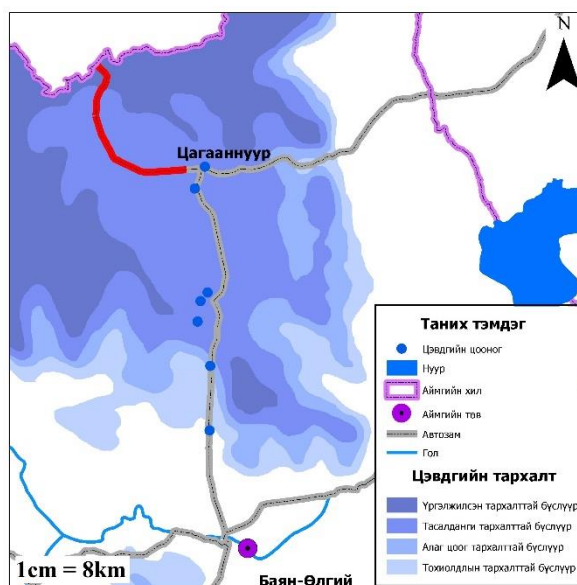
Уур амьсгалын өөрчлөлт болон хүний хүчин зүйлийн нөлөөгөөр мөсний агууламж ихтэй, дулаан цэвдэг ( $-2^{\circ}\text{C}$ -ээс их температуртай) эрчимтэй алдарч, тухайн газарт баригдсан хатуу хучилттай зам, замын байгууламжид суулт, хэв гажилт ихээр үүсэж байгаа талаар цөөнгүй судалгааны ажлууд хийгдсэн байдаг [2-6]. Иймд тухайн цэвдэгтэй бүс нутагт уур амьсгалын өөрчлөлт, дулаарлын нөлөөнд дасан зохицсон хийц, технологиор инженерийн шугаман байгууламж болох авто зам, төмөр зам, замын байгууламжийг барих нь цэвдэгтэй улс орнуудын инженер, техникийн ажилчид болон эрдэмтэн судлаачдын анхаарах гол асуудлуудын нэг болоод байна.

Тухайн цэвдэгтэй бүс нутагт инженерийн барилга байгууламж барихдаа цэвдгийн судалгаа хийлгүй барьж, цэвдгийн тархалт, шинж чанар, онцлогт тохирсон замын далангийн төлөвлөлтгүй хийснээр хатуу хучилттай замын доорх цэвдэг гэсэлтэнд орж, цэвдгийн дээд хилийн дулааны баланс өөрчлөгдөж хайлах нөхцөл бүрддэг. Энэ нь хатуу хучилттай замын чанарт нөлөөлж деформац, суулт, хагарлууд үүсгэдэг. Замын гадарга, ялангуяа асфальт-бетон гадарга нь нарны энергийг өөртөө шингээж улмаар доошоо гүнрүүгээ дулаан дамжуулснаар түүний доорх цэвдгийг тодорхой хэмжээнд гэсгээхэд хүргэнэ. Ингэж цэвдэг гэссэнээр түүнд агуулагдах мөсжилтийн хэмжээнээс хамаарч авто замын гадарга дээр хотойлт, суулт үүсдэг [7], [8]. Энэхүү судалгааны ажлын зорилго нь Монгол орны цэвдгийн үргэлжилсэн тархалттай бүс нутагт баригдаж буй Цагааннуур-Улаанбайшинт чиглэлийн 25.8 км авто замын K13+600:K13+800, K14+360:K14+500, K15+160:K15+300 зурвас хэсгүүдэд тохиромжтой замын далангийн хийц, технологийг боловсруулах мөн замын далангийн доорх цэвдгийг гэсэлтээс сэргийлэх арга, аргачлалаар замын даланг төлөвлөх юм. Иймд дээрх зорилгыг хэрэгжүүлэхийн тулд дараах зорилтуудыг дэвшүүлж байна. Үүнд:

1. Сонгож авсан зурвас хэсгүүдийн цэвдгийн тархалтыг тооцох зорилгоор өндөр нарийвчлал бүхий геофизикийн цахилгаан хайгуулын хэмжилтийг зурвас тус бүрт хийж гүйцэтгэх.
2. Геофизикийн цахилгаан хайгуулын үр дүнг баталгаажуулах зорилгоор өрөмдлөг, малталтын ажлыг хийж, өрөмдлөгийн ажлын явцад хөрсний үе давхаргуудаас эвдрээгүй бүтэцтэй дээжүүдийг авч цооногийг температурын хэмжилт хийх зорилгоор тоноглох.
3. Хөрсний тодорхой гүнүүдээс авсан дээжиндээ хээрийн болон лабораторын нөхцөлд мөсжилт, чийгшилт, ул хөрсний эзэлхүүн жин, ширхэгийн бүрэлдэхүүн, гэсэлтийн чөлөөт суулт зэрэг үзүүлэлтүүдийг тооцох.
4. Өрөмдлөгөөр бэлтгэсэн цооног бүрт идэвхитэй үе давхаргын зузаан, цэвдгийн дээд хилийн орших гүн, цэвдгийн дээд хилийн температур, цэвдгийн температур зэргийг мэдэх зорилгоор тодорхой гүнүүдэд температурын хэмжилтийг хийх.
5. Судалгааны үр дүнд гарсан цэвдгийн онцлог, шинж чанар мөн тухайн бүс нутагт тохирсон хийц, технологи шийдлийг боловсруулж, төсөл хэрэгжүүлж буй нэгжид санал, зөвлөмж хүргүүлэх зэрэг ажлуудыг хийж гүйцэтгэнэ.

## 2. СУДАЛГААНЫ АРГАЗҮЙ

Судалгаа гүйцэтгэсэн Цагааннуур-Улаанбайшинт чиглэлийн авто зам нь Монгол Алтайн нурууны өндөр уулс, уулс хоорондын хөндий, хотгор дайран гарч байна. Алтайн нуруу нь Алтай Таван Богдоос Гичгэнийн нуруу хүртэл Монгол Алтай, Гичгэнийн нуруунаас цааш Говь Алтайн нуруу болж 1800 орчим километр үргэлжилдэг (Зураг 1). Монгол Алтайн нуруу нь баруун хойноос зүүн урагш чиглэн аажмаар намсахын зэрэгцээ хэд хэдэн нуруу болж салаална [9].



Зураг 1. Судалгааны талбай.

Бид энэхүү судалгааны зурвас хэсгүүдийн цэвдгийн тархалтыг тооцох зорилгоор өндөр нарийвчлал бүхий геофизикийн цахилгаан хайгуулын аргыг ашигласан. Энэхүү аргаар хөрс чулуулгийн хувийн цахилгаан эсэргүүцлийн физик хэмжигдэхүүнийг тодорхойлох бөгөөд, хувийн цахилгаан эсэргүүцлийг (Ом)  $\Omega$  -ын утгаар тархалтыг тодорхойлдог. Өндөр нарийвчлал бүхий геофизикийн цахилгаан хайгуулын хэмжилтийн мэдээг тусгай программ хангамжийн тусламжтайгаар боловсруулж, хэмжилтийн үр дүнг зурган хэлбэрээр боловсруулдаг [10]. Дээрх аргаар газрын гадаргаас доош 5-80 м гүнд тархах цэвдгийн тархалтыг өндөр нарийвчлалаар тодорхойлоход ашигладаг. Хөрс чулуулгийн хувийн цахилгаан эсэргүүцэл нь түүний эрдэс чулуулаг, чийгшилт, сүвшилт, усаар ханасан байдал зэргээс хамаарч харилцан адилгүй эсэргүүцлийн утгатай байдаг. Цахилгаан эсэргүүцлийн геофизикийн хэмжилтийг ихэвчлэн гидрогеологи, уул уурхай, геотехник, байгаль орчны судалгаанд хэрэглэдэг. Дээрх хэмжилтүүдийг Франц улсын “IRIS INSTRUMENTS” компанийн SYSCAL R1+ болон SWITCH PRO багажуудын тусламжтайгаар хийж гүйцэтгэсэн [11],[12].

Өндөр нарийвчлал бүхий геофизикийн цахилгаан хайгуулын хэмжилтийн үр дүнд үндэслэн өрөмдлөгийн ажлыг хийж гүйцэтгэсэн. Өрөмдлөг малталтын арга нь газрын гүнд орших чулуулгийг өрөмдлөгийн техникийн эргэлтийг ашиглаж чулуулгийн хэмхдэсний үе давхаргуудыг хооронд нь холихгүйгээр гаргадаг. Эргэлтэт өрөмдлөгийн аргыг кернтэй өрөмдлөг, кернгүй өрөмдлөг гэж ангилдаг. Кернтэй өрөмдлөг нь цооногийн ёроол цагариг хэлбэртэй өрөмдөж түүнд чөмгөн дээж буюу керн бий болдог. Энэхүү судалгаанд хөрсний үе давхаргуудаас дээж цуглуулах зорилгоор хуурай өрөмдлөгийн аргыг ашигласан. Дээрх аргаар цуглуулсан дээжиндээ хээрийн нөхцөлд чийгшилт, гэсэлтийн чөлөөт суулт, ул хөрсний эзэлхүүн жин, ширхэгийн бүрэлдэхүүн зэргийг тодорхойлж, температурын хэмжилт хийх зорилгоор цооног тоноглож Америкийн Нэгдсэн Улсын ONSET Computer Corporation үйлдвэрлэсэн НОВО U12 загварын 4 суваг бүхий температур хэмжигч төхөөрөмжийг ашиглаж хэмжилтийг хийж гүйцэтгэсэн [13].

### 3. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

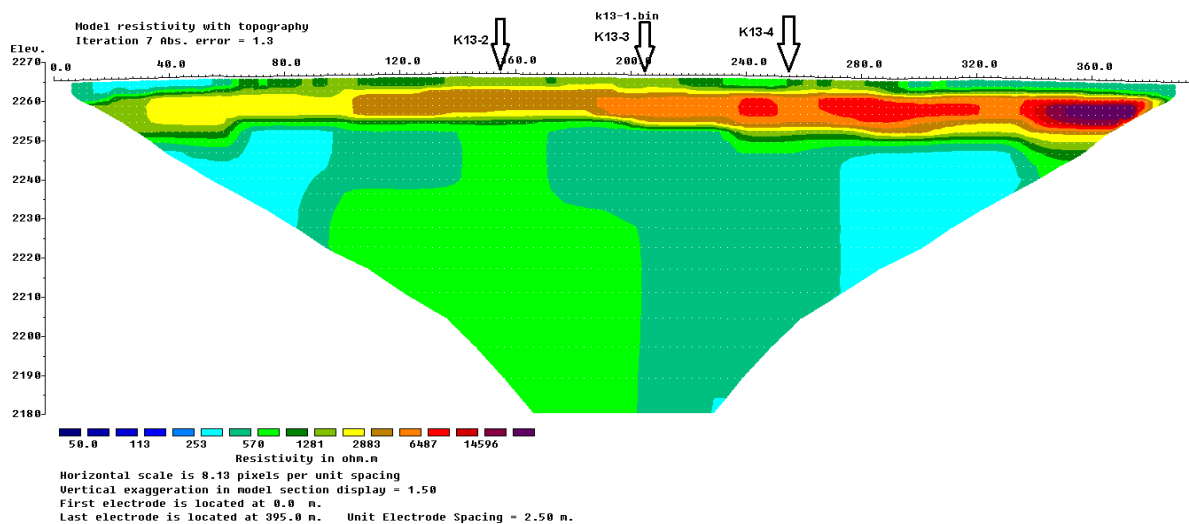
#### *K13+600:K13+800 хэсэг*

Тухайн зурвас хэсэг нь Улаанбайшинт чиглэлд нийт 200 м урттай ба гадаргын хувьд уулын зүүн хажуугийн тачир ургамал бүрхэвчтэй налуу багатай бэл хормойн хэсэгт оршино (Зураг 2).



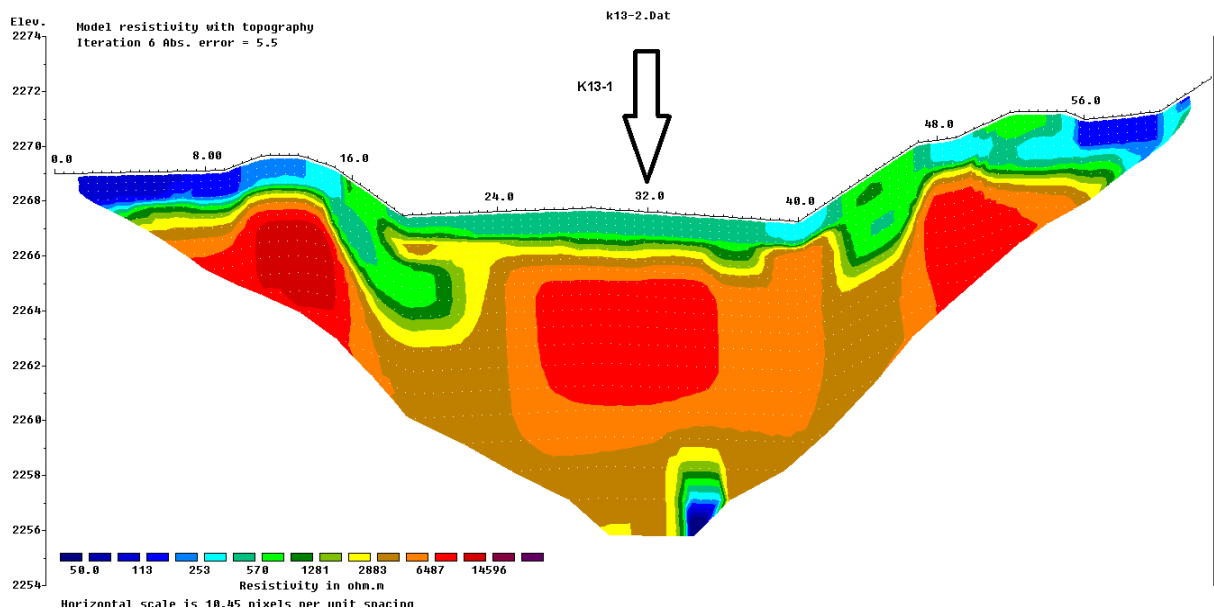
Зураг 2. K13+600:K13+800 зурвас

K13+600:K13+800 зурвас хэсгийн геофизикийн цахилгаан хайгуулын дагуу зүсэлтийг зураг 3-т үзүүлэв. Уг зүсэлтийн нийт урт 400 м бол нэвчсэн гүн нь 75 м болно. Илэрсэн цахилгаан эсэргүүцлийн инверсийн утга нь  $50 \Omega \cdot \text{м}$ -аас  $>14596 \Omega \cdot \text{м}$  хооронд хэлбэлзэх бөгөөд  $1281 \Omega \cdot \text{м}$ -ээс бага эсэргүүцэлтэй хэсгийг улирлын гэсэлтийн давхарга гэж үзсэн бол  $1281 \Omega \cdot \text{м}$ -ээс дээш эсэргүүцэлтэй хэсгийг мөсжилт ихтэй цэвдэг хөрс гэж үзэв. Харин 10-15 м-ээс доош гүнд орших  $380-1281 \Omega \cdot \text{м}$  эсэргүүцэлтэй хэсгийг мөсжилт багатай цэвдэг гэж үзсэн бол  $380 \Omega \cdot \text{м}$ -ээс бага эсэргүүцэлтэй хэсгийг чийгшилт ихтэй, эсвэл усаар ханасан хөрс чулуулаг гэж үзсэн. Өрөмдлөгийн үр дүнгээр 2-3 м гүнд улирлын гэсэлтийн давхарга орших бол энэ гүнээс доош 13-15 м хүртэлх гүнд мөсжилт ихтэй цэвдэгтэй, үүнээс доош гүнд мөсжилт багатай цэвдэгтэй. Зарим гүндээ гэсгэлүүн үе давхаргатай болно.



Зураг 3. K13+600:K13+800 зурвас хэсгийн цахилгаан хайгуулын томографын замын дагуух зүсэлт

K13-2 зүсэлт нь замыг хөндлөн огтлолын дагуу хэмжсэн зүсэлтийг харуулах бөгөөд 64 м урттай, 15 м-ийн нэвчих гүнтэй болно. Өнгөрсөн жил ухмал үүсгэсэн гадаргаас доош 2.5-3.0 м хүртэл гэсэлт үүссэн бол ухмалын хоёр хажууд тодорхой хэмжээний гэсэлтүүд үүссэн байна (Зураг 4).



Зураг 4. K13-2 Зүсэлт

Тухайн зүсэлтийн дагуу гадаргаас 2.5-3.0 м хүртэлх гүнд улирлын гэсэлтийн давхарга бол түүнээс доош мөсжилт ихтэй цэвдэг үргэлжилэн оршино. Энэ K13-2 зүсэлтийн дунд хэсэгт цооног өрөмдөж хөрсний дээж авч чийгшилт, эзэлхүүн жин, гэсэлтийн чөлөөт суулт, ширхэгийн бүрэлдэхүүн зэрэг үзүүлэлтийг хээрийн нөхцөлд болон лабораторын нөхцөлд тодорхойлсон. Өрөмдөлтөөр шаргал өнгийн элсэн чигжээстэй хайрган хөрс зонхилох бөгөөд дээрх зүсэлтийн дагуу 3 цооног өрөмдөхөд 2-3.1 метрийн хооронд цэвдгийн дээд хил илэрнэ. Замын хажуу талд байгалийн нөхцөлдөө орших цэгт өрөмдөж үзэхэд 0.1 м-ээс хөлдүү эхэлсэн боловч ажиглалтаар улирлын гэсэлтийн давхарга 3.1 метрт оршино. Өөрөөр хэлбэл энгийн байгалийн нөхцөлдөө газар гадаргаасаа 3.1 м гэсдэг байна. Цооног бүрт улирлын гэсэлтийн давхаргын доор мөсжилт ихтэй цэвдэг хөрс илрэх бөгөөд эвдрээгүй бүтэцтэй хөрсний нягт нь 1.1-1.76г/см<sup>3</sup>, чийгшилт нь 26.51-76.92%, 3 м гүнд 6 см зузаантай цэвдэг хөрс гэсэх үед 0.5 см гэсэлтийн чөлөөт суулттай байхаар тус тус үзүүлэлттэй байна. 3 метрээс доош гүнд гэсэлтийн чөлөөт суулт илүү ихтэй байхаар байгаа ба мөс:хөрсний харьцаа зарим хэсэгт 77:23 байна. Өөрөөр хэлбэл зарим гүнд цэвэр мөсний үеүүдтэй болно (Зураг 5).



Зураг 5. K13-2 цооногийн 4-5 м гүний дээжид гэсэлтийн чөлөөт суултийг хээрийн нөхцөлд тооцоолсон байдал

#### ***K14+360:K14+500 хэсэг***

Тухайн зурвас нь Улаанбайшинт чиглэлд нийт 160 м урттай ба гадаргын хувьд баруунаас зүүн тийш чиглэсэн жижиг голын хойд талын дэнжийг хамран орших ба тачир ургамал бүрхэвчтэй. Байгалийн

өөрийн гадаргад физик-геологийн үйл явц, үзэгдэл болох нохойн хонхор ажиглагдах бол зам тавихаар ухсан хэсэгт гадарга дээр цэвдгийн гэсэлтийн суулт ажиглагдана (Зураг 6).



**Зураг 6.** K14+360:K14+500 зурвас

Тус зурваст өрөмдсөн цооногт 0-8 м хүртэлх гүнд шаргал өнгийн элсэн чигжээстэй хайрган хөрс цэвдэг төлөвт нилээдгүй мөсжилттэйгээр орших бол 8 м-ээс доош гүнд босоо болон налуу мөсний судал үеүүдтэй нуурын гаралтай саарал өнгийн шавранцар хөрс хөлдүү төлөвт оршино. Өрөмдөлтөөр мөсжилт ихтэй цэвдэг хөрс илэрсэн бөгөөд зарим хэсэгт цэвэр мөсний үетэй (Зураг 7).



**Зураг 7.** K14+360:K14+500 зурваст өрөмдсөн цооногийн мөсжилт ихтэй дээж

Хөрсний 2.8 м-ийн гүний чийгшилт 31.1%, 5-7 м-ийн гүний эвдрээгүй бүтэцтэй дээжний нягт 2.26-2.36г/см<sup>3</sup>, 3-7 м-ийн гүний температур -2.25°C ~ -2.8°C хооронд тус тус байв.

### ***K15+160:K15+300 хэсэг***

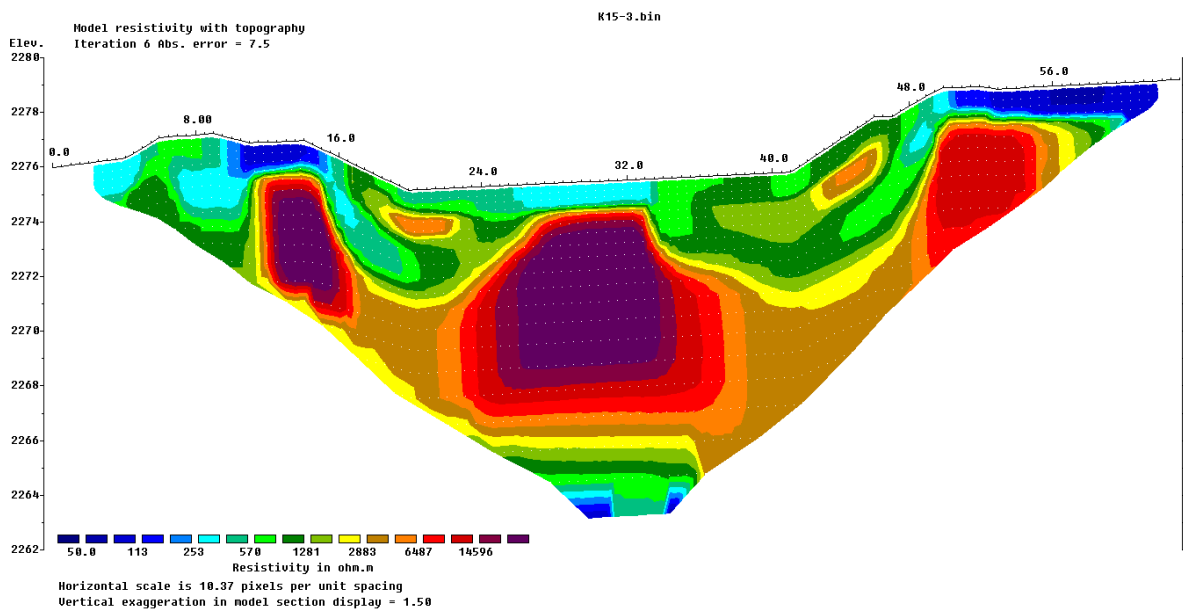
Тухайн зурвас нь Улаанбайшинт чиглэлд нийт 140 м урттай ба гадаргын хувьд уулын зүүн хажуугийн тачир ургамал бүрхэвчтэй налуу багатай бэл хормойн хэсэгт оршино. Байгалийн өөрийн гадаргад янз бүрийн физик-геологийн үйл явц, үзэгдэл ажиглагдахгүй ч гэсэн зам тавихаар ухсан хэсэгт гадарга дээр цэвдгийн гэсэлтийн суулт ажиглагдана (Зураг 8).





Зураг 8. K15+160:K15+300 зурвас

Тус зурвас хэсэгт гүйцэтгэсэн геофизикийн цахилгаан хайгуулд өндөр эсэргүүцэлтэй хэсэг харилцан адилгүй тархсан байхаас гадна ухмалын хоёр хажууд тодорхой хэмжээгээр цэвдгийн өөрчлөлт ажиглагдаж карман гэсэлт үүсэж эхэлж байна (Зураг 9).



Зураг 9. K15+160:K15+300 хэсгийн цахилгаан хайгуулын томографын замын хөндлөн зүсэлт

Дээрх хэсэгт 3 цэгт өрөмдлөг хийсэн бөгөөд 2 цооног нь замын ухмал дотор хийгдсэн бол 1 цооног замын хажуугийн энгийн байгалийн нөхцөлтэй хөрсөн дээр өрөмдөгдсөн. Эдгээр цооногт шаргал өнгийн элсэн чигжээстэй хайрган хөрс мөсжилт ихтэй хөлдүү төлөвт оршино. Замын ухмалтай хэсэгт өрөмдсөн 2 цооногт цэвдгийн дээд хил 1.5-2 м-т илэрч байсан бол замын хажууд өрөмдсөн цооногт цэвдгийн дээд хил 3.1 м-ээс эхлэнэ. Өөрөөр хэлбэл замын ухмал хийсний дараа тухайн хэсэгт гадаргаасаа 1.5-2 м гэссэн бол байгалийн хэвийн нөхцөлд гэсэлтийн гүн 3.1 м байна.

Эдгээр цооногт мөсжилт ихтэй, зарим гүнд цэвэр мөстэй тул чийгшилтийн дээж аваагүй бөгөөд зөвхөн чөлөөт суулт, нягт, температур зэргийг тодорхойлсон болно (Зураг 10). Байгалийн нөхцөлд өрөмдсөн цооногийн 3-5 м гүний хөрсний нягт 1.81-2.3 гр/см<sup>3</sup> бол замын ухмалд өрөмдсөн цооногуудад хэмжсэн температураас үзэхэд 4-6 м-ийн гүний температур нь 2022 оны 5 сарын 5-ны байдлаар -4.1°C ~ -4.7°C хооронд байна.





**Зураг 10.** K15+160:K15+300 зурвас хэсэгт өрөмдсөн цооногийн 5м гүний дээж

#### 4. ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Монгол орны цэвдгийн үргэлжилсэн тархалттай бүс нутаг болох Баян-Өлгий аймгийн Ногооннуур сумын нутаг Цагааннуур тосгоноос ОХУ-тай хиллэдэг Улаанбайшинт хилийн боомт хүртэлх 25.8 км автозамын K13+600:K13+800, K14+360:K14+500, K15+160:K15+300 зурвас хэсгүүдийг сонгож цэвдгийн нарийвчилсан судалгааг хийсэн. Дээрх зурвас хэсгүүдийг сонгон авсан шалтгаан нь тухайн зурвас хэсгүүдийн замын даланг бэлтгэх явцад газрын гадаргад ажиглагдахуйц суулт, хэв гажилтууд үүссэн байсан. Иймд тухайн зурвас хэсгүүдийн цэвдгийн нөхцөлийг тодорхойлж гарсан үр дүн дүнд үндэслэн тохиромжтой замын далангийн шийдлийг боловсруулах мөн замын далангийн доорх цэвдгийг гэсэлтээс сэргийлэх арга, аргачлалаар замын даланг төлөвлөх зорилгоор цэвдгийн нарийвчилсан судалгааны ажлыг гүйцэтгэсэн. Цагааннуур-Улаанбайшинт чиглэлийн авто замын K13+600:K13+800, K14+360:K14+500, K15+160:K15+300 зэрэг хэсгүүдэд цэвдгийн судалгаа гүйцэтгэхэд дээрх бүх хэсгүүдэд цэвдгийн мөсжилтийн хэмжээ их байсан. Цэвдгийн мөсжилтийн хэмжээ их байх нь эргээд цэвдэг алдрах үед үүсэх хэв гажилтын хэмжээг нэмэгдүүлдэг. Мөн өнгөрсөн онд зам барихаар бэлтгэн ухаж тэгшилсэн хэсгүүдэд цэвдгийн гэсэлтийн суулт ажиглагдсан. Энэ нь тухайн газрын гадаргын нөхцлийг өөрчилсөн хэсгүүд нэг жилийн хугацаанд ажиглагдахуйц суулт өгч байгаа нь урт хугацааны туршид замыг тогтвортой байлгах боломжгүйг илтгэж байна. Мөн замын далан, түүний асфальт-бетон хучилт нь гадаргын цацраг, дулааны тэнцэлд эерэг болон сөрөг нөлөө үзүүлдэг. Асфальтан гадарга нь цацрагийн шингээлтийг нэмэгдүүлж улмаар дулааны тэнцэлд дулаацуулах нөлөөг үзүүлдэг. Дээрх суулт, гажилт үүссэн хэсгүүдийг судалж үзэхэд түүний доорх 1.5-3 м гүн хүртэлх хэсгүүдэд гэсэлт өгч улмаар суулт үүссэн байсан ба дээрх гүн нь түүнээс дооших гүний хэсэгтэй харьцуулахад харьцангуй мөсжилт багатай байсан. Асфальтан хучилт хийгээгүй үед 3 м хүртэлх гүний мөсжилт багатай хэсэгт гэсэлт явагдаж байгаа нь асфальтан хучилт хийснээр түүнээс доош гэсэлт явах гол баталгаа болж байна. Иймд дээрх хэсгүүдийн замын доорх цэвдгийг гэсэлтээс хамгаалах арга, аргачлал ашиглан автозамыг барих зайлшгүй шаардлагатай байна.

#### 5. ДҮГНЭЛТ

Цагааннуур-Улаанбайшинт чиглэлийн авто замын K13+600-K13+800, K14+360-K14+500, K15+160-K15+300 хэсгүүдийн цэвдгийн нөхцлийг тодорхойлох, цэвдгийн гэсэлтээс сэргийлэх арга, аргачлал боловсруулах судалгааны ажлын үр дүнд үндэслэн дараах дүгнэлтийг хийж байна.

- Тухайн бүс нутаг нь үргэлжилсэн, тасалданги тархалттай цэвдгийн бүслүүрт оршино. Тус судалгаанд хамрагдсан замын зурвас хэсгүүд нь урт үргэлжилсэн ам хөндийн нам дор хэсгийн зүүн хажуу бэл хормойн хэсгийг дайран өнгөрнө. Энэ хэсэгт мөсжилт ихтэй цэвдэг тархсан байх бөгөөд ховроор зарим жижиг голын хөндийд нохойн хонхор тохиолдоно.
- Хэмжилт, судалгаа хийсэн зурвасууд нь газрын гадаргын хэв шинж, хөрс чулуулгийн онцлогоороо өөр хоорондоо төстэй бөгөөд 1281Ω\*м-ээс дээш эсэргүүцэлтэй хэсгүүдэд мөсжилт ихтэй цэвдэг хөрстэй байсан.

- Дээрх хэсгүүдэд шаргал өнгийн элсэн чигжээстэй хайрган хөрс зонхилно. Энд 1.5-3.1 м-ээс цэвдэг хөрс илэрч энэ гүнээс доош 15 м хүртэл мөсжилт ихтэй цэвдэгтэй болно. Янз бүрийн гүнээс цэвдгийн дээд хил эхлэж байгаа нь тухайн замын ухмал хэсгүүд 2021 оны зун янз бүрийн хугацаанд ухмалыг ухсантай холбоотой болно. Харин энгийн байгалийн нөхцөлд цэвдгийн дээд хил 3.1 м-ийн гүнд оршино. Өөрөөр хэлбэл улирлын гэсэлт энгийн байгалийн нөхцөлд 3.1 м болно.

Асфальтан хучилт хийгдээгүй байх үед цэвдгийн гэсэлтийн нөлөөгөөр ухмал ухсан хэсгүүдэд хэд хэдэн суулт өгсөн мөн тухайн хэсгүүдээс авсан дээжүүдэд анализ хийхэд мөсний агууламж нь хөрсний агууламжаасаа 3 дахин их байсан нь (мөс:хөрс 77:23) тухайн автозамын доорх цэвдгийг хамгаалах зайлшгүй шаардлагатай байна.

Иймд тухайн хэсгүүдэд дараах арга хэмжээнүүдийг авахыг зөвлөж байна:

K13+600÷K13+800, K14+360÷K14+500, K15+160÷K15+300 хэсгүүдэд мөсжилт ихтэй цэвдэгтэй онцлогийг харгалзан үзэж налуу хэлбэрийн термосифоныг зөвлөмж болгохоос гадна замын хоёр талыг ус зайлуулах дернажийн сувгийн доор ус үл нэвтрүүлэгч дэвсэх шаардлагатай. Мөн дулааны улиралд асфальт-бетон хучилтаас ирэх дулааны хэмжээг бууруулах зорилгоор далангийн тодорхой үеүүдэд дулаан тусгаарлагч дэвсэх шаардлагатай. Ингэснээр налуу термосифоноор замын доорх цэвдгийн гэсэлтийг зогсоох бол далангийн тодорхой түвшинд хийсэн дулаан тусгаарлагч нь дулааны улирлын хөрсний гүнрүү дамжих дулааны хэмжээг сааруулж өгнө. Мөн дулааны улиралд замын хоёр талын ус зайлуулах шуудуугаар дамжин өнгөрөх ус нь хөрсөндөө чөлөөтэй нэвчиж, доош инфильтрацийн нөлөөгөөр цэвдэг гэсэх онцлогтой. Усны чөлөөтэй доош нэвчихээс хамгаалж ус дамжуулах шуудуун доор ус үл нэвтрүүлэгч материал дэвсэж өгөх шаардлагатай.

## ТАЛАРХАЛ

Тус ажлыг гүйцэтгэхэд бүх талын дэмжлэг туслалцааг үзүүлж хамтарч ажилласан Баруун бүсийн босоо тэнхлэгийн авто замын зохицуулагч Б.Баянамгалан, ICT Сайн Консалтинг ХХК-ийн зөвлөх багийн ахлагчийн орлогч Ч.Энхжаргал, зөвлөх Рам Камсар, түүний багийн хамт олон, Лунзян Роуд энд Бридж ХК-ийн ерөнхий инженер Шанвей (Shangwei), орчуулагч Д.Анхбаатар нарт гүн талархал илэрхийлье. Мөн Цагааннуур тосгоны иргэн Х.Күншуахад хамтарч ажилласанд талархал илэрхийлье.

## АШИГЛАСАН НОМ, ХЭВЛЭЛ

- [1] Г. Цогт-Эрдэнэ, ба бусад. 2021. “Ховд-Өлгий чиглэлийн авто замын Бураатын даваа орчим дахь замын далангийн эвдрэлтэй хэсэгт гүйцэтгэсэн цэвдэгт-инженер геологийн судалгааны ажлын үр дүн” Хүрэлтогоот-2021.
- [2] Я. Жамбалжав, ба бусад. 2022. “Авто замын далангийн доорх цэвдгийг термосифон хоолойгоор хөргөж буй анхны үр дүнгээс”. Барилга байгууламжийн геотехникийн 15-р эрдэм шинжилгээний хурлын эмхэтгэл-2022, 67-72.
- [3] А. Саруулзаяа, “Сүхбаатар дүүргийн 19-р хороо, Санзай зуслан орчмын 2.6 км хатуу хучилттай авто замын засвар, шинэчлэлийн зураг төсөл боловсруулах ажлын цэвдгийн судалгааны ажил-2021”.
- [4] А. Саруулзаяа, “Улаанбаатар-Дархан чиглэлийн автозамын өргөтгөлийн ажлын эвдрэлтэй хэсгүүдэд гүйцэтгэсэн цэвдгийн судалгаа-2021”.
- [5] Я. Жамбалжав, Г. Цогт-Эрдэнэ, Г. Уламбаяр, “Өлгий-Ховд чиглэлийн автозамын K78+980:K79+240, K80+360:K80+700, K81+400:K81+500, K82+800:K82+820, K83+980:K83+988, K99+580:K99+600, K99+820:K99+834 хэсэгт гүйцэтгэсэн цэвдэгт инженер-геологийн судалгааны ажил-2021”
- [6] А. Саруулзаяа, Г. Цогт-Эрдэнэ, Г. Уламбаяр, “Богдхан төмөр замын трассын дагуух цэвдгийн судалгааны ажил-2022”
- [7] А. Саруулзаяа, Б. Отгонбаяр, Т. Мөнхбаатар, Я. Жамбалжав, Г. Цогт-Эрдэнэ, Г. Уламбаяр, “А1101 дугаартай Мөрөн-Хатгал чиглэлийн улсын чанартай авто замын 30 м далаанд цэвдгийн гэсэлтээс

- урьдчилан сэргийлэх зорилгоор хийсэн геотекстиль-геомембраны туршилт”. Монгол орны газарзүй-геоэкологийн асуудал №41, 529-534. 2020.
- [8] А. Саруулзаяа, “А1101 дугаартай Мөрөн-Хатгал чиглэлийн улсын чанартай авто замын даланд геофизикийн судалгааг үндэслэн далан барих технологийг өөрчлөн засварлах судалгааны ажил-2020”.
- [9] Ш. Цэгмид, 1969. “Монгол орны физик газарзүй”, Улаанбаатар хот.
- [10] Schlumberger., et al., 1933. Submarine geophysical study made in the harbor of Algiers. *Ponts et Chaussées Annales* v.2 no.47, p. 445-446.
- [11] M. H. Loke, Electrical resistivity surveys and data interpretation. In Gupta, H (ed), *Solid Earth Geophysics Encyclopaedia* (2nd Edition) “Electrical & Electromagnetic” Springer-Verlag, 276-283. 2011. Available: [https://doi.org/10.1007/978-90-481-8702-7\\_46](https://doi.org/10.1007/978-90-481-8702-7_46)
- [12] M. H. Loke, et al., 2013. Recent developments in the direct-current geoelectrical imaging method. *Journal of Applied Geophysics*, 95, 135-156. Available: <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2013.02.017>
- [13] Монгол улсын норм норматив, “Өрөмдлөгийн багажийн норм- БНБД 82-04-01. 2002.