
A1101 ДУГААРТАЙ МӨРӨН-ХАТГАЛ ЧИГЛЭЛИЙН УЛСЫН ЧАНАРТАЙ АВТО ЗАМЫН 30 М ДАЛАНД ЦЭВДГИЙН ГЭСЭЛТЭЭС УРЬДЧИЛАН СЭРГИЙЛЭХ ЗОРИЛГООР ХИЙСЭН ГЕОТЕКСТИЛЬ-ГЕОМЕМБРАНЫ ТУРШИЛТ

А.Саруулзаяа^{1*}, Б.Отгонбаяр², Т.Мөнхбаатар³, Я.Жамбалжав¹, Б.Цогт-Эрдэнэ¹,
Г.Уламбаяр¹

¹ШУА-ийн Газарзүй-Геоэкологийн Хүрээлэн, Цэвдэг судлалын салбар

²Замын Хөгжлийн Төвийн Замын засвар арчлалтын хяналтын хэлтэс

³Хөвсгөл аймгийн Авто Замын Засвар Арчлалт Төрийн Өмчит Хувьцаат Компани

*Цахим шуудан: saruulzaya@gmail.com

EXPERIMENTAL STUDY OF GEOTEXTILE AND GEOMEMBRANE IN THE PAVED ROAD WITH 30 M OF A1101 MURUN-KHATGAL NATIONAL ROAD

*A. Saruulzaya, B. Otgonbayar, T. Munkhbaatar, Ya. Jambaljav, B. Tsogt-Erdene,
G. Ulambayar*

ABSTRACT

Along paved roads in warm permafrost zones, significant settlement and deformations related to creep were found at many places where the embankments are unusually thin in Mongolia. Therefore, the stabilization of the embankments must be taken into consideration based on active cooling and passive cooling methods, we tested out the passive cooling method on the paved roads embankment within this work. The purpose of this study is to investigate the settlement and deformations of the A1101 paved roads in Murun-Khatgal and test insulation material such as geotextile and geomembrane in the paved road with 30 m. The experimental embankment is located in the sporadic permafrost zone in Alag-Erdene of Khuvsgul aimag. Furthermore, we measured high-resolution ERT on the permafrost underneath the experimental road 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 the experimental road during the fieldwork in May 2020. As the results show, frozen ground was identified at boreholes in the site (2.10 m). High-resolution ERT measurements clearly show the permafrost thawing, especially underneath the experimental embankment in the selected road, where the permafrost thawed down to 6-12 m underneath the paved road embankment.

ТҮЛХҮҮР ҮГ: цэвдэг, хатуу хучилттай зам, геофизикийн цахилгаан томографи, геотекстиль, геомембран

