

ХАНГАЙ, ХӨВСГӨЛИЙН УУЛАРХАГ МУЖИД ОРШИХ ЦЭВДГИЙН БӨӨРГИЙН ДОТООД БҮТЭЦ, ТЕМПЕРАТУР

Г.Цогт-Эрдэнэ¹, Я.Жамбалжав¹, Я.Гансүх¹

¹ШУА-ийн Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэн, Цэвдэг судлалын салбар
g.tsogterdene@gmail.com

ABSTRACT:

A variety of cryogenetic relief are common in permafrost areas of Mongolia. Pingo is indicator of permafrost existence. In this study, we consider the internal structure of pingo using electric resistivity measurements and changes in temperature of permafrost in Khangai and Khuvsgul mountain regions based on the Mongolian permafrost monitoring borehole's data.

Түлхүүр үг: Цэвдгийн температур, бөөрөг, цахилгаан эсэргүүцэл, хөрсний бүтэц

ОРШИЛ

Бөөрөг гэдэг нь ургамал болон хөрсөн бүрхэвчээр хучигдсан, цул мөсөн цөм агуулсан, усны үйл ажиллагаагаар үүссэн олон жилийн хөлдөлтийн овойлт юм. “Бөөрөг” гэх нэр томъёонд 10 метрээс өндөр, голч нь 100 метр болон түүнээс их хэмжээтэй олон жилийн хөлдөлтийн овойлтыг хамааруулан авч үздэг. Ихэнх бөөргүүд конус, зарим нь тэгш хэмгүй хэлбэртэй. Бөөрөг оройдоо ан цав гарч, тойрог болон зууван хэлбэртэй тогоо үүсгэсэн байж болно[1]. Бөөрөг нь өнгөрсөн болон эдүгээ үеийн уур амьсгал, ус зүй, гадаргын геологи, цэвдгийн нөхцлийг илтгэгч хүчин зүйл болдог [2]. Ийм учраас цэвдгийн гаралтай бөөргийн дотоод бүтэц, температурын өөрчлөлт, гэсэлтийн гүний өөрчлөлт, бөөргийн тодорхойлох нь уур амьсгалын өөрчлөлтийг илэрхийлэх чухал ач холбогдолтой юм. Цэвдэгт бүсэд олон төрлийн хөлдөлтийн овойлт тохиолддог. Тэдгээрийг бүтэц, орших хугацаа, мөсний агууламж зэрэг шинжээр ялган тодорхойлдог [3]. Бөөргийг гарал үүслээр нь нээлттэй, хаалттай системт гэж ангилдаг. Нээлттэй системт бөөрөг нь цэвдгийн доорх гэсгэлүүн үеийн доороос гүний усны даралтаар дээш өргөгдсөн ус цэвдэгт үе давхаргад хөлдөхдөө мөсөн цөм үүсгэн овойж хэлбэрждэг. Ихэнх нээлттэй системт бөөргүүд тасалданги тархалттай цэвдгийн бүслүүрт тохиолддог [4]. Хаалттай системт бөөрөг нь цэвдгийн доорх гэсгэлүүн үед агуулагдах ус цэвдгийн идэвхтэй хөгжин тэлэх үед дээш шахагдан хөлдөж, овойж хэлбэрждэг [5]. Монгол орны Монгол Алтай, Хангай, Хэнтий, Хөвсгөлийн уулархаг бүс нутагт Тэсийн голын

