Дархадын хотгорт орших Цойцон нуур орчмын цэвдгийн нөхцөл:

Цэвдэг (permafrost) гэдэг нь тэг буюу түүнээс доош температурт хоёр буюу түүнээс дээш жил орших хөрс, чулуулгийг хэлнэ (French, 2007).

Манай дэлхийн 48 улс орны газар нутгийг ямар нэгэн хэмжээгээр цэвдэгт бүс нутаг эзлэн орших бөгөөд нийт цэвдэгт бүс нутгийн 95 орчим хувь нь 5 улсын газар нутагт ноогддог (T.Zhang et al, 2006). Монгол орон цэвдгийн тархалтаараа ОХУ, Канад, АНУ, Хятад орнуудын дараа тавдугаарт ордог бөгөөд Алтай, Хангай, Хэнтэй, Хөвсгөлийн уулархаг нутагт зонхилон тархсан байдаг. Монгол орны уулархаг, хуурай гандуу бүс нутгийн цэвдэг нь өндөр, өргөрөг, бичил уур амьсгалын нөлөөгөөр тасалданги, алаг цоог хэлбэрээр тархах бөгөөд Дорнод Сибирийн цэвдэгт бүс нутгийн өмнөд захад оршдог учир тэг хэмд ойрхон хасах температуртай байдаг. Мөн уур амьсгал, хүрээлэн буй орчны өөрчлөлтөд эмзэг мэдрэмтгий учир алдралд эрчимтэй ордог.

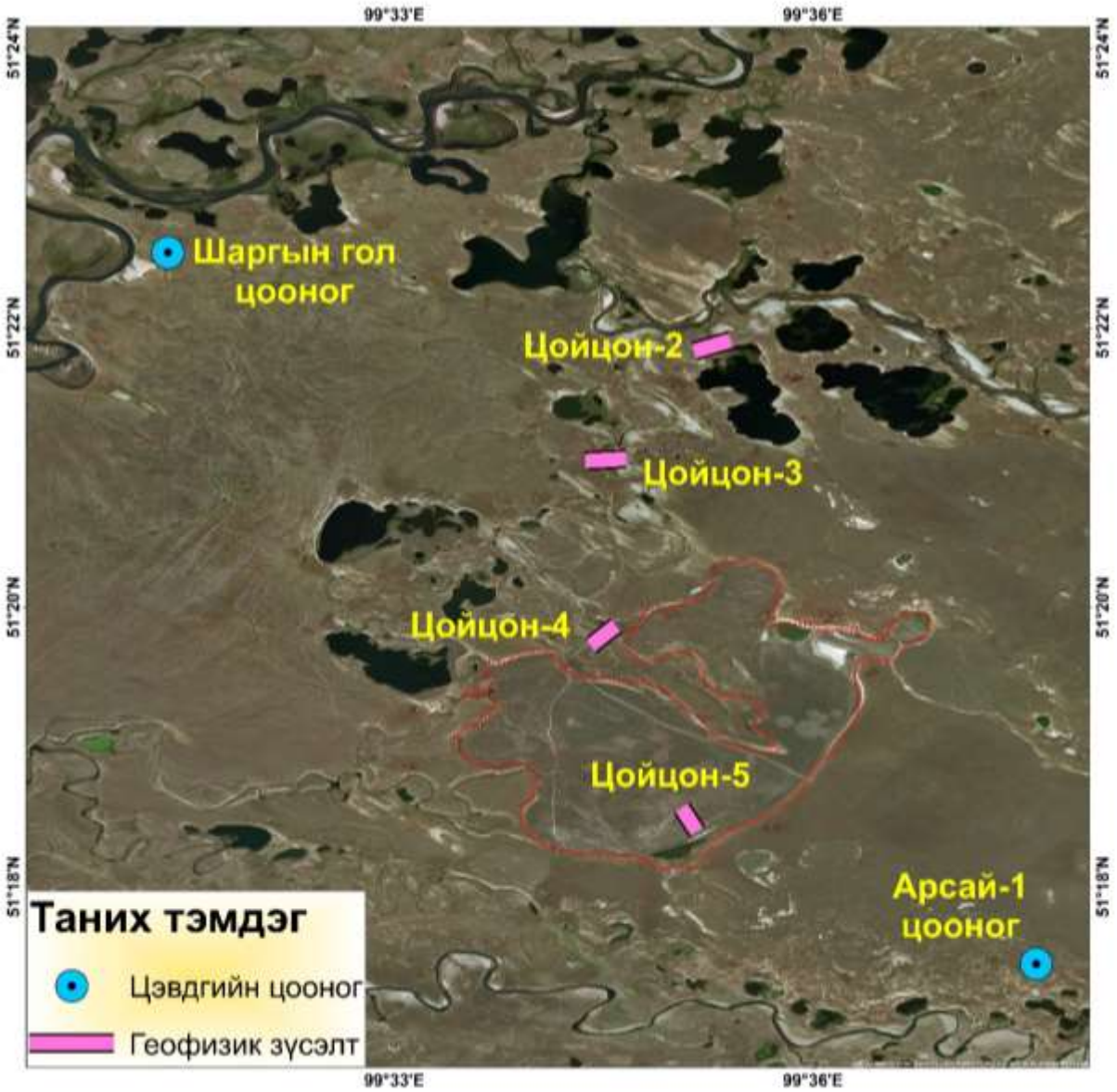
Дархадын хотгорын Цойцон нуур орших төв хэсэг нь эртний нуурын гаралтай шавар, шавранцар хурдастай ба нуурын ёроол ил гарсны дараа болон орчин үед гадаргын хөлдөлт, гэсэлтийн үйл явцад идэвхтэй өртсөн болно. Энд жижиг болон дунд хэмжээтэй олон тооны термокарстын нуурууд ба хотгоруудаас гадна янз бүрийн хэмжээтэй бөөргүүд элбэг тархсан байдаг. Эдгээр термокарстын нууруудын хамгийн том нь Цойцон нуур болно.

Энд маш олон тооны термокарстын нуур байдаг ба сүүлийн жилүүдэд эдгээр нуурын тоо, болон талбайн хэмжээ нэмэгдэж байгаа (Saruulzaya et al., 2016). Дархадын хотгорын нуур ойролцоогоор 4500 жилийн (Mamoru and Jambaljav, 2015) өмнө ширгэж эхэлсэн ба энэ л цаг хугацаанаас бөөрөг хөгжиж ирсэн болно. Дархадын хотгорын төв хэсэгт цэвдгийн зузаан 90-120 м хооронд байх бол зах хэсгээрээ 20-30 м байдаг (Жамбалжав, 2013).

2017 оны 9 дүгээр сарын 1 – 4-ний хооронд Дархадын хотгорын Ходон гол, Цойцон нуур орчимд цэвдгийн ажиглалт судалгаа, геофизикийн хэмжилтийг Цэвдэг судлалын салбарын тэргүүлэх ажилтан, доктор Я.Жамбалжав, ЭШДэдА, доктор А.Саруулзаяа, ЭШДэдА, магистр Я.Гансүх, ЭШДадА магистрант Г.Цогт-Эрдэнэ нар хийж гүйцэтгэв (Зураг 1).

Геофизикийн цахилгаан хайгуулын хэмжилтээр Ходон голын хуучин гольдролын дагуу цэвдэг нь харилцан адилгүй нэлээд хэлбэлзсэн зузаантай нь хэмжилтээс харагдаж байна ().

Дархадын хотгор мөсжилт ихтэй шавар, шавранцар хурдастай ба Монгол орны цэвдгийн мониторингийн хэд хэдэн цооног 10-50м гүнтэй байдаг. Энд Цойцон нууранд ойр орших Шаргын голын хөндийн ба Арсайн зүүн бөөрөгийн цооногийн мэдээг харуулав. Эдгээр цооногт хийсэн хэмжилтээр цэвдэг нь харьцангуй хүйтэн -1°C-ээс нам температуртай байна (График 1 - График 8). Улирлын гэсэлтийн гүн (active layer) 1.5-3.0 м.



Зураг 1. Цойцон нуур орчимд хийсэн геофизикийн зүсэлт, хэмжилтийн цооногуудын байршил.

Шаргын голын цооног: Хөвсгөл аймгийн Ренчинлхүмбэ суманд байрлах ба манай ажиглалтын цэгүүдийн хамгийн хойд талд буюу N51º22'32.3", E99º31'22.8" солбицолд, далайн төвшнээс дээш 1546 м өндөрт оршино. Цооногийн гүн 15м, ул хөрсний температурыг гадарга, 1 м, 3 м, 4 м, 6 м, 8 м, 10 м, 15 м гүнүүдэд 4 цагийн давтамжтай байнгын хэмжилт хийдэг. Гадаргын температурын хэлбэлзэл -40.8ºC | +42ºC хооронд хэлбэлзэнэ. Гадаргын олон жилийн дундаж температур -3.7ºC байна. Гүний температурын олон жилийн явцыг хоногийн дундаж утгаар харуулав.

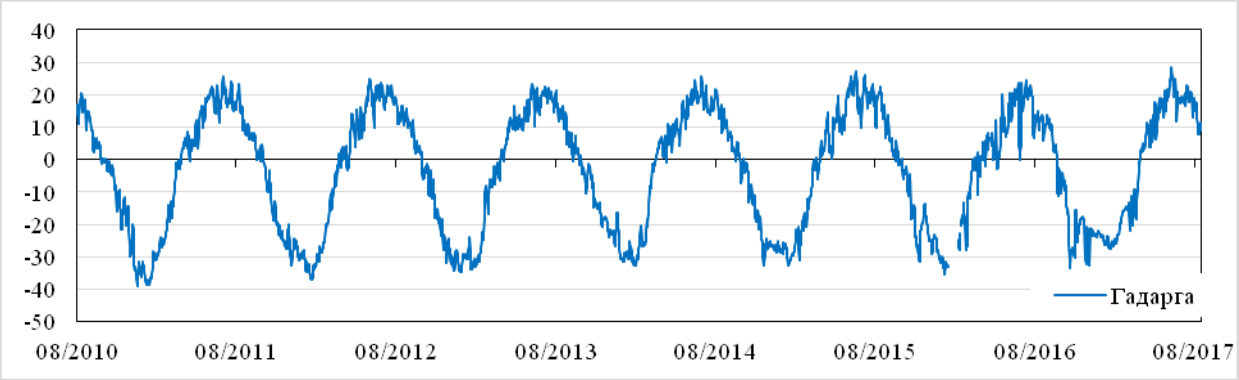


График 1. Шаргын голын цооногийн гадаргын температурын явц.

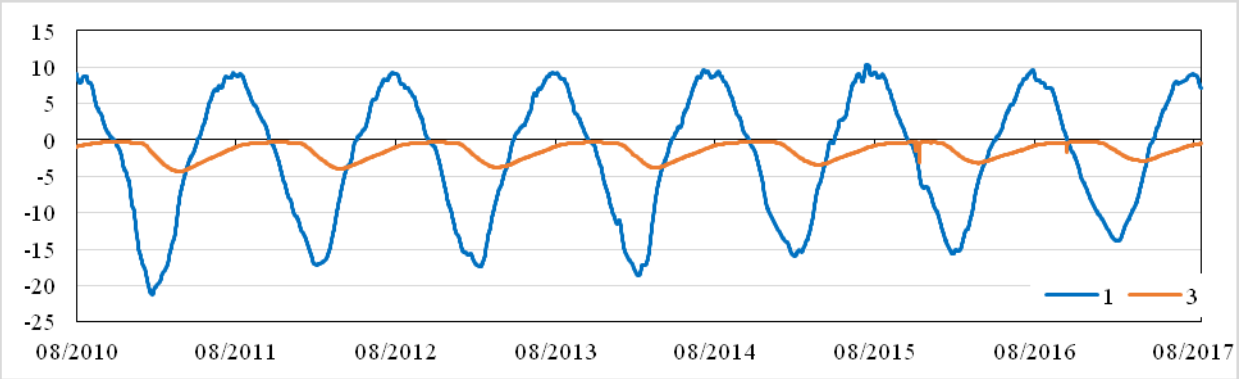


График 2. Шаргын голын цооногийн 1 м болон 3 м-ийн температурын явц.

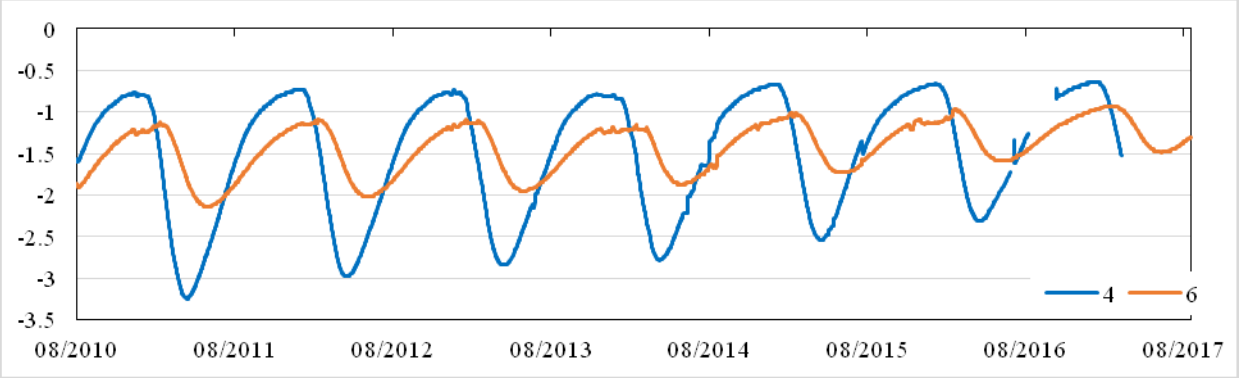


График 3 Шаргын голын цооногийн 4 м болон 6 м-ийн температурын явц.