ОРШИЛ

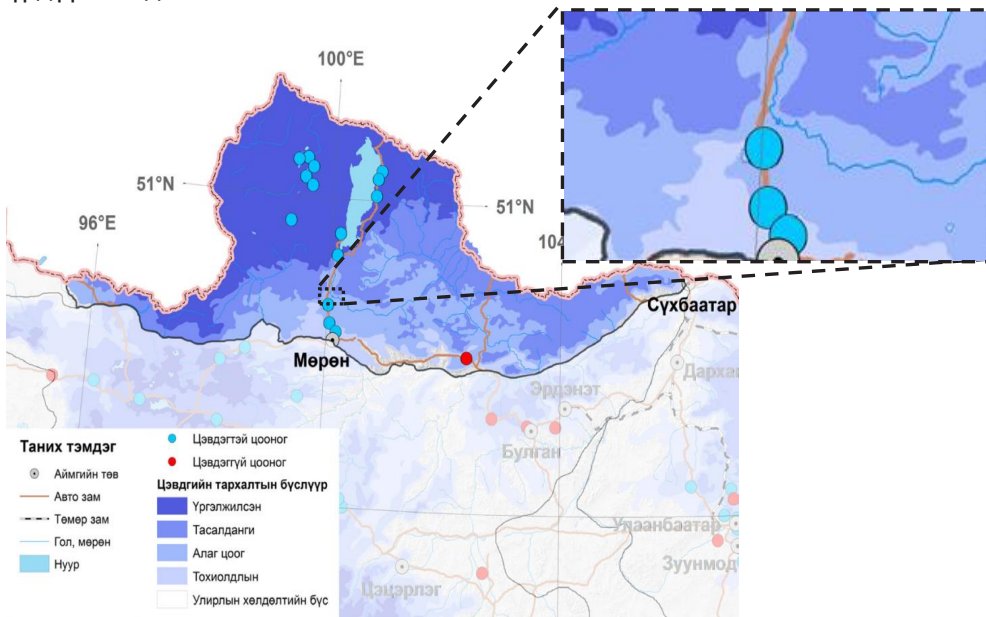
Монгол улсын үндэсний авто замын сүлжээ нь 12722 км бөгөөд үүнээс улсын чанартай авто замын сүлжээний нийт 7427.1 км буюу 48 хувь нь хатуу хучилттай авто замаар ашиглагдаж байна [1; 2]. Монгол орны нутаг дэвсгэрт тархсан цэвдэг нь дулаан цэвдэгтэй бүсэд хамрагддаг [3] эх газрын эрс тэс уур амьсгалтай, агаарын температурын хэлбэлзэл ихтэй бөгөөд цэвдэгтэй бүс нутагт ойролцоогоор 1200 км хатуу хучилттай зам баригдсан байдаг.

Тухайн хатуу хучилттай авто замд суулт, деформаци, хагарал ихээр ажиглагдах болсон [4]. Энэхүү сөрөг нөлөөллөөс үүсэх эрсдэлийг урьдчилан тооцож, цэвдгийн нарийвчилсан судалгаа хийж, цэвдгийн гэсэлтээс урьдчилан сэргийлэх нь эдийн засаг болон цаг хугацааг хэмнэх чухал ач холбогдолтой. Өндөр хөгжилтэй цэвдэгтэй улс орнуудад хатуу хучилттай авто замын далангийн төлөвлөлтөд дараах инженерийн

шийдлүүдийг өргөн ашиглаж байна [5]. Энэ нь цэвдэгтэй хөрсөн дээр замын даланг төлөвлөхөд далангаас хөрсөнд үзүүлэх дулаан, техникийн нөлөөллийг бууруулах үйлчлэлээр нь идэвхтэйгээс (active method) идэвхгүй (passive method) хөлдөөгч аргуудыг өргөн ашигладаг (Ferrell, 2010). Үүнд: термосифон хоолойтой далан, хоолойтой далан, чулуун дүүргэвчтэй далан, сүүдэрлэгчтэй далан, дулаан тусгаарлагчтай далан гэх мэт ангилдаг. 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 [6]. 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.

Энэхүү туршилтын ажлаар А1101 дугаартай Мөрөн-Хатгал чиглэлийн улсын чанартай авто замын суулт ихээр үүссэн зурваст замын далангийн доорх цэвдгийн төлөв байдлыг судалж, тухайн цэвдгийг нэмж гэсгээхгүй байх орчин үеийн дэвшилтэт технологи, арга аргачлал ашиглан 30 м урттай даланд геотекстиль-геомембран тусгаарлагч материал ашиглан шинээр туршилт хийх зорилготой.

Хөвсгөл аймгийн Алаг-Эрдэнэ сумын нутгаар дайран өнгөрч байгаа хатуу хучилттай авто зам нь Монгол орны цэвдгийн алаг цоог тархалттай бүслүүрт оршино (Зураг 1). Судалгааны талбайн ойролцоо нуурын гаралтай элсэн дүүргэвчтэй хайрган хурдас бүхий мөсжилт ихтэй цэвдэг тархдаг бөгөөд 10 м-ийн гүний температур нь -1.7°C байдаг [7]. Хөвсгөлийн уулархаг бүс нутагт сүүлийн 26-29 жилийн хугацаанд цэвдгийн температур $0.57-0.85^{\circ}\text{C}$ -аар дулаарсан үзүүлэлттэй [3].



Зураг 1. Хөвсгөлийн уулархаг бүс нутгийн цэвдгийн тархалт болон Алаг-Эрдэнэ сумын нутгаар дайран өнгөрөх хатуу хучилттай замын туршилтын зурвас



Зураг 2. Туршилт хийх авто замд хөндлөн огтлолоор геофизикийн хэмжилт хийж байгаа нь

ГЕОФИЗИКИЙН ЦАХИЛГААН ХАЙГУУЛЫН ХЭМЖИЛТ

Судалгааны ажлын хугацаанд замын далангийн суулт ихээр өгсөн газарт замын далангийн дагуу 2020 оны 5 сарын 17-20-ны хооронд 1 удаа 480 м, хөндлөн зүсэлтийг 3 удаа 64 м тууш урттай геофизикийн цахилгаан хайгуулын хэмжилт тус тус хийв. Геофизикийн цахилгаан хайгуулын хэмжилтийг Веннерийн аргаар электрод хоорондын зайг 5м алхамтайгаар 96 электродоор 80 м хүртэлх гүнд 480 м-ийн уртыг хамарсан хэмжилт 1 удаагийн, мөн электрод хоорондын зайг 1 м-ийн алхамтайгаар 64 электродоор 12 м гүн хөндлөн зүсэлтээр хэмжилт хийв (Зураг 2). Энэхүү хэмжилтэд Веннер, Веннер-Шлюмбержегийн аргыг хэрэглэв. Мөн гар өрөм ашиглаж туршилтын замын далангийн хажууд өрөмдлөг хийж, дээжид шаардлагатай үзүүлэлтүүдийг тодорхойлохоос гадна температур хэмжих зорилгоор хоолойгоор тоноглов.

СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

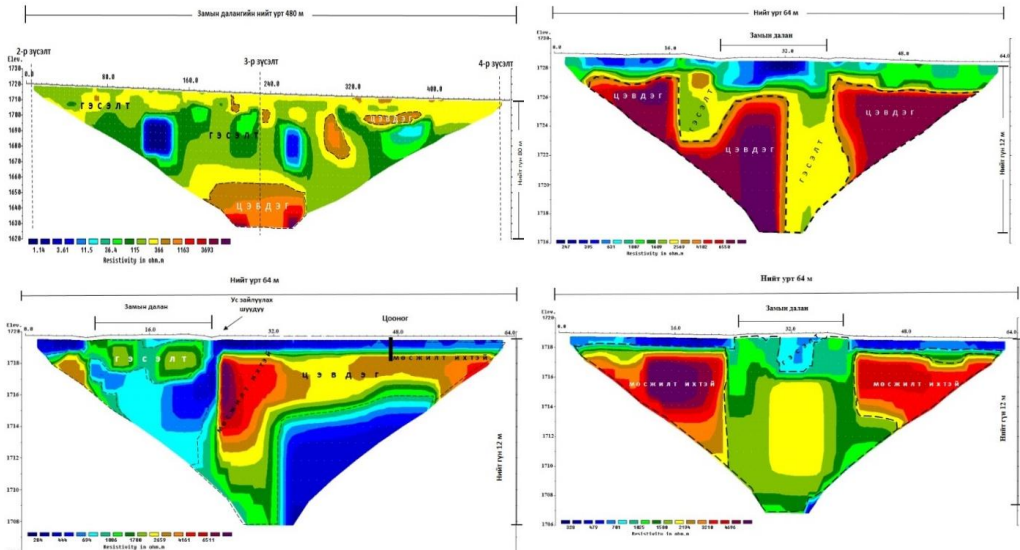
Геофизикийн цахилгаан хайгуулын 1, 2, 3, 4-р зүсэлтүүдийн эсэргүүцлийн утга $1\Omega^*м$ – $6550\Omega^*м$ хооронд хэмжигдсэн (Зураг 3). Замын далангийн дагуу тууш хэмжсэн хэмжилтийн 1 дүгээр зүсэлтэд $1-11\Omega^*м$ эсэргүүцлийн утгыг шаварлаг хурдас, $11-365\Omega^*м$ эсэргүүцлийн утгыг элсэн дүүргэвчтэй

хайрга, $365-1163\Omega^*м$ утгыг цэвдэг, $1163\Omega^*м$ дээш утгыг суурь чулуулаг гэж үзэв. 0-10 м-ийн гүнд элсэн чигжээстэй хайрга зонхилж, 3-50 м-ийн гүнд арал хэлбэрийн цэвдэг чулуулаг илэрсэн. 10 – 70 м-ийн гүнд нягт ихтэй, том чулуулаг бүхий хайрган үе, 70 м-ийн гүнээс цааш суурь чулуулаг тархаж байна. Цэвдгийн арлын зузаан 10-25 м байсан. 2,3,4 дүгээр зүсэлтүүд замын даланг хөндлөн огтолж хийсэн бөгөөд 64 м урт, 12 м гүнийг хамарна. Геофизикийн хэмжилтээр эдгээр зүсэлтүүдэд эсэргүүцлийн утга $24.7\Omega^*м$ – $6550\Omega^*м$ хооронд хэмжигдсэн. 247- 395 $\Omega^*м$ –ын эсэргүүцлийн утгыг шаварлаг хурдас, 395-631 $\Omega^*м$ эсэргүүцлийн утгыг элсэн дүүргэвчтэй хайрга, 631-1609 $\Omega^*м$ утгыг хайр хайрга, 1609-2569 $\Omega^*м$ утгыг том хэмхдэс чулуутай, гэсгүүн хайр хайрга, 2569-4102 $\Omega^*м$ утгыг 0 хэмд ойр уян цэвдэг, 4102 $\Omega^*м$ -оос дээш утгыг мөсжилт ихтэй цэвдэг гэж үзэв.

Судалгааны үр дүнгээс харахад замын далангийн ус зайлуулах шуудуугаар өвөл, зуны нөхцөлд цас, бороо, үерийн усны нөлөөгөөр далангийн доорх цэвдгийг эрчимтэй гэсгээж, керма болон тогоо хэлбэрийн гэсэлт үүссэн. Энэхүү хэмжилтийн үр дүнд далангийн доод хэсэгт цэвдэг 6-12 м гэссэн байгаа нь тодорхой харагдаж байна. Далангийн хажууд цэвдэг 2-3 м-ийн гүнээс эхэлж, цэвдэгт үе давхаргын зузаан 9-10 м байна. Цахилгаан

эсэргүүцлийн утгаас мөсжилт ихтэй цэвдэг болохыг харж болно. Мөн замын далангийн хажууд цооног өрөмдсөн

бөгөөд цэвдгийн температурын хэмжилтээр 1.5 м-ийн гүнд -0.046°C бол 3 м-ийн гүнд -0.34°C тус тус хэмжигдсэн.

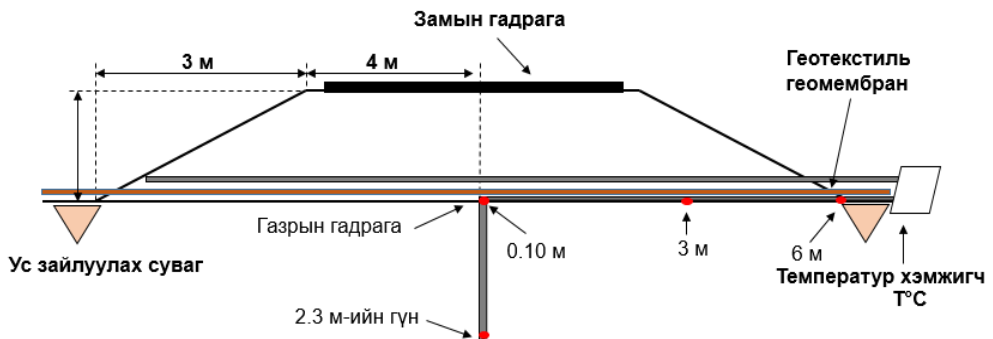


Зураг 3. Геофизикийн цахилгаан хайгуулын хэмжилтийн 1, 2, 3, 4 дүгээр зүсэлтийн үр дүнгүүд

30 м замын далангийн туршилт

Хээрийн судалгааны ажлаас гарсан үр дүнд үндэслэн тухайн газарт 2020 оны 10 сарын 15-аас 25-ны хооронд 30 м замын даланд геотекстиль-геомембран тусгаарлагч материал ашиглах туршилтын ажлыг хийж гүйцэтгэв. Энэхүү тусгаарлагч материал нь замын далангаас ирэх дулаан балансын урсгалыг тусгаарлах цэвдгийн гэсэлтээс урьдчилан сэргийлэх давуу талтай орчин үеийн дэвшилтэт технологи шингэсэн материал юм. АНУ, Канад ОХУ-ын цэвдэгтэй бүс нутгийн авто замд уг материалыг өргөн ашиглаж байна. Иймд энэхүү тусгаарлагч

материалыг Монгол орны цэвдэгтэй бүсэд баригдсан авто замд анх удаа туршиж байгаагаараа шинэлэг юм. Туршилтын зам 14 м өргөнтэй, 30 м урттай бөгөөд нийт 420 м^2 талбайд геотекстиль-геомембраныг далангийн суурийн хэсэгт нийтэд нь дэвсэж өгсөн (Зураг 4). Тухайн далангийн суурийн өргөн 14 м бөгөөд үүн дээр ус зайлуулах суваг тус тус 2 м өргөнтэй байсан. Ус зайлуулах сувгийн доод хэсэгт хар цаас болон геотекстиль-геомембраныг давхар дэвсэж өгсөн. Энэ нь цас, борооны усны хуримтлал газарт нэвчиж далангийн доорх цэвдгийн гэсэлтийг



Зураг 4. Далангийн суурь хэсэгт геотекстиль-геомембраныг дэвсэх ажлын зураг



Зураг 5. Далангийн суурь хэсэгт геотекстиль-геомембраныг дэвсэх ажлын зураг

эрчимжүүлэхээс сэргийлэх зорилготой хийсэн.

Энэхүү туршилтын ажил нь дараах үе шаттай хийгдсэн: асфальтан хучилт хуулах, далангийн шороог хуулах, далангийн доорх гэссэн цэвдэгтэй хөрсийг хусаж том хэмхдэс чулуугаар солих, 10-20 см зузаан хучилтийн үе дэвсэх, хөрсийг нягтруулан индүүдэх, далангийн төв хэсэгт гадаргаас доош 2 м гүнд хоолой суурилуулах, температур хэмжих цооног тоноглох, гетекстиль-геомембран дэвсэх, далангийн дүүргэлт хийх гэх мэт. Геотекстиль-геомембраныг дэвссэний дараа шороон 40-50 см шороон хучилт хийж түүний дээгүүр 14 м урттай PVC хоолойг битүүмжлэн температур хэмжих зорилгоор тоноглож бэлдсэн (Зураг 5).

ДҮГНЭЛТ

A1101 дугаартай Мөрөн-Хатгал чиглэлийн улсын чанартай авто замын далангийн 30 м зам дээр геофизикийн цахилгаан хайгуулын хэмжилт хийж, геотекстиль-геомембран дулаан тусгаарлагч материал туршилтаар хийсэн. Уг туршилтын замын далангийн ажлын явцад дараах дүгнэлт, зөвлөмжийг хүргүүлж байна. Үүнд:

1. Тухайн туршилтын замын доорх цэвдгийн температурыг хянах зорилгоор далангийн Туршилтын замын даланг хуулах явцад уг замыг

барихдаа хар шороон хөрсийг хуулалгүйгээр дээр нь 20-30 см хучилт хийж уг зам барилгын ажлыг гүйцэтгэсэн нь тогтоогдсон. Энэ нь цэвдэгтэй газарт зам барилгын ажил хийх зарчмыг харгалзан үзэлгүй барьснаар замын доорх цэвдгийн гэсэлт үүсэх нөхцөл бүрдсэн.

2. Инженер-геокриологийн нарийвчилсан зураг /геофизикийн цахилгаан хайгуулын/-т үндэслэн гэсэлтийн суулт ихтэй, халиа дошин, хөлдөлтийн овойлт суулт их үзүүлдэг газруудаас аль болох замын трассыг зайлуулж төлөвлөх шаардлагатай.
3. Судалгааны үр дүнгээр туршилтын замын далангийн доор орших цэвдэг 6-12 м хүртэл гэссэн. Замын далангийн хажуугийн ус зайлуулах суваг шуудуугаар бороо, цасны усны хуримтлалын нөлөөгөөр замын доорх цэвдгийн гэсэлт эрчимжсэн. Иймд уг гэсэлтийг нэмж гэсгээхгүйн тулд геотекстиль-геомембран материалыг замын далангийн суурь хэсэгт туршив.
4. Замын далангийн суурийн өргөн 14 м бөгөөд тухайн замын урт 30 м нийт 420 м² талбайд геотекстиль-геомембран тусгаарлагч материалыг ашиглав. Мөн замын далангийн 2 талын ус зайлуулах шуудууны доор ус нэвчихээс

- хамгаалан хар цаас болон геомембраныг давхар дэвсэж өгсөн.
5. Доор төв хэсэгт гадаргаас доош 2 м 30 см-ийн гүнтэй цооног тоноглож, тухайн цооногийн 2.30м, 0.30м, 3м, 6м цэгүүдэд температур хэмжигч суурьлуулсан.
 6. Шинээр баригдах автозамын трассын дагуу инженер-цэвдэг судлалын судалгааны ажлыг нарийвчлалтай хийх. Судалгааны ажлын үр дүнд суурилсан зураг, төсөл зохиох. Цэвдэг хөрс нь онцгой шинж чанартай хөрс учир тухайн газар нутаг, цэвдгийн онцлогийг харгалзан үзэж зам, замын байгууламжийн хийц, технологид тохирсон төсөвтэй байх шаардлагатай байна. Нарийн судалгаа, зураглал, төсөвлөлт хийгдсэн тодорхой шаардлагын дагуу замын барилгын ажил хийх шаардлагатай байна.

ТАЛАРХАЛ

Энэхүү туршилт, судалгааны ажлыг Замын Хөгжлийн Төв болон ХӨВСГӨЛ АЗЗА ТӨХК-ийн санхүүжилтээр хийж гүйцтгэв. Судалгаа болон туршилтын ажилд оролцсон нийт судлаачид, инженерүүдэд гүн талархал илэрхийлье.

АШИГЛАСАН НОМ, ХЭВЛЭЛ

- [1] Сэрээтэр Ж., 2017. “Зам, тээврийн хөгжлийн бодлого, төлөвлөлт аялал, жуулчлалтай уялдах нь” Аялал жуулчлалын гол чиглэлийн дагуу авто замын сүлжээг төлөвлөх нь хурлын эмхтгал, 2017, х 4-12.
- [2] Монгол Улсын Их Хурлын 2016 оны 19 дүгээр тогтоолын хавсралт, 2016. Монгол улсын тогтвортой хөгжлийн үзэл, баримтлал-2030. 34х.
- [3] Жамбалжав Я., 2017. “Монгол орны цэвдгийн тархалт, өөрчлөлт” 2017, 80 х.
- [4] 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, “Газар хөдлөлт, инженерчлэл” сэдэвт Монгол-Японы эрдэмтдийн хамтарсан семинарын илтгэлүүдийн эмхтгэл, ШУТИС хэвлэл, 2018, х.81-86.
- [5] 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.
 - [6] 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.
 - [7] Шархүү Н., Жамсран С., Лувсандагва Д., 1975. Монгол орны олон жилийн цэвдгийн үндсэн шинж. pp 1-25.
 - [8] Саруулзаяа А., Жамбалжав Я., 2014. "Авто замын эвдрэлд цэвдгийн үзүүлэх нөлөөлөл ба түүнийг шийдвэрлэх аргууд" Авто зам сэтгүүл №15, х. 24-31.