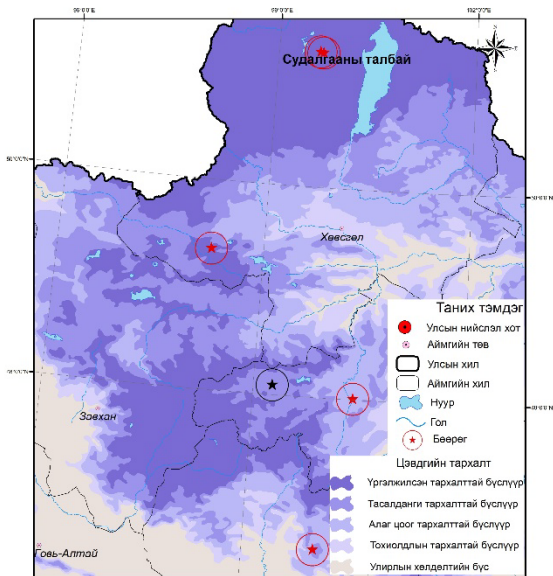
эх, Чулуутын голын хөндий, Цэцэг нуур, Налайхын хотос, Олгой нуурын хөндий, Дархадын хотгор зэрэг цэвдгийн үргэлжилсэн, тасалданги болон алаг цоог тархалттай бүслүүрт, томоохон нууруудын ойролцоо шавранцар хөрсөнд ганц нэгээрээ болон бүлэг байдалтай тархсан байдаг [6]. Монгол орны цэвдгийн гаралтай бөөргийн судалгааг монголын болон гадаадын үе үеийн цэвдэг судлаачид сонирхон, бөөргийн температурын явц, давхарга зүй, насыг тодорхойлсон судалгаа хийж байв [7,8]. Бид энэхүү судалгаандаа Хангай, Хөвсгөлийн уулархаг мужид орших цэвдгийн бөөргийн дотоод бүтэц, температурын өөрчлөлтийг авч үзлээ. Бидний судалгаа нь өмнөх судалгаатай харьцуулахад бөөргийн геофизикийн зүсэлтийг 80 метрийн гүнтэй, 480 метрийн урттайгаар хэмжсэн нь урьд өмнөх хэмжилтүүдээс илүү өргөн хүрээг хамарсан хэмжилт боллоо.

СУДАЛГААНЫ АРГАЗҮЙ, МАТЕРИАЛ

Монгол орны цэвдгийн мониторингийн сүлжээний цооногуудоос бөөрөг дээр өрөмдсөн цооногуудын өрөмдлөгийн мэдээ, хөрс чулуулгийн бүтэц, 2009-2017 оны цооногийн температурын мэдээ, геофизикийн хэмжилтийн мэдээ, өмнө нь хийж байсан судалгааны үр дүнг энэхүү судалгаанд ашиглав. Хангай, Хөвсгөлийн уулархаг мужид орших цэвдгийн гаралтай бөөргүүдийн дотоод бүтэц болон температурын судалгаанд сонгон авсан бөөргүүдийн байршлыг зургаар үзүүлэв (Зураг 1). Мөн зарим бөөрөг дээрх цооногт 1960 – 1970 оны температурын хэмжилтийн мэдээ байсныг энэ судалгаандаа ашиглав. Судалгааны талбайн газарзүйн солбицол, өндрийг хүснэгтээр харууллаа (Хүснэгт 1).

Хүснэгт. Судалгааны цэгүүд

Нэр	Өргөрөг	Уртраг	ДТД өндөр м
Арсай-1	51 17 26	99 37 36	1588
Арсай-2	51 16 57	99 40 21	1549
Мөнгөт	49 20 49	98 14 32	1781
Чулуут	48 02 39	100 23 13	1870
Галуут	46 33 26	99 59 27	2046



Зураг 1. Судалгааны талбайн байршил

Цооногуудын температурын хэмжилт

Бөөрөг дээрх цооногийн температурыг АНУ-ын Onset компанид үйлдвэрлэсэн НОВО U12-008 загварын алдааны нарийвчлал (± 0.1) хувьтай температур бичигч төхөөрөмж ашиглан, цооногуудын шаталсан гүнүүдэд дөрвөн цагийн давтамжтайгаар хоногт 6 удаа температур хэмждэг. Тэдгээр тоон мэдээг НОВОware программ хангамжийн тусламжтайгаар тооцоолуурт боловсруулж, өдөр, хоног, жилийн дундаж утгыг тооцоолж, 2009-2017 оны температурын өөрчлөлтийн мэдээг гаргаж авсан.

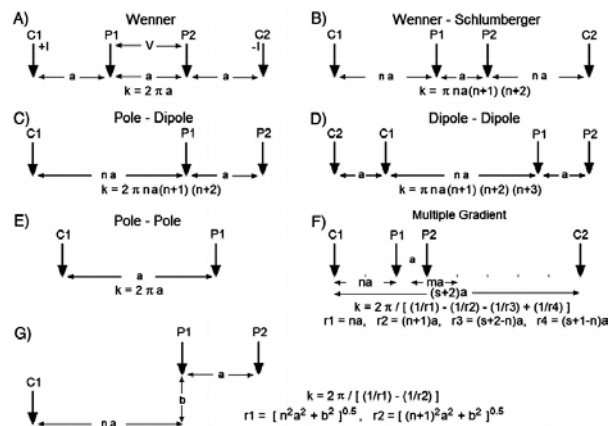
Цахилгаан томографийн арга

Хөрс чулуулгийн цахилгаан эсэргүүцлийн физик хэмжигдэхүүнийг геофизикийн аргаар тодорхойлж, хувийн цахилгаан эсэргүүцэл (Ом) Ω -ын утгаар тархалтыг тодорхойлно.

$$Pt = K \frac{\Delta U}{J} \text{ (Томьёо 1)}$$

Үүнд: Pt - цахилгаан эсэргүүцэл (Ом),
 K – геометрийн итгэлцүүр,
 ΔU – потециалын ялгавар (мВ), J – гүйдлийн хүч (мА).

Цахилгаан томограф нь цахилгаан эсэргүүцэл болон албадмал туйлшралын аргыг хослуулан хоёр хэмжээстээр зураглах арга юм. Цахилгаан эсэргүүцлийн хэмжилтийн өгөгдлийг тусгай программ хангамжуудын тусламжтайгаар боловсруулж инверсийн зүсэлтийн зураг хэлбэрээр үр дүнг гаргадаг (Бүдүүвч 1).



Бүдүүвч 1. Геофизикийн хэмжилтийн аргууд

Хөрс чулуулгийн физик шинж чанарт тулгуурлан, геофизикийн хэмжилт хийж, RES2DINV программ хангамжийн тусламжтайгаар бөөргийн геофизикийн зүсэлтийг хоёр хэмжээстээр зураглаж, өмнө нь хийж байсан геофизикийн хэмжилтийн мэдээтэй харьцууллаа. Мөнгөт болон Тэрхийн бөөргийн геофизикийн хэмжилтийг 5 метрийн алхамтайгаар 480 метр хэмжив.

ҮР ДҮН, ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Цэвдгийн гаралтай бөөргүүдийн олон жилийн температурын өөрчлөлтийг Хангай, Хөвсгөлийн уулархаг мужийн хэмжээнд төлөөлүүлэн авч үзэхийн тулд зарим бөөрөг дээрх цооногийн 10 болон 15 метрийн гүний температурын өөрчлөлтийг авч үзлээ (График 1).

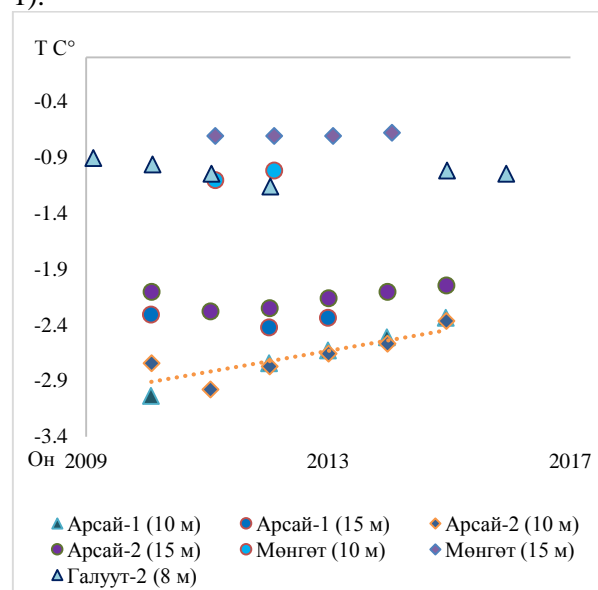


График 1. Цооногуудын температурын хандлага

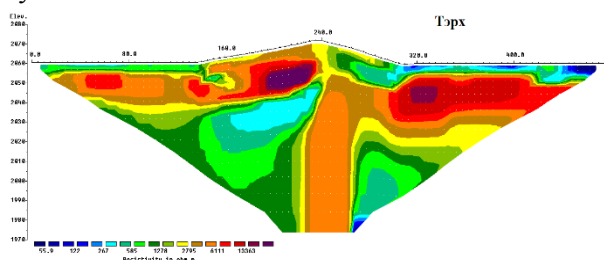
Температурын хэмжилтийн үр дүн

Дээрх үр дүнгээс үзэхэд Хангай, Хөвсгөлийн уулархаг мужийн зарим бөөргүүдийн 10-15 метрийн гүний температур дулаарах хандлагатай байна. Арсай-2 бөөргийн 10 метрийн гүний температур 2009-2016 оны хооронд 0.06 °C/жилээр, Арсай-1 бөөргийн 10 метрийн гүний температур 0.11 °C/жилээр дулаарсан байна. Чулуутын бөөрөг дээрх цооногийн 15 метрийн гүний температур 1969 онд -0.72 °C байсан бол 2017 онд -0.451 °C болж 0.006 °C/жилээр дулаарсан байна. Галуутын бөөргийн 8 метрийн гүний температур 2009-2016 оны хооронд 0.017 °C/жилээр, Мөнгөтийн бөөргийн 10 метрийн гүний температур 2011-2017 оны хооронд 0.042 °C/жилээр тус тус дулаарсан байна. Үргэлжилсэн болон тасалданги тархалттай цэвдгийн бүслүүрийн бөөргийн 10-15 метр гүний температур алаг цоог, тохиолдлын тархалттай бүслүүрийн бөөргүүдийн температуртай харьцуулахад эрчимтэй дулаарч байна.

Геофизикийн хэмжилтийн үр дүн

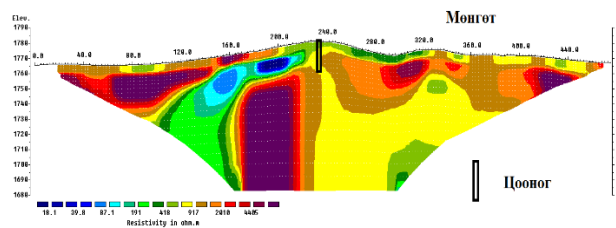
2017 оны хээрийн хэмжилтээр Архангай аймгийн Тариат сумын нутаг Тэрхийн хөндийн бөөрөг, Хөвсгөл аймгийн Цагаан-Уул сумын Мөнгөтийн бөөрөгт геофизикийн хэмжилт хийсэн.

Тэрхийн голын бөөргийн харьцангуй өндөр 10 метр, голч 160 метр. Бид 56-80 [Ω м]-ын утгыг шавар 80-267 [Ω м]-ын утгыг усаар ханасан үе, 267-1000 [Ω м]-ын утгыг элсэн чигжээстэй хайрга, хайрга, 1000[Ω м]-оос дээш утгыг цэвдэг гэж авч үзсэн (Зураг 2). Тэрхийн бөөрөг нь хэд хэдэн мөсөн цөмтэй, уст давхарга агуулсан өвөрмөц бүтэцтэй байна. Цэвдэг 80 метрээс илүү зузаантай байна.



Зураг 2. Тэрхийн бөөргийн геофизик зүсэлт

Мөнгөтийн бөөрөгт хийсэн геофизикийн хэмжилтээс үзэхэд 18-150 [Ω м]-ын утгыг уст үе, 150-800 [Ω м]-ын утгыг хайрга, элсэнцэр, 800 [Ω м]-оос дээш утгыг цэвдэг гэж тодорхойлж, 32 метрийн гүнтэй цооногийн хөрсний бичлэгээр баталгаажуулсан (Зураг 3). Мөнгөтийн бөөрөгт цэвдэг үе давхаргын хооронд ус үет илрүүлсэн.



Зураг 3. Мөнгөтийн бөөргийн геофизик зүсэлт

ДҮГНЭЛТ

Бидний судалгааны үр дүнгээс үзэхэд Хангай, Хөвсгөлийн уулархаг муж дахь цэвдгийн бөөргийн 10 болон 15 метрийн гүний температур дулаарах хандлагатай байна. Бөөрөг дээрх цэвдгийн мониторингийн цооногийн мэдээнд дүн шинжилгээ хийж үзэхэд Хөвсгөлийн уулсын Дархадын хотгорын Арсай-1 бөөргийн 10 метрийн гүний температур 2009-2016 оны хооронд 0.11 °C/жилээр, Арсай-2 бөөргийн 10 метрийн гүний температур 2009-2016 оны хооронд 0.06 °C/жилээр дулаарсан бол Хангайн нурууны өвөрт орших Галуутын бөөргийн 8 метрийн гүний температур мөн оны хооронд 0.017 °C/жилээр, Хангайн нурууны салбар Булнай нурууны ар биед орших Мөнгөтийн бөөргийн 10 метрийн гүний температур 2011-2017 оны хооронд 0.042 °C/жилээр тус тус дулаарсан байна. Хангайн нурууны төв хэсэгт орших Чулуутын бөөргийн 15 метрийн гүний температур сүүлийн 48 жилд 0.006 °C/жилээр дулаарсан байна. Мөнгөт болон Тэрхийн бөөргийн геофизикийн зүсэлтийн зургаас нэгтгэн дүгнэхэд бөөргийн шаварлаг үе давхаргад цахилгаан эсэргүүцлийн утга маш бага буюу 56-80 [Ω м], усаар ханасан үе давхаргад 80-267 [Ω м], элс хайрга агуулсан үед 267-1000 [Ω м], цэвдэгт 1000 [Ω м]- оос дээш цахилгаан эсэргүүцлийн утга үзүүлж байна. Мөнгөтийн болон Тэрхийн бөөрөгт хэд хэдэн мөсөн цөм, тэдгээрийн хооронд орших уст давхарга илрүүлсэн нь энэхүү судалгааны ажлын нэг онцлог тал байлаа. Цаашдын судалгаанд сонгож авсан бөөргүүдэд геофизикийн мониторингийн хэмжилт хийж, дотоод бүтэц, температурын өөрчлөлтийг судлах болно.

ТАЛАРХАЛ

Энэхүү судалгааг “Монгол орны цэвдгийн орон зай, цаг хугацааны загварчлал”(2014-2016) сэдэвт эрдэм шинжилгээний ажлын хүрээнд хийж гүйцэтгэв. Хээрийн хэмжилт, судалгааны ажилд заавар зөвлөгөө өгч тусалсан Шинжлэх ухааны академийн Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэнгийн Цэвдэг судлалын салбарын нийт судлаач нартаа талархсан сэтгэлээ илэрхийлье.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] Everdingen. 2002. English Language Glossary of Permafrost and Related Ground-Ice Terms.
- [2] G. Grosse, B. M. Jones. 2011. Spatial distribution of pingos in northern Asia. *The Cryosphere*, 5, 13–33.
- [3] Hugh M. French. 2007. *The Periglacial Environment*.
- [4] Hughes, O. L. 1969. Distribution of open system pingos in central Yukon Territory with respect to glacial limits. Paper 69-34.
- [5] Mackay, J. R.: Growth of lbyuk Pingo, western Arctic coast, Canada, and some implications for environmental reconstructions, *Quaternary Res.*, 26, 68–80, 1986.
- [6] Д.Лувсандагва.1978. Хангай-Хөвсгөлийн уулархаг мужийн олон жилийн цэвдэг чулуулаг, 35-40.
- [7] Mamoru Ishikawa, Jambaljav Yamkhin. 2015. Formation Chronology of Arsain Pingo, Darhad Basin, Northern Mongolia. *Permafrost and Periglac. Process*.
- [8] Д Kenji Yoshikawa, Sharkhuu Natsagdorj. 2013. Groundwater Hydrology and Stable Isotope Analysis of an Open-System Pingo in Northwestern Mongolia. *Permafrost and Periglac. Process*. 24: 175–183.