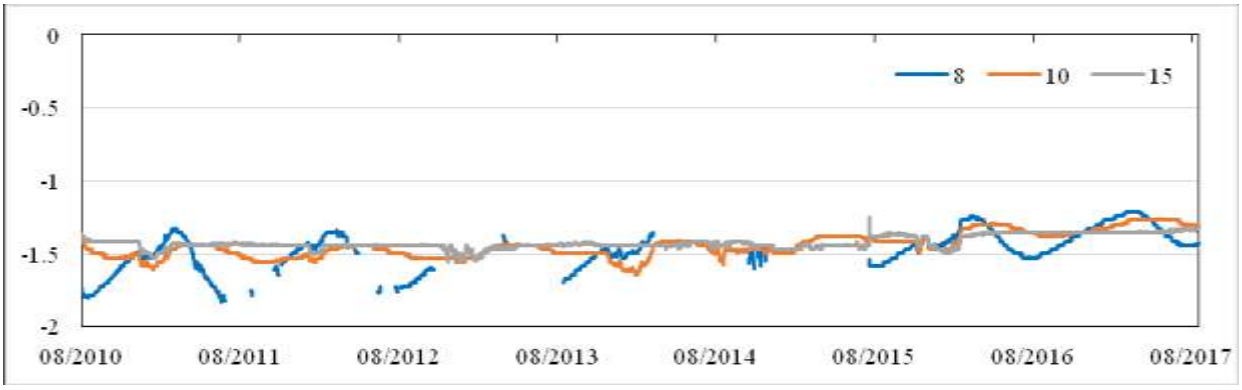
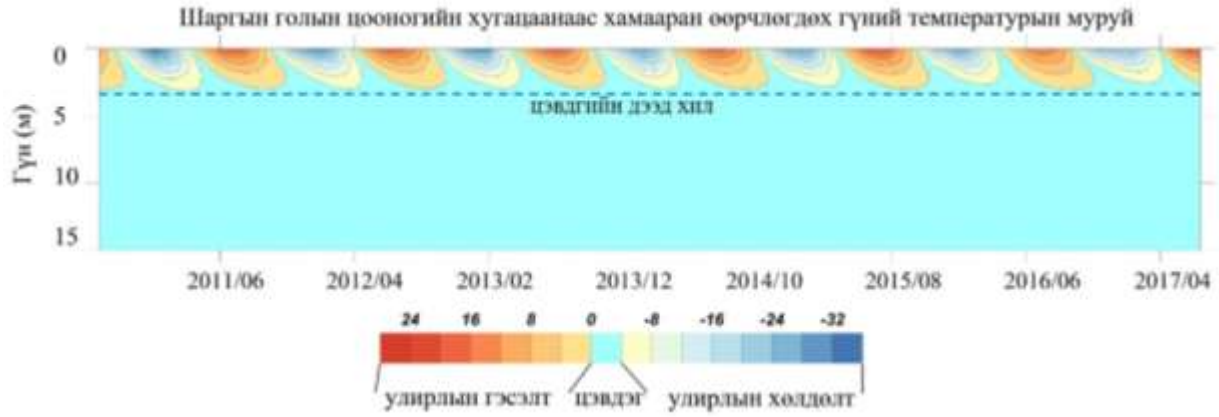


График 4. Шаргын голын цооногийн 8 м, 10 м болон 15 м-ийн температурын явц.



Зураг 2. Шаргын голын цооногийн термоизоплет.

Хугацаанаас хамаарсан гүний температурын муруйнаас харвал улирлын гэсэлтийн гүн төдийлэн нэмэгдэхгүй байна (2.8 м орчим). Харин хүйтний улирлын хөлдөлтийн эрчим буурч байгаа ерөнхий зүй тогтол ажиглагдаж байна. Энэ нь цэвдгийн оршин тогтнох нөхцөл болсон хүйтний нөөц багасч буйг илтгэн харуулж байна (Зураг 2).

Арсай бөөрөг-1 цооног: Хөвсгөл аймгийн Ренчинлхүмбэ суманд N51º17'26.9", E99º 37'36.0" солбицолд, далайн түвшнээс дээш 1562 метрт оршино. Цооногийн гүн 15м бөгөөд ул хөрсний температурыг гадарга, 1 м, 3 м, 4 м, 6 м, 8 м, 10 м, 15 м гүнүүдэд 4 цагийн давтамжтай хэмждэг. Уг цооногийн гадаргын температурын хэлбэлзэл 41.6ºC | -42.3ºC хооронд байх ба гадаргын олон жилийн дундаж температур нь -2.6ºC байна.

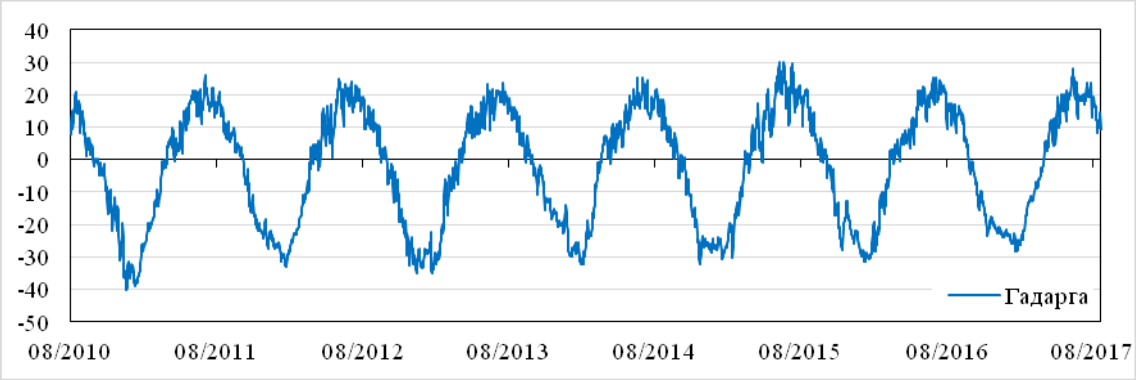


График 5. Арсай-1 цооногийн гадаргын температурын явц.

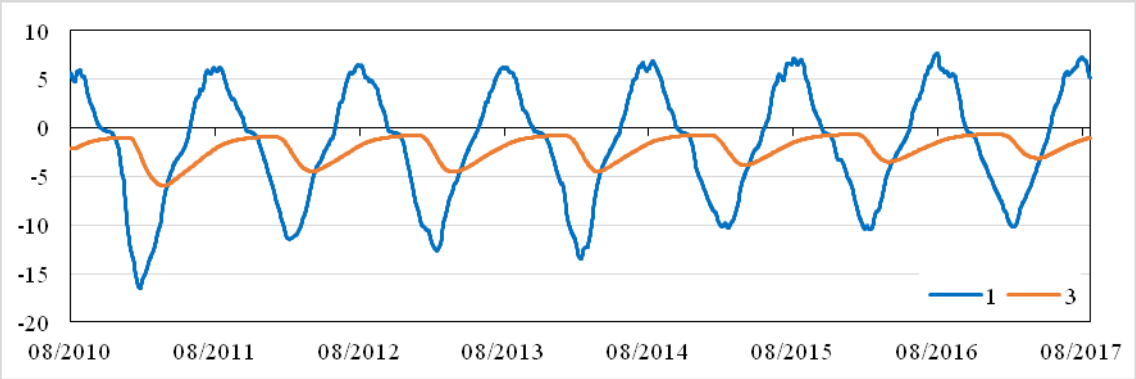


График 6. Арсай-1 цооногийн 1 м болон 3 м-ийн температурын явц.

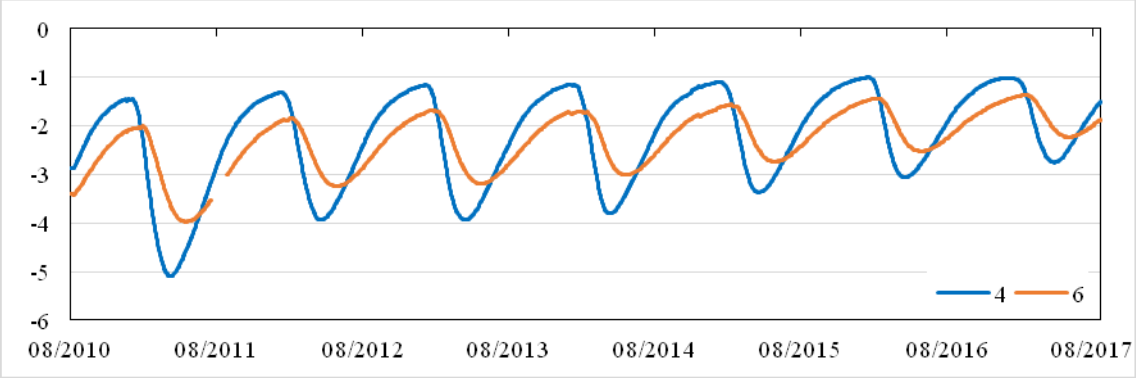


График 7. Арсай-1 цооногийн 4 м болон 6 м-ийн температурын явц.

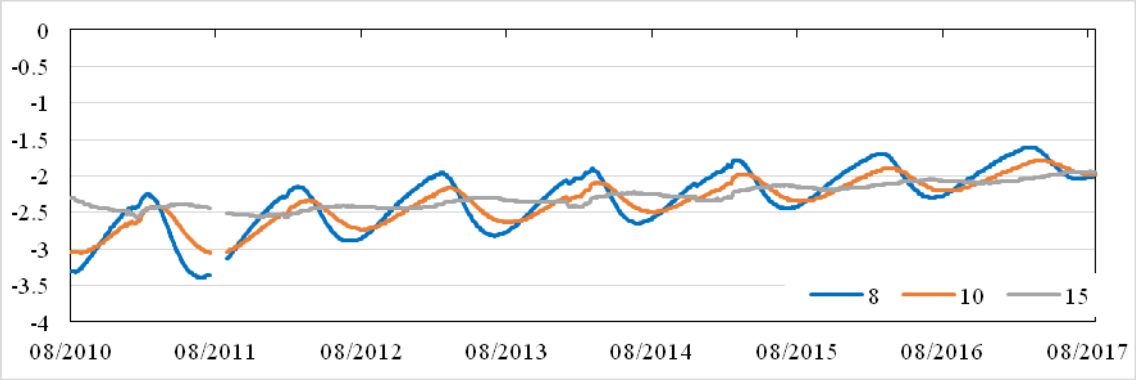
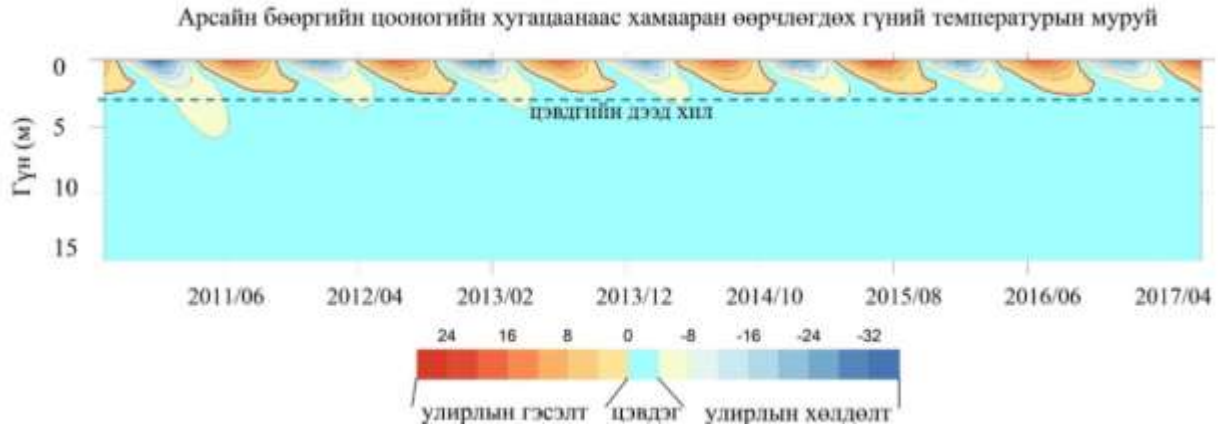


График 8. Арсай-1 цооногийн 8 м, 10 м болон 15 м-ийн температурын явц.



Зураг 3. Арсай-1 цооногийн термоизоплет.

Хугацаанаас хамаарсан гүний температурын муруйнаас харвал улирлын гэсэлтийн гүн төдийлэн нэмэгдэхгүй байна (2.8 м орчим). Харин хүйтний улирлын хөлдөлтийн эрчим буурч байгаа ерөнхий зүй тогтол ажиглагдаж байна. Энэ нь цэвдгийн оршин тогтнох нөхцөл болсон хүйтний нөөц багасч буйг илтгэн харуулж байна (Зураг 3).

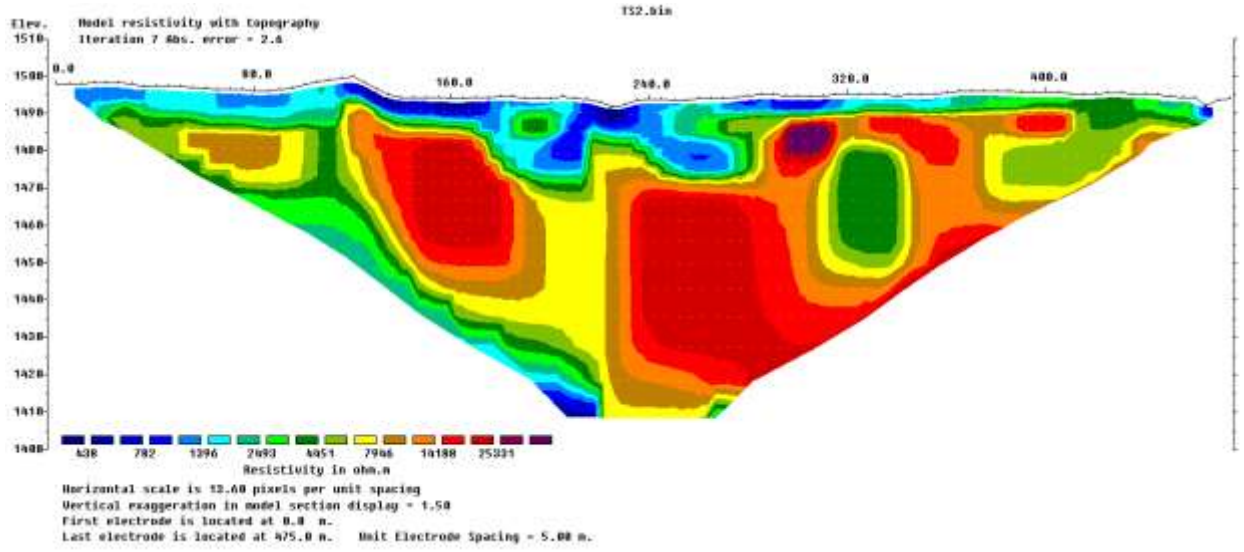
Геофизикийн цахилгаан зүсэлт:

Ходон голын хуучин гольдролын дагуух геофизикийн 2Д цахилгаан зүсэлт

Геофизикийн 2Д цахилгаан зүсэлтийг Ходон голын хуучин гольдролын дагуу 4 газар нэг суналтаар 480 м сунах 96 электродтой 5 м алхамтайгаар максимум гүн нь 80.4 м хүрэх Венерын уламжлалт аргаар хийв.

Зүсэлтээс харахад хувийн цахилгаан эсэргүүцэл нь 130 - >20000 Ом*м хооронд хэлбэлзэнэ. Мэдээж Дархадын хотгор Цойцон нуур орчмын газар нь мөсжилт ихтэй нуурын гаралтай шавар, шавранцар хөрстэй. Мөсжилт ихтэй цэвдэг хөрс нь өндөр хувийн цахилгаан эсэргүүцэлтэй бол усаар ханасан элс, хайрга, гэсгэн шавар зэрэг нь бага эсэргүүцэл үзүүлдэг. Тэгвэл энэхүү судалгаанд >1000 Ом*м цахилгаан эсэргүүцэлтэй үеүүдийг цэвдэг, харин <1000 Ом*м цахилгаан эсэргүүцэлтэй бол усаар ханасан элс, хайрга гэж үзэв.

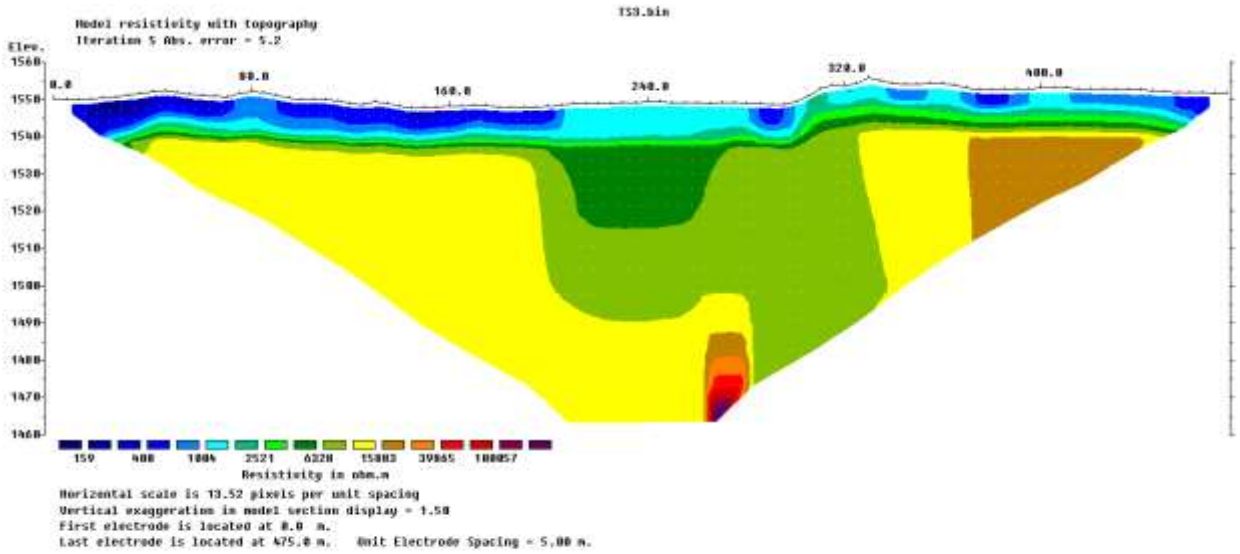
TS-2 зүсэлт нь одоогийн Ходон голын гольдролоос холгүй хуучин гольдролыг хөндлөн зүссэн болно. Зүсэлтээс харахад хуучин гольдрол дор хаалттай гэсэглүүнтэй бол уг гольдролын зүүн жигүүрт цэвдгийн зузаан 80 м –ээс бага бол баруун жигүүрт түүнээс илүү зузаан байна. Зүсэлтийн дагуу хэд хэдэн өндөр эсэргүүцэлтэй хэсгүүд тэмдэглэгдсэн нь тухайн хэсэгт мөсжилт өндөртэй хүйтэн цэвдэгтэйг илтгэнэ (Зураг 4).



Зураг 4. TS-2 геофизикийн хэмжилтийн зүсэлт.

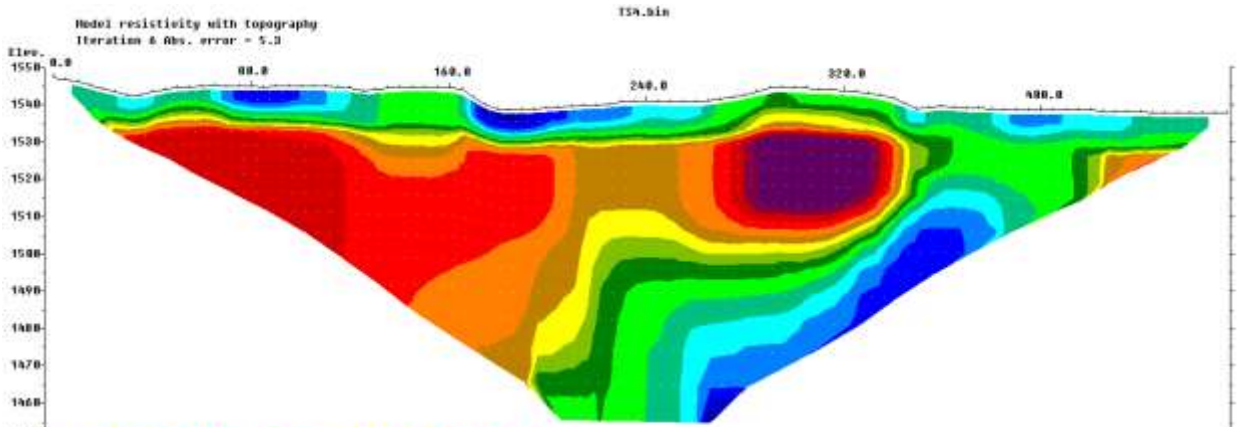
TS-3 зүсэлт нь Ходон голын хуучин гольдролын дунд хэсэгт хэмжигдсэн. Зүсэлтийн баруун доод буланд >100000 Ом*м эсэргүүцэлтэй байгаа нь хэмжилтийн алдаа бол гольдрол дор бага хэмжээтэй хаалттай гэсэглүүнтэй. Мөн зүсэлтийн дагуу гольдролын баруун жигүүрт идэвхитэй алдрал явагдаж буй бөөргийн доор бас гэсэглүүн ажиглагдана (

Зураг 5).



Зураг 5. TS-3 геофизикийн хэмжилтийн зүсэлт.

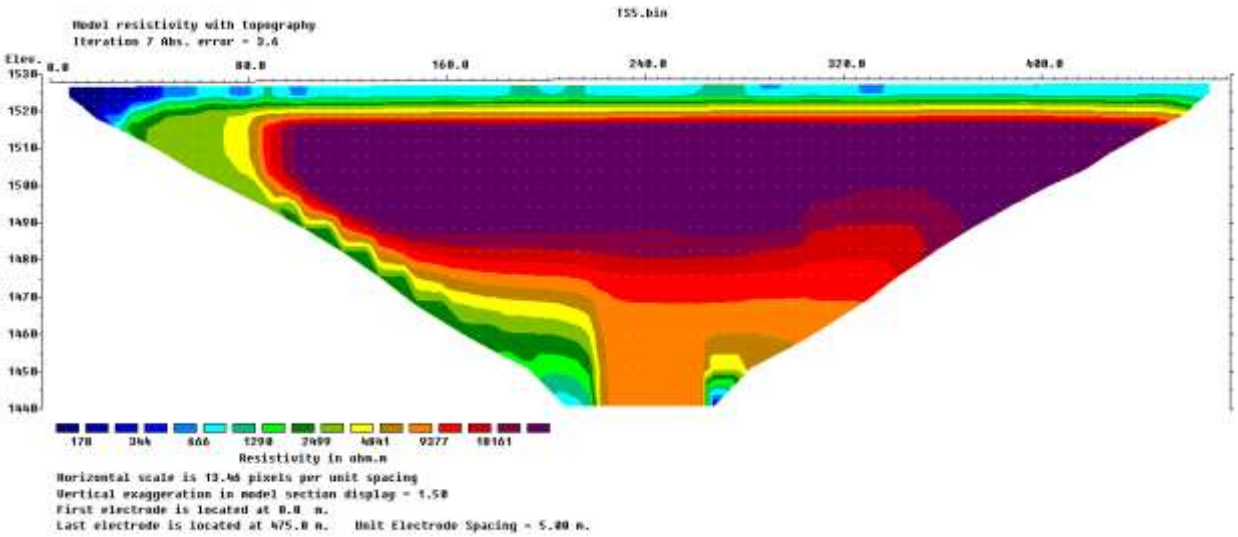
TS-4 зүсэлт нь хуучин гольдрол нуур руу цутгах хэсэгт хэмжигдсэн. Энэ зүсэлтэнд мөн л гольдрол дор бага зэрэг хаалттай гэсэглүүнтэй бол тухайн зүсэлтийн дагуу гольдролын зүүн жигүүрт 20-30м орчим зузаан цэвдэгтэй бол бусад хэсэгт 80м-аас илүү зузаан цэвдэгтэй байна (Зураг 6).



Зураг 6. TS-4 геофизикийн хэмжилтийн зүсэлт.

TS-5 зүсэлт нь нуурын шалын урд захад буюу жижиг нуурын эрэгээс хойд зүгт хэмжигдсэн. Уг зүсэлтийн дагуу маш өндөр эсэргүүцэлтэй цэвдэгтэй бол түүний урд захад харьцангуй бага эсэргүүцэлтэй хэсэг тэмдэглэгдсэн байна. Бүр нуурын захад гэсэглүүн ажиглагдана (

Зураг **7**).



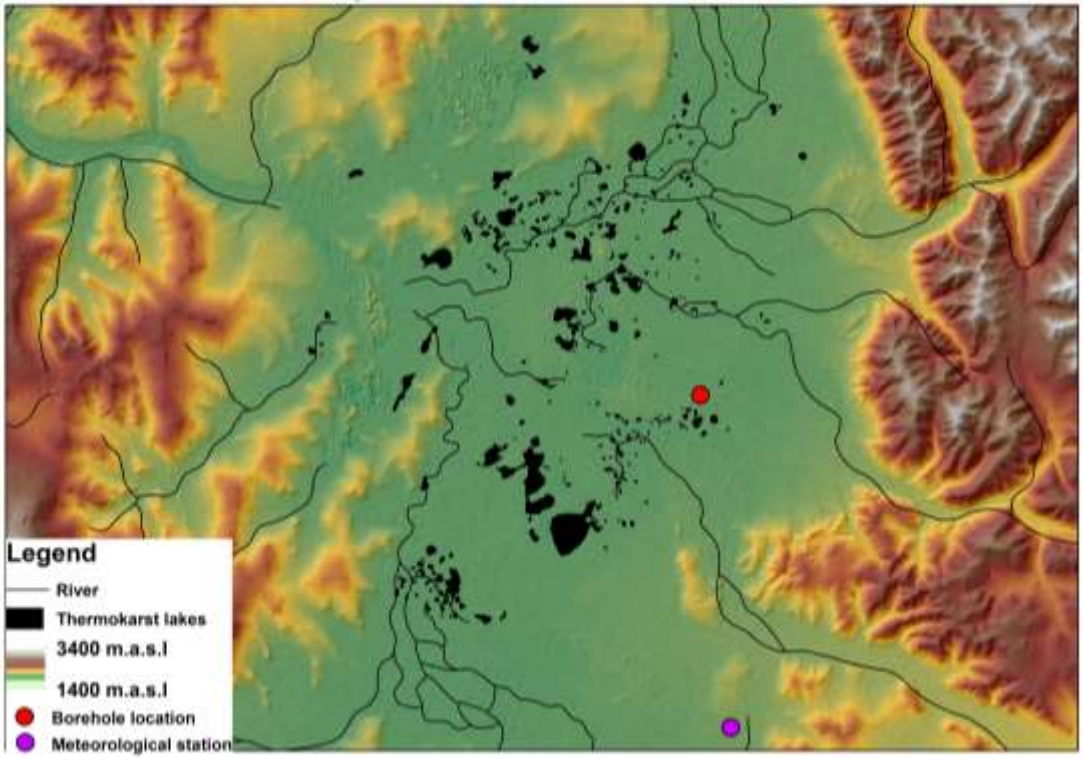
Зураг 7. TS-5 геофизикийн хэмжилтийн зүсэлт.

ЦОЙЦОН НУУРЫН ӨРЧЛӨЛТИЙН СУДАЛГАА (1962-2006)

Мөсжилт ихтэй цэвдэг гэссэнээр газрын гадрага суултанд орж, тухайн газарт цэвдгийн хайлсан ус хуримтлагдан үүссэн нуурыг **термокарстын нуур** (thermokarst lake) гэдэг (van Everdingen, 2002). Иймд термокарстын нуур нь цэвдгийн алдралыг илтгэх үндсэн

индикаторын нэг болдог (Wallace, 1948). Термокарстын нуурууд сүүлчийн Плейстоцен-Мөстлөгийн эхэн үед Арктик болон Арктик орчмын мөсжилт ихтэй цэвдэгтэй, нам дор газруудад маш ихээр үүссэн байдаг (Rampton, 1988; Walter et al., 2007). Дэлхийн бөмбөрцөгийн хойд хагасын сэвсгэр хурдастай цэвдэгт бүсэд хэдэн зуун мянган термокарстын нуурууд оршдог (Grosse et al., 2013). Мөн эдгээр нуурууд нь цэвдэгтэй, чийг намгархаг газар (Sannel and Brown, 2010), мөсжилт ихтэй цэвдэгтэй шаварлаг хурдас (Lauriol et al., 2009), шаварлаг занар, суурь чулуулаг (French, 2007) болон уулын цэвдэгтэй бүсүүд ялангуяа уулсын хөндий, хотос, тэгш өндөрлөг газруудад тархсан байдаг (Kaeaeb and Haeberli, 2001; Harris, 2002; Lin et al., 2010). Ерөнхийдөө 30%-иас дээш мөсний агууламжтай цэвдэг хөрсөнд термокрстын нуурууд үүсдэг (Grosse et al., 2013) бөгөөд ойролцоогоор 2-4 м-ийн гүнтэй, ихэвчлэн 1-2 км-ээс 300 м-ийн диаметертэй жижиг нуурууд байдаг (French, 2007). Мөн термокарстын нуурууд нь цэвдгийн тархалт, бүслүүрээс хамаарч үүсэл, хөгжлийн үйл явц харилцан адилгүй байдаг.

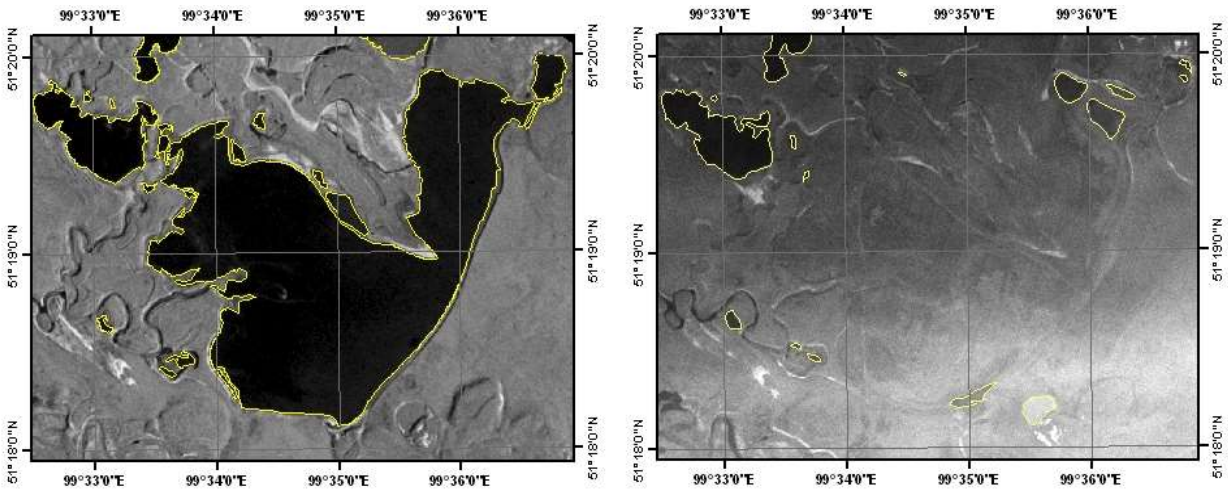
Термокарстын нуурууд нь Монгол орны Алтай, Хангай, Хөвсгөл, Хэнтийн уулсын хоорондох чийглэг хотос, голын хөндийд ихээр тархсан байдаг. Тэр дундаа Хөвсгөлийн уулархаг цэвдэгт бүс нутагт орших **Дархадын хотгорт** судлаачдын тогтоосоноор 300 гаруй термокарстын нуурууд байдгийг тогтоосон (Tumurbaatar 2001; Nishida and Jamsran, 2009; Sharkhuu, 2011). Дархадын хотгор цэвдгийн үргэлжилсэн бүсэд мөсжилт ихтэй цэвдэгтэй учир энд том, жижиг термокарстын нуурууд нягтшил ихтэй байдаг (Зураг 8).



Зураг 8. Дархадын хотгорт орших термокарстын нуурууудын тархалт ба гадаргын нөхцөл.

Тухайн газрын газарзүйн байрлал, онцлог, уур амьсгалын нөхцөл, цэвдгийн тархалт нь термокарстын нуурын өөрчлөлтийг тодорхойлоход ихээхэн сонирхолтой хэдий ч өнөөг

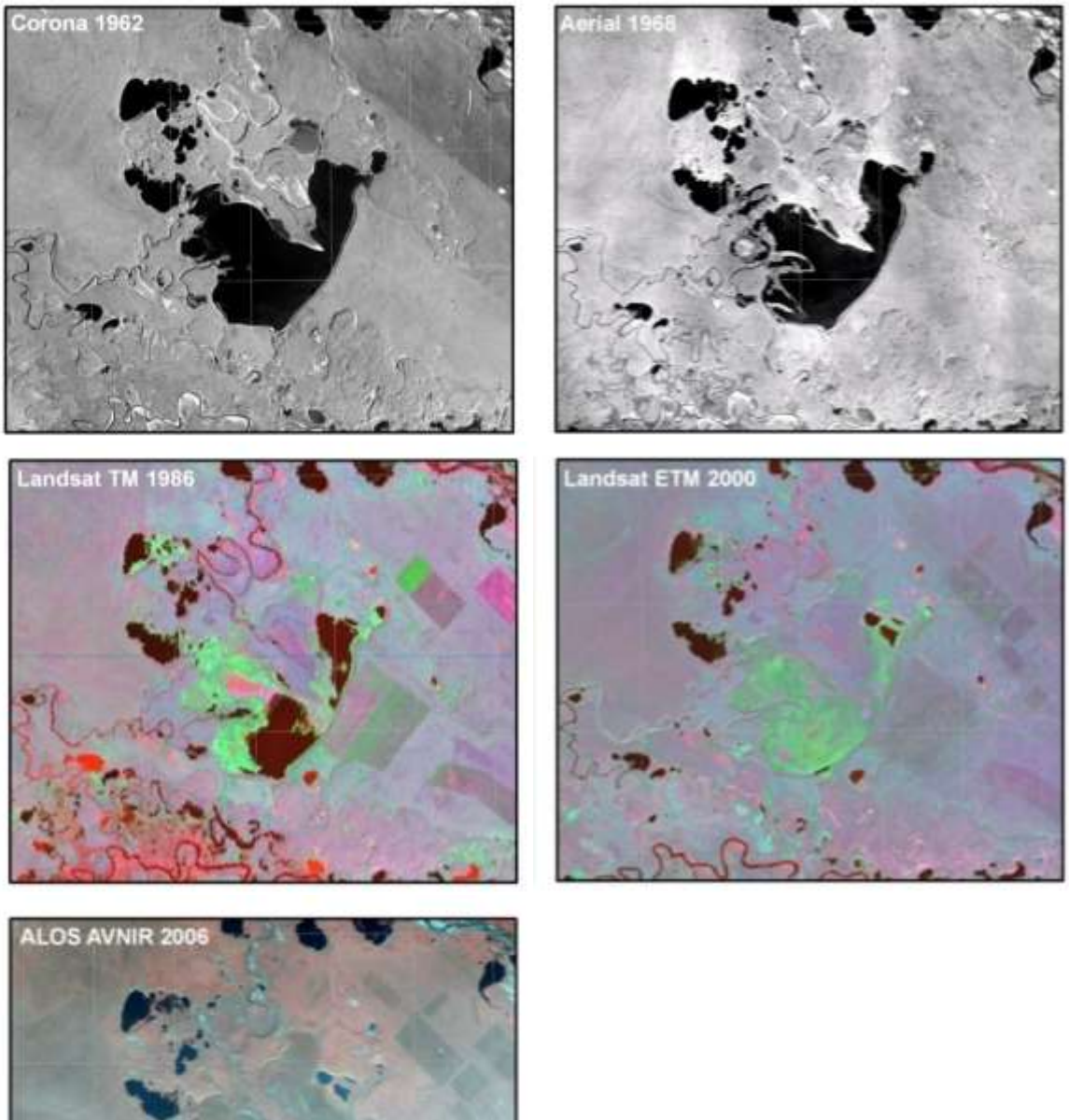
хүртэл урт хугацааны термокарстын нуурын динамик өөрчлөлтийн судалгаа одоог хүртэл хийгдээгүй байсан. Харин Saruulzaya et al., (2016) монгол орны үргэлжилсэн тархалттай цэвдэгт бүсэд орших Дархадын хотгорт тархсан термокарстын нууруудын урт хугацааны динамик өөрчлөлтийг өндөр нарийвчлалтай Corona KH-4, KH-4A, KH-4B (1962-1968), Landsat ETM+ (1999-2001), болон ALOS/AVNIR-2 (2006) хиймэл дагуулын мэдээ ашиглаж судалгаа хийсэн. Судалгааны үр дүнгээс хархад Дархадын хотгорт тархсан термокарстын нууруудын тоо +21% (347-420)-иар, нууруудын талбай +7% (3680 га – 3936 га)-иар тус тус нэмэгдсэн байна. Сүүлийн 45 жилийн хугацаанд Дархадын хотгорт нийт 85 термокарстын нуурууд 166 га-аар шинээр үүссэн нь цэвдгийн идвэхтэй алдрал болон уур амьсгалын өөрчлөлттэй хамааралтай байсан гэж дүгнэсэн (Saruulzaya, 2017). Энэхүү өөрчлөлт нь уур амьсгал болон тухайн газрын цэвдэгийн нөхцөлүүдээс хамаарч байсан. Saruulzaya (2017) Дархадын хотгорт орших томоохон термокарстын нуурын нэг болох Цойцон нуурын өөрчлөлтийг өндөр нарийвчлалтай АНУ-ын Corona (1.8 м-ийн нарийвчлалтай), Япон улсын ALOS/AVNIR-2 (10 м-ийн нарийвчлалтай) хиймл дагуулуудын 1962-2007 оны мэдээ ашиглаж боловсруулалт хийж, сүүлийн 45 жилийн өөрчлөлтийг тогтоосон байдаг (Зураг 9).

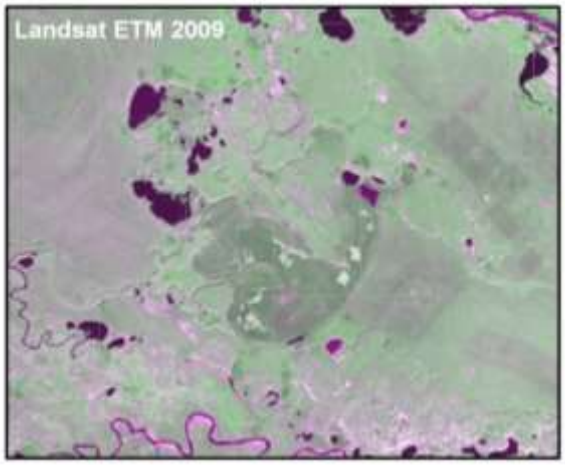


Зураг 9. Дархадын хотгорт орших Цойцон нуурын өөрчлөлт (Saruulzaya, 2017). Зүүн гар талын зураг 1962 оны Corona хиймэл дагуулын мэдээ, баруун гар талын зураг 2006 оны ALOS хиймэл дагуулын мэдээнээс талбайн хэмжээг тодорхойлсон байдал.

Дээрх үр дүнгээс үзэхэд Цойцон нуур нь 1962 онд гадаргын ус 578 га талбайтай байсан бөгөөд тухайн нуурт цутгаж байгаа голууд нь тасалдаж тасарсан байдалтай байна (Saruulzaya, 2017). Харин 2007 оны хиймэл дагуулын зурагнаас үзэхэд Цойцон нуур бараг бүхэлдээ ширгэж алга болсон бөгөөд нуурын хэмжээ 19 га талбайтай байсан. Харин сонирхолтой нь энэ нуурын эргэн тойронд орших нуурууд хэвээрээ байгаа нь хиймэл дагуулын мэдээнд тодорхой харагдаж байна. Мөн судалгааны хугацаанд нууранд цутгаж байсан голуудын гольдрол бараг үгүй болсон.

Судалгааны хугацаанд Цойцон нуурын энэхүү эрс өөрчлөлтөнд ямар үйл явц нөлөөлснийг тогтоохын тулд бид он оны нарийвчилсан мэдээнд боловсруулалт хийсэн (Saruulzaya, 2017). Зураг 10-аас хархад нуурын усны талбай 1962 оноос 1968 оны хооронд 578 га-аас 529 га хүртэлт буурсан бол 1986 оны Ландсат хиймэл дагуулын зурганд 215 га болсон байна. Харин тухайн онд Цойцон нуурын баруун хажуу, ойр орчимд газар тариалангийн үйл ажиллагаа идвэхтэй явагдаж байсан ул мөр тод харагдаж байна. Энэ нь нэг үгээр антропогений хүчин зүйлийн нөлөөнд голын гольдрол термоэрозийн нөлөөнд орж тухайн нууранд цутгадаг гол ширгэж үгүй болсноос нуурын усны гол тэжээгдэл байхгүй болж нуур ширгэсэн байх магадлалтай. Мөн нуурын яг захад орших томоохон хэмжээний тариалангын талбайг магадгүй Цойцон нуурын уснаас усалгаанд ашиглаж байсан байх магадлалтай. Харин 2000, 2006, 2009 оны мэдээнд уг нуур бүрэн хатаж ширгэсэн бөгөөд нуурын талбайн усны хэмжээ 17 га талбайтай болсон нь судалгаагаар тогтоогдсон (Saruulzaya, 2017).





Зураг 10. Дархадын хотгорт орших Цойцон нуурын талбайн 1962 оноос 2009 оны хооронд өөрчлөлт (Saruulzaya, 2017).

Дүгнэлт:

Мөсжилт ихтэй цэвдэгт газарт термоэрози, термоабрази зэрэг үйл явц идэвхитэй байдагтай холбоотойгоор гол гольдролоо өөрчлөх нь элбэг байдаг.

Гольдролын дагуу цэвдэг нь харилцан адилгүй мөсжилт, зузаантайгаар тархсан байна. Цэвдгийн зузаан хамгийн багадаа 20-30 м бол ихдээ >80м байна. Улирлын гэсэлтийн гүн 1.5-3 м байна.

Гольдролын дагуу хаалттай гэсэглүүн үеүүдтэй бол нуурын шалны устай хэсэгт нэвт гэсэглүүн байх боломжтой. Хэрэв тухайн хэсэгт нэвт гэсэглүүнтэй бол тэндээ гүний тэжээлтэй байх боломжтой.

Товч тайлбар, дүгнэлт бичсэн:

Цэвдэг судлалын салбарын ЭШТА, доктор, Я.Жамбалжав,
Цэвдэг судлалын салбарын ЭШДА, доктор, А.Саруулзаяа,
Цэвдэг судлалын салбарын ЭШДА, магистр, Я.Гансүх,