

ТАЛАРХАЛ

Энэхүү судалгааны ажлын туршид буюу хээрийн хэмжилт судалгаа, гүйцэтгэлийн явцад өөрийн цаг хугацааг зориулан үнэтэй зөвлөгөө, санал, шүүмж өгч, судалгааны ажлыг удирдсан Шинжлэх Ухааны Академи, Газарзүй Геоэкологийн хүрээлэнгийн “Цэвдэг судлалын салбар”-ын эрхлэгч, доктор А. Дашцэрэн болон доктор Я. Жамбалжав нартаа гүн талархал илэрхийлж байна. Мөн Монгол улсын их сургууль, Хэрэглээний шинжлэх ухаан инженерчлэлийн сургуулийн З. Мөнхцэцэг багшдаа судалгааны ажилд зөвлөгөө өгч, үргэлж туслан, дэмжиж байдагт тань талархдагаа илэрхийлье. Мөн хээрийн судалгааны болон судалгааны гүйцэтгэлийн туршид тусалж, дэмжиж, зөвлөж байсан Цэвдэг судлалын салбарын ЭШДаА Х. Тэмүүжин болон салбарын хамт олондоо талархан эрдмийн их ажилд нь амжилт хүсье.

ХУРААНГУЙ

Энэхүү дипломын ажилд Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэнгийн “Цэвдэг судлалын салбар”-ын Тэрэлжийн, Шилжрээгийн амны уулын ар хажуу болон өвөр энгэрт тус тус 2002 оноос хойш хэмжиж буй автомат станцын агаарын температур, гүний температур, нарны цацрагийн хэмжилтүүдийн мэдээг ашигласнаас гадна тус судалгааны талбайд 2015 оны 7-р сараас температур хэмжигч “ibutton” суