

Цэвдэгт бүс нутгийг дайран өнгөрч буй хатуу хучилттай замын дагуух өндөр нарийвчлалтай геофизикийн цахилгаан томографи хэмжилт

А.Саруулзаяа, Я.Жамбалжав***
**ШУА-ийн Газарзүй-Геоэкологийн Хүрээлэн*
Цахим шуудан: saruulzaya@gmail.com

Abstract

Along paved roads in warm permafrost zones of Mongolia, significant settlement and deformations related to creep were found at many places where the embankments are unusually thin. Therefore, the stabilization of the embankments must be taken into consideration, particularly for those embankments directly underlain by the warm permafrost layer. The purpose of this study is to investigate the settlement and deformations of the paved roads in warm permafrost regions of Mongolia. Five experimental sites were selected in Chuluut (R01) and Terkh (R02) river valleys of Arkhangai aimag, Khuren tal (R03) of Zavkhan aimag, Tsagaannuur (R04) of Bayan-Ulgii aimag, and Alag-Erdene (R05) of Khuvsgul aimag respectively. Two sites (R01 and R05) are located in the sporadic permafrost zone while other three sites exist (R02, R03, and R04) in the continuous permafrost zone. In this survey, we measured high-resolution ERT on the permafrost underneath the paved roads using the Wenner and Wenner-Schlumberger arrays. The multi-electrode resistivity technique uses a syscal R+, a switch pro and several multi-core cables. A unit of 96 electrodes plugged into the ground at a fixed distance of 1-5 m. According to the drilling survey, the ground materials identified with hand drilling equipment (TANAKA Japan) at all sites during the fieldwork in August 2017. As the results show, frozen ground was identified at boreholes in the R02 (3.4 m), R03 (3.0 m), R05 (3.2 m) sites, while it was absent at the R04 and R01 sites. According to high-resolution ERT measurement, the upper and lower permafrost limits have resistivity values of 1022 Ω m. These permafrost limits were associated with drilling results of the boreholes. At all sites excluding the R03 site, settlement and deformations of the paved road surface were found with different rates between 5 cm and 30 cm. High-resolution ERT measurements clearly show the permafrost thawing, especially underneath the embankment in the R01, and R04 sites, where the permafrost thawed down to 11 m within 1-5 years after the paved road construction.

Түлхүүр үг: цэвдэг, хатуу хучилттай зам, геофизикийн цахилгаан томографи

Оршил

Монгол улсын үндэсний авто замын сүлжээ нь 12722 км бөгөөд үүнээс улсын чанартай авто замын сүлжээний нийт 7427.1 км буюу 48 хувь нь хатуу хучилттай авто замаар ашиглагдаж байна (Сэрээтэр Ж., 2017). Дэд бүтцийн салбар хурдацтай хөгжиж буй өнөө үед Монгол улсын тогтвортой хөгжлийн үзэл баримтлал 2030, Монгол Улсын Засгийн газрын 2016-2020 оны үйл ажиллагааны хөтөлбөр, манай орны нийгэм, эдийн засгийн хөгжилтэй холбоотойгоор хот суурин, аймаг, сумдыг хатуу хучилттай замаар холбох ажил ид өрнөж байна (МУТХҮБ-2030). Эдгээр баригдсан болон барихаар төлөвлөж байгаа авто замуудын тодорхой хэсэг нь Монгол орны цэвдэгт бүс нутгийг дайран өнгөрдөг.

Уур амьсгалын өөрчлөлт болон хүний хүчин зүйлийн нөлөөгөөр мөсжилт ихтэй, дулаан цэвдэг (-2°C -ээс дээш температуртай)-тэй бүсэд цэвдгийн алдрал эрчимтэй явагдаж, тухайн газарт баригдсан хатуу хучилттай зам, замын байгууламжид суулт, деформаци ихээр үүссэн нь тогтоогдсон (Ferrell M., 2010; Zheng et al., 2010; Liu et al., 2017). Иймд тухайн бүс нутгийн уур амьсгал болон цэвдгийн өөрчлөлтөд дасан зохицсон хийц, технологиор хатуу хучилттай зам барих нь судлаач, мэргэжилтнүүдийн анхаарах гол асуудлын нэг болоод байна.

Цэвдэг өргөн тархсан бүс нутагт орших АНУ-ын Аляск муж, ОХУ-ын Сибир, Канад, БНХАУ-ын Төвдийн Тэгш Өндөрлөгт инженерүүд-судлаачдын хамтарсан багууд нэгдэж зам, замын байгууламжийг уур амьсгалын өөрчлөлтөнд дасан зохицсон хийц, технологийн олон янзын шийдлүүдийг өргөн ашиглаж чанартай, бат бөх, олон жилийн ашиглалттай, даацын тэсвэртэй инженерийн байгууламжийг онол-практикт нэвтрүүлсэн олон сайн

*Төслийн удирдагч

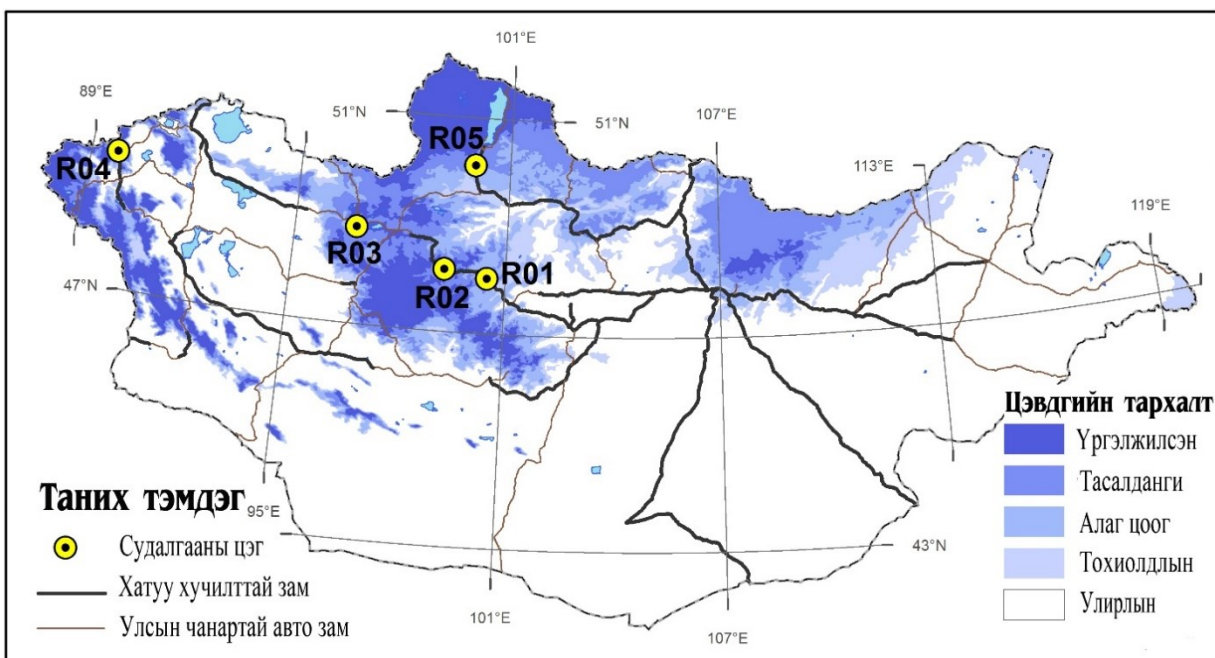
туршлага байдаг бөгөөд цэвдэгт бүсэд тулгамдаж буй инженерийн байгууламжийн асуудлаа шийдвэрлэж чадсан (Саруулзаяа А., 2018). Эдгээр инженерийн шийдлүүд нь цэвдэг хөрсөнд үзүүлэх дулаан, техникийн нөлөөллийг бууруулах үйлчлэлээр нь идвэхтэйгээс идвэхгүй хөлдөөгч аргууд гэж ангилдаг (Ferrell M., 2010). Үүнээс гадна дээр дурьдсан улс орнууд хатуу хучилттай замын дагуу зарим хэсэгтээ уур амьсгалын өөрчлөлт болон цэвдгийн гэсэлтийг хянах зорилгоор маш олон тооны мониторингийн цэгүүд байгуулсан байдаг (Liu et al., 2017). Энэ нь нийгэм эдийн засгийн чухал ач холбогдолтой бөгөөд гэсэлтэнд илүү өртөж буй замын зурвас хэсэгтээ тохирсон арга, аргачлал ашиглаж засвар арчлалт хийснээр урсгал засварт зарцуулагдаж буй эдийн засгийн мөнгөн урсгалыг үр ашигтай зарцуулах ухаалаг механизмыг бүрдүүлж өгдөг.

Дэлхий нийтийг хамарсан уур амьсгалын дулааралтай холбоотойгоор цэвдэгт бүс нутгуудад харилцан адилгүй өөрчлөлт, дулааралт ажиглагдаж байгаа бол зарим хэсэгт цэвдэггүй болсон нь хүртэл тогтоогдсон байдаг (Romanovsky et al., 2010; Жамбалжав нар, 2013). Монгол оронд тогтвортой цаг уурын ажиглалт хэмжилт хийж эхэлсэн 1940-өөд оноос хойш агаарын жилийн дундаж температур 2.24°C дулаараад байгаа нь даруй дэлхийн дундажаас 3 дахин өндөр байна. Энэхүү эрчимтэй дулааралтын нөлөөгөөр тэг градуст ойрхон температуртай нимгэн цэвдгүүд устаж үгүй болж байна (Жамбалжав нар, 2013).

Монгол улс дээр өгүүлсэн улс орны хөгжлийн урт болон дунд хугацааны бодлогын баримт бичгүүдэд зам, замын бүтээн байгуулалтын ажил тусгаад зогсохгүй, сүүлийн жилүүдэд цэвдэгтэй бүсэд хатуу хучилттай зам идэвхтэй баригдаж байна. Үүнээс ойролцоогоор 1200 км хатуу хучилттай зам нь жилийн дундаж хөрсний температур -2.0°C -ээс их, дулаан цэвдэгтэй газарт баригдсан байдаг (Saruulzaya et al., 2018). Монгол орны нутаг дэвсгэрт тархсан цэвдэг нь дулаан цэвдэгтэй бүс нутагт хамрагддаг (Жамбалжав Я., 2017), эх газрын эрс тэс уур амьсгалтай, агаарын температурын хэлбэлзэл ихтэй бөгөөд тухайн бүс нутагт баригдсан хатуу хучилттай замуудад суулт, гажилт, хагарал зэрэг эвдрэлүүд ихээр ажиглагдах болсон (Саруулзаяа А., 2014). Хатуу хучилттай замд үүссэн эдгээр суулт, гажилт, хагарал нь ялангуяа мөсжилт ихтэй цэвдэгтэй газруудад баригдсан намхан далантай авто замд голдуу тохиолддох бөгөөд ашиглалтанд орсноос хойш 1-5 жилийн дотор зөвшөөрөгдөх хэмжээнээс илүүтэй суулт, хотойлт үзүүлж зорчигч нарын ая тухтай зорчих нөхцөлд сөргөөр нөлөөлж байна. Иймд уг замуудын эвдрэлийн шалтгааныг тодорхойлох зорилготой Боловсрол, Соёл, Шинжлэх ухаан, Спортын яамны захиалгатай “Зарим автозамын дагуух цэвдгийн судалгаа” нэртэй суурь судалгааг хэрэгжүүлж эхлээд байна. Энэхүү сэдэвт ажлын гол зорилго нь цэвдэгт бүсэд баригдсан хэд хэдэн замуудад цэвдгийн гэсэлтээс үүдсэн замын эвдрэлийг судлаж, мониторингийн цэгүүд байгуулж, туршилт, судалгаа хийх.

Судалгаа явуулсан газар нутаг

Цэвдэгт бүс нутгийг дайран өнгөрч буй хатуу хучилттай замын дагуух энэхүү судалгаанд баригдсан болон баригдхаар төлөвлөж байгаа хатуу хучилттай замын дагуу Архангай аймгийн Өндөр-Улаан сумын Чулуутын голын хөндийд R01-р цэг, Тариат сумын Тэрхийн голын хөндийд R02-р цэг, Завхан аймгийн Тэлмэн сумын Хүрэн талын хөндийд R03-р цэг (зам тавихаар төлөвлөж байгаа), Хөвсгөл аймгийн Алаг-Эрдэнэ сумын төв орчимд R04-р цэг, Баян-Өлгий аймгийн Цагааннуур тосгоны нутагт R05-р цэгүүдийг тус тус сонгож авсан (1-р зураг). R01 болон R05 судалгааны цэгүүд нь цэвдгийн алаг цоог тархалттай бүслүүрт, харин R02, R03, ба R04 цэгүүд үргэлжилсэн тархалттай цэвдэгт бүслүүрт оршдог. Эдгээр судалгааны цэгүүдийн цэвдгийн ерөнхий нөхцлийг 1-р хүснэгтэд дэлгэрэнгүй харуулав.



1 дүгээр зураг. Цэвдгийн тархалт ба судалгааны цэгүүд

1 дүгээр хүснэгт. Судалгааны цэгүүдийн цэвдгийн ерөнхий нөхцөл

	R01-р цэг	R02-р цэг	R03-р цэг	R04-р цэг	R05-р цэг
Цэвдгийн тархалт	Алаг цоог	Үргэлжилсэн, тасалданги	Үргэлжилсэн, тасалданги	Тасалданги	Алаг цоог
10-15м гүний цэвдгийн температур (°C)	-0.45°C	-1.2°C	-0.4°C	-0.65°C	-0.7°C
Идвэхтэй давхрагын зузаан (м)	1.6 – 3 м	3 м	3 - 4 м	3.5 - 4 м	4.5 м
Цэвдгийн зузаан (м)*	36 м	105 м	24 - 28 м	> 15 м	15 – 40 м
Мөсний агууламж (%)**	Дунд 10-20%	Дунд 10-20%	Дунд 10-20%	Дунд 10-20%	Дунд 10-20%
Хурдас*	Хайрга, элс, шавар	Хайрга, элс	Нарийн ширхэгтэй элс, хайрга	Бүдүүн ширхэгтэй элс, хайрга	Бүдүүн ширхэгтэй элс, хайрга
Цэвдэгт үзэгдэл	Термокарстын нуур, бөөрөг, дов сондуул	Бөөрөг, дов сондуул, солифлюкци, нохойн хонхор	дов сондуул, нохойн хонхор	Термокарстын нуур, дов сондуул	-

*Жамбалжав Я., 2017; **Brown J., 1997

*Жамбалжав Я., 2017. Монгол орны цэвдгийн тархалт, өөрчлөлт. ** Brown, J., 1997. Circum-Arctic map of permafrost ground-ice conditions.

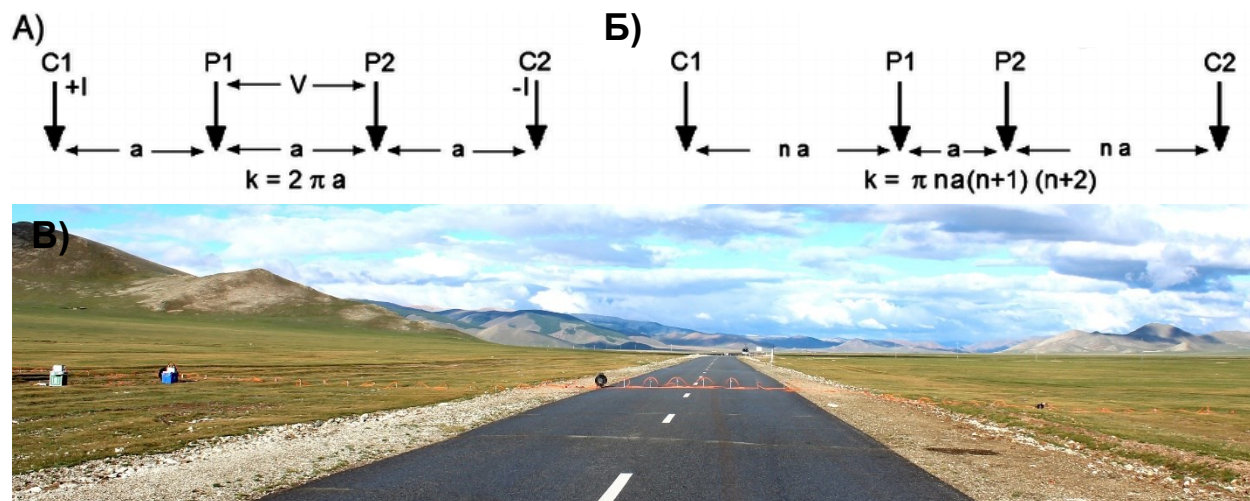
Судалгааны арга зүй

Энэхүү судалгаанд хатуу хучилттай замын дагуу хуурай өрөмдлөгийн аргаар цооног өрөмдөж, дээжний хээрийн бичиглэл, цэвдэг хөрсний гэсэлтийн чөлөөт суулт зэргийг судалгааны цэгүүдэд хээрийн нөхцөлд тодорхойлов. Түүнчлэн судалгааны цэгүүд болох хатуу хучилттай замын даланд өндөр нарийвчлалтай геофизикийн цахилгаан томографийн хэмжилтийг замын даланг хөндлөн огтолсон зүсэлтүүд хийв.

Өндөр нарийвчлалтай геофизикийн цахилгаан томографийн “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 хэрэглэв (2-р зураг). Францын “IRIS INSTRUMENTS” компанийн 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.

Япон улсын TANAKA компанийн моторт гар өрөмдлөгийн төхөөрөмж ашиглаж замын далангийн ойролцоо өрөмдлөг хийж, дээжинд шаардлагатай үзүүлэлтүүдийг тодорхойлохоос гадна температур хэмжих зорилгоор хоолойгоор тоноглов. Тус өрөмдлөгийн төхөөрөмж нь эргэлтэд хуурай өрөмдлөгийн аргын нэг бөгөөд 10 м хүртэл гүн өрөмдөх чадалтай.

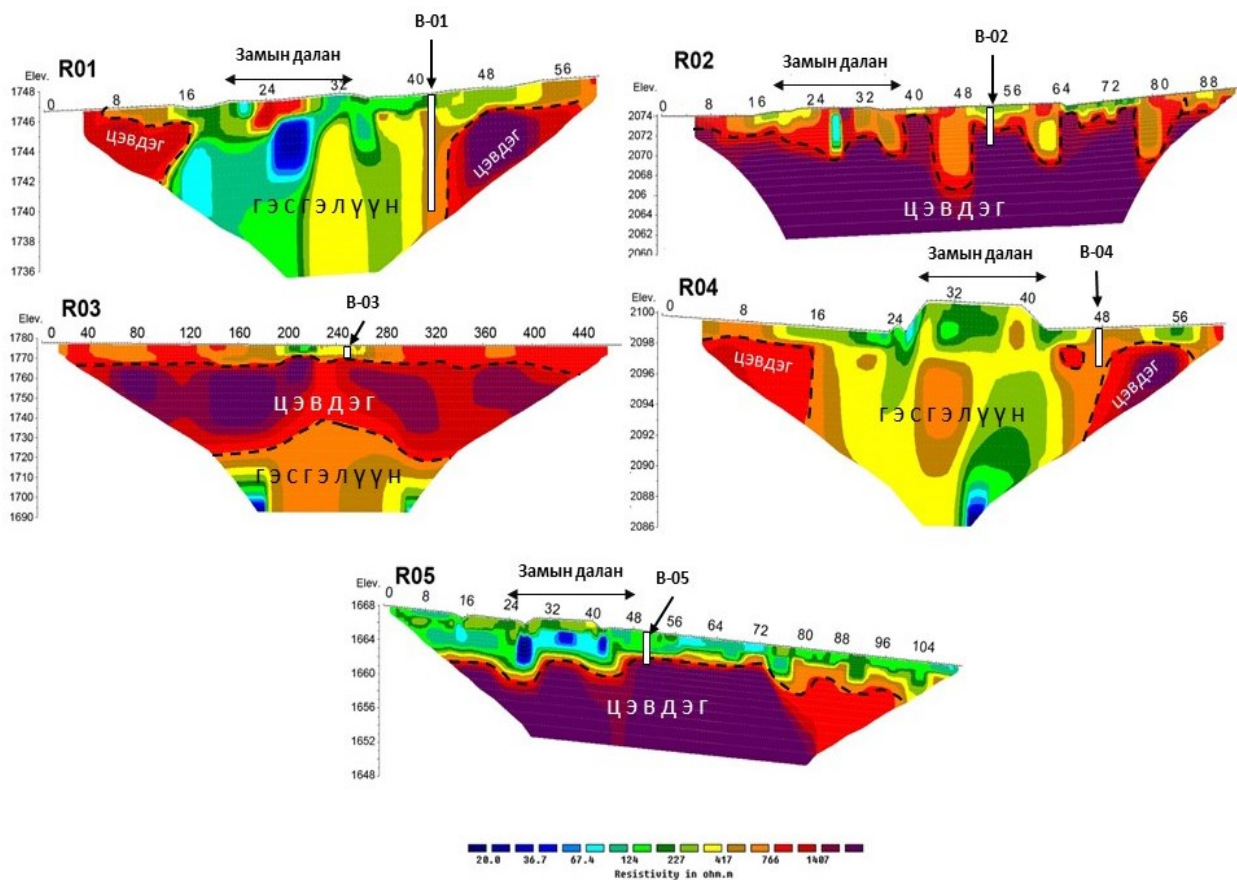
Уг судалгаанд бид өндөр нарийвчлалтай геофизикийн цахилгаан томографийн хэмжилт, судалгааны цэгүүдтэй ойролцоо орших урт хугацааны цэвдгийн мониторингийн температурын мэдээ болон замын далангийн ойролцоо өрөмдсөн хөрсний зүсэлтийн мэдээнүүд ашигласан.



2 дугаар зураг. Өндөр нарийвчлалтай геофизикийн цахилгаан томографийн хэмжилт: А) Веннер, Б) Веннер-Шлюмбержегийн арга, В) Замын даланг хөндлөн огтолсон геофизикийн зүсэлт

Судалгааны үр дүн

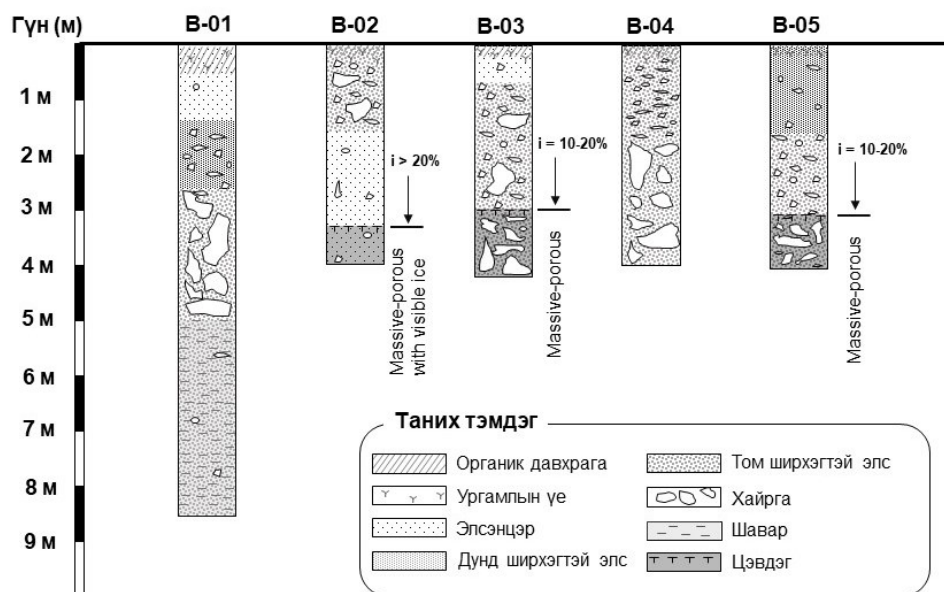
Судалгааны 5 цэгүүд дээр хатуу хучилттай замын даланг хөндлөн огтолсон өндөр нарийвчлалтай геофизикийн цахилгаан томографийн зүсэлтүүд хийсэн (3-р зураг). Чулуутын голын хөндийн R01-р цэг дээр геофизикийн томографын зүсэлтийг 1 м-ын алхамтай, 64 электродтой, 12 м хүртлэх гүнд хийсэн ба 41 дэх электрод байрлах цэг дээр 8 м гүнтэй B01 цооног өрөмдөв (4-р зураг). Өрөмдлөгөөр цэвдэг илрээгүй бөгөөд ул хөрс нь нимгэн органик үе давхарга, тоосорхог нарийн ширхэгтэй элс, элсэн чигжээстэй хайр, хайрга, шавранцарын үеүдээс тогтсон байна. Өндөр нарийвчлалтай геофизикийн цахилгаан томографийн зүсэлтээр хөрсний хувийн цахилгаан эсэргүүцэл нь $<20 \text{ Ом*м}$ ээс 2100 Ом*м хооронд хэлбэлзэнэ. 1000 Ом*м -ээс өндөр хувийн цахилгаан эсэргүүцэлтэй хэсэг нь замын далангийн доор гүехэн гүнд ба замаас тодорхой зайд хоёр талд тодорхой гүнүүдэд илэрэв. Энд 1000 Ом*м -ээс дээш хувийн цахилгаан эсэргүүцэлтэй хэсгийг элсэн чигжээстэй хуурай хайр, хайрга ба хөлдүү хөрс гэж ялган зураглав. Судалгааны R01-р цэгт хийсэн хээрийн хэмжилтээр замын гадаргад 30 см хүртэл хотойлт үүссэн байв.



3 дугаар зураг. Судалгааны цэгүүд дээрх өндөр нарийвчлалтай геофизикийн цахилгаан томографийн зүсэлт

Тэрхийн голын хөндийд орших R02-р цэг дээр зам хөндлөн огтолсон цахилгаан эсэргүүцлийн томографийн зүсэлтийг 1 м алхамтай, 128 электродтой, 12 м хүртлэх гүнд хийсэн ба 54 дэх электрод байрлах цэг дээр 3.4 м гүнтэй B02 цооног өрөмдсөн (3-р зураг). Өрөмдлөгөөр 2017 оны 8 сарын 24 байдлаар 3.4 м-т хөлдүү хөрс илэрэв. Ул хөрс нь нимгэн органик үе давхарга, элсэн чигжээстэй хайр, хайрга, хайр, хайргатай бүдүүн ширхэгтэй

элснээс тогтоно (4-р зураг). Хөлдүү хөрсөнд гэсэлтийн харьцангуй чөлөөт суулт 0.89 мм байв. Харин геофизикийн цахилгаан зүсэлтээр хөрсний хувийн цахилгаан эсэргүүцэл нь $<20 \text{ Ом*м}$ -ээс 2100 Ом*м -ын хооронд хэлбэлзэнэ. 1000 Ом*м -ээс өндөр хувийн цахилгаан эсэргүүцэлтэй хэсэг нь зүсэлтийн дагуу тодорхой гүнүүдэд илэрсэн. Энд 1000 Ом*м -ээс дээш хувийн цахилгаан эсэргүүцэлтэй хэсгийг хөлдүү хөрс гэж ялган зураглав.



4 дүгээр зураг. Судалгааны цэгүүд дээр өрөмдсөн цооногийн хөрсний зүсэлт

Хүрэн талын хөндийд орших R03-р цэгийн хэвтээ тэнхлэгийн автозам Улиастай, Улаангом чиглэлийн замууд дайран өнгөрөх бөгөөд замын барилга угсралтын ажил ирэх жилүүдэд хийхээр төлөвлөж байна. Энд зам барихаар төлөвлөж байгаа зурвасаас тодорхой зайнд геофизикийн томографын зүсэлтийг 5 м алхамтай, 96 электродтой, 80 м хүртлэх гүнд хийсэн ба 46-47 дугаар электродуудын хооронд 4 м гүнтэй B03 цооног өрөмдсөн (Зураг 3). Өрөмдөлгөөр 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 (Зураг 4). 3 м-ээс цулдмал криотекстуртай хөлдүү элсэн чигжээстэй хайрга илэрсэн. Геофизикийн цахилгаан зүсэлтээр хөрсний хувийн цахилгаан эсэргүүцэл нь $<20 \text{ Ом*м}$ ээс 2100 Ом*м хооронд хэлбэлзэнэ. Энд 1000 Ом*м -ээс дээш хувийн цахилгаан эсэргүүцэлтэй хэсгийг хөлдүү хөрс гэж ялган зураглав. Цахилгаан томографын хэмжилтээр цэвдгийн зузаан 30-45 м гэж үзэв.

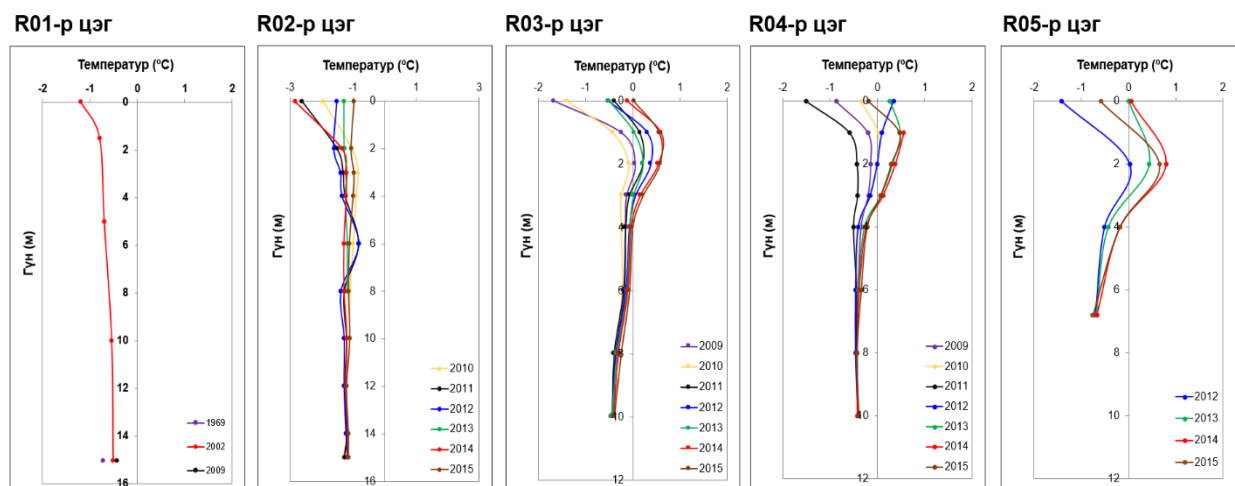
Баян-Өлгий аймгийн Цагааннуур тосгоны нутагт орших R04-р цэгийн геофизикийн цахилгаан эсэргүүцлийн томографийн зүсэлтийг 1 м алхамтай, 64 электродтой, 12 м хүртлэх гүнд хийсэн ба 18 дэх электрод байрлах цэг дээр 4 м гүнтэй B04 цооног өрөмдсөн (Зураг 3). Өрөмдлөгөөр хөлдүү хөрс илэрээгүй. Ул хөрс нь тоосорхог элсэн чигжээстэй хагас мөлгөржсөн хайр, хайрганаас тогтоно (Зураг 4). Геофизикийн цахилгаан зүсэлтээр хөрсний хувийн цахилгаан эсэргүүцэл нь $<20 \text{ Ом*м}$ ээс 2100 Ом*м хооронд хэлбэлзэнэ. 1000 Ом*м -ээс өндөр хувийн цахилгаан эсэргүүцэлтэй хэсэг нь зүсэлтийн дагуу замын далангаас

тодорхой зайнд илэрэв. Энд 1000 Ом*м-ээс дээш хувийн цахилгаан эсэргүүцэлтэй хэсгийг суурь чулуулаг, хөлдүү хөрс гэж ялган зураглав.

Хөвсгөл аймгийн Алаг-Эрдэнэ сумын нутагт орших R05-р цэгийн хөндлөн огтолсон геофизикийн томографийн зүсэлтийг 1 м алхамтай, 128 электродтой, 12 м хүртэлх гүнд хийсэн ба 64 дэх электрод байрлах цэг дээр 4 м гүнтэй B05 цооног өрөмдсөн (4-р зураг). Өрөмдөлтөөр 2017 оны 9 сарын байдлаар хөлдүү хөрс 4 м-ээс илэрсэн ба ул хөрс нь нимгэн органик үе давхарга, хайрга агуулсан шавранцар, элсэн чигжээстэй хайр, хайрга саарал өнгийн элсний бичил үетэй хэсгүүдээс 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 зүсэлтийн дагуу тодорхой гүнүүдэд илэрэв. Энд 1000 Ом*м-ээс дээш хувийн цахилгаан эсэргүүцэлтэй хэсгийг хөлдүү хөрс гэж ялган зураглав.

Хэлэлцүүлэг

Материалын цахилгаан дамжуулах чадвар, түүний ялгаатай утга зэрэг дээр өндөр нарийвчлалтай геофизикийн цахилгаан эсэргүүцлийн томографийн аргын зарчим төвлөрсөн байдаг. Усны хувийн цахилгаан эсэргүүцэл ($\sim 10^1$ -ээс 10^2 Ом*м) ба мөсний хувийн цахилгаан эсэргүүцэл ($\sim 10^3$ -ээс 10^6 Ом*м) эрс ялгаатай байгаа нь хөлдүү, гэсгэлүүн хөрсний хил заагийг тодорхойлоход чухал ач холбогдолтой боловч зарим тохиолдолд суурь чулуулагууд өндөр эсэргүүцэл өгөх тохиолдол байдаг. Иймд бид судагааны талбай бүрт хяналтын цооног өрөмдөж хөлдүү хөрсний илрэх гүнийг баталгаажуулав. Энэхүү судалгаанд хувийн цахилгаан эсэргүүцэл нь <20-оос Ω > 2000 Ом*м-ын хооронд хэлбэлзэнэ. Энд бид 1000 Ом*м-ээр хөлдүү гэсгэлүүн хөрсний хил заагийг зураглав. Энэ нь Тэрхийн голын хөндийд R02-р цэг, Хүрэн талын хөндийн R03-р цэг, Алаг-Эрдэнэ сумын нутагт орших R05-р цэгүүдэд маш сайн тохиромжтой байсан бол Чулуутын голын хөндий R01-р цэг, Баян-Өлгий аймгийн Цагааннуур R04-р цэгүүдэд 1000 Ом*м-дээш хувийн цахилгаан эсэргүүцэлтэй хэсэг нь зөвхөн хөлдүү хөрс бус суурь чулуулаг, хуурай элсэн чигжээтэй хайрга байх боломжтой.



1 дүгээр тахирмаг. Судалгааны цэгүүдийн ойролцоо орших цэвдгийн мониторингийн цооногийн температурын муруй (1969-2015 он)

Судалгааны цэгүүдтэй (1-р тахирмаг) хамгийн ойр орших цэвдгийн мониторингийн цооногийн температурын муруйг харуулав. Энэхүү үр дүнгээс харахад 1969-ээс 2015 оны хооронд R03, R04, R05-р судалгааны цэгүүдэд цэвдгийн алдрал бусад цэгүүдийг бодвол илүү их байжээ. Уур амьсгалын дулааралтай холбоотойгоор улирлын гэсэлтийн гүн нэмэгдэж Монгол орны цэвдэгт бүс нутгийн өмнөд захад 8 м хүрдэг (Жамбалжав Я., 2017) бол зам, замын байгууламжийн орчимд 8 м-ээс ч илүү гүнд цэвдэг илрээгүй байна. Мөн хэмжилт хийсэн судалгааны цэгүүдэд замын далангийн доор ямар нэгэн хэмжээгээр гэсэлт үүсэж эхэлсэн нь уур амьсгалын дулааралаас гадна гадаргын нөхцлийг өөрчилж далан барих, шороон зам гаргах зэрэг нь цэвдгийн гэсэлтийг улам эрчимжүүлж байна.

Дүгнэлт

- Цэвдэгт бүс нутгийг дайран өнгөрч буй авто замын төлөвлөлт, зураг төсөл, гүйцэтгэлийн ажилд цэвдгийн нөхцлийг огт тооцоогүй нь судалгааны үр дүнгээс тодорхой харагдаж байна.
- Судалгааны цэгүүдэд хамрагдсан хатуу хучилттай замын далангийн доорх цэвдэг нь тодорхой хэмжээгээр гэсэж, замын гадаргад 5-30 см хүртэл суулт өгсөн нь хэмжилтээр тогтоогдов.
- Өндөр нарийвчлалтай геофизикийн цахилгаан томографийн хэмжилтээр тогтоогдсон замын далангийн доорх гэсэлт, мөсжилтийн агууламж, цэвдгийн хил заагийг ялгаа зэрэг нь өрөмдлөгийн үр дүнтэй сайн тохирч байна.
- Замын далангийн доорх гэсэлт зарим хэсэгт газрын гадаргаас 10 м-ээс ч гүн байв.
- Замын далангийн материалд үүссэх деформац, суултын хэмжээ зам баригдсанаас хойш 2-3 жилийн дараа зөвшөөрөгдөх хэмжээнээс их болж байна.

Талархал

Энэхүү судалгааг доктор, Я.Жамбалжав удирдсан “Зарим авто замын дагуух цэвдгийн судалгаа 2017-2019” нэртэй суурь судалгааны төслийн хүрээнд гүйцтгэв. Энэхүү судалгааг явуулахад санхүүжүүлэгч ШУТС болон орон нутгийн АЗЗА нар болон Цэвдэг судлалын салбарын судлаачидад гүн талархал илэрхийлье.

Ашигласан ном, хэвлэл

Монгол Улсын Их Хурлын 2016 оны 19 дүгээр тогтоолын хавсралт, 2016. Монгол улсын тогтвортой хөгжлийн үзэл, баримтлал-2030. 34х.

Жамбалжав Я., Ванчиг Т., Баттогтох Д., Саруулзаяа А., Дашцэрэн А., 2013. “Монгол орны цэвдгийн урт хугацааны мониторинг судалгаа” суурь судалгааны төслийн тайлан, ШУА, Газарзүйн хүрээлэнгийн архив, 2013, 120х.

Жамбалжав Я., 2017. “Монгол орны цэвдгийн тархалт, өөрчлөлт” 2017, 80 х.

Саруулзаяа А., Жамбалжав Я., 2014. "Авто замын эвдрэлд цэвдгийн үзүүлэх нөлөөлөл ба түүнийг шийдвэрлэх аргууд" Авто зам сэтгүүл №15, х. 24-31.

Саруулзаяа А., Жамбалжав Я., 2018. “Цэвдэгт бүс нутагт баригдсан автозамын хийц, технологийн шийдлүүд ба Монгол орны нөхцөлд ашиглах нь” Барилга, байгууламжийн геотехникийн асуудлууд сэдэвт эрдэм шинжилгээний XII бага хурал, “Тазар хөдлөлт, инженерчлэл” сэдэвт Монгол-Японы эрдэмтдийн хамтарсан семинарын илтгэлүүдийн эмхтгэл, ШУТИС хэвлэл, 2018, х.81-86.

Сэрээтэр Ж., 2017. “Зам, тээврийн хөгжлийн бодлого, төлөвлөлт аялал, жуулчлалтай уялдах нь” Аялал жуулчлалын гол чиглэлийн дагуу авто замын сүлжээг төлөвлөх нь хурлын эмхтгэл, 2017, х 4-12.

Brown, J., 1997. “Circum-Arctic map of permafrost ground-ice conditions” 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.

Ferrell Sh.M., 2010. "Rail Embankment Stabilization on Permafrost - Global Experiences" Report of Civil/Railroad Designer Hanson Professional Services. pp 1-25.

Liu M., Niu F., Ma W., Fang J., Lin Z., Luo J., 2017. “Experimental investigation on the enhanced cooling performance of a new crushed rock revetment embankment in warm permafrost regions” Journal of Applied Thermal Engineering, pp 118-125.

Saruulzaya A., Jambaljav Ya., Gansukh Ya., Tsogt-Erdene G., 2018. "High-resolution Electrical Resistivity Tomography (ERT) measurements along paved roads in permafrost regions of Mongolia" Proceedings of the Fifth European Conference on the Permafrost, Chamonix, Mont Blanc, 23 June - 1 July 2018. pp 136-137.

Romanovsky V.E., 2010. “Thermal state of permafrost in Russia” Journal of Permafrost and Periglacial Processes, 21, pp 136-155.

Zheng Bo., Zhang J., Qin Y., 2010. "Investigation for the deformation of embankment underlain by warm and ice-rich permafrost" Journal of Cold Regions Science and Technology 60(2010). pp 161-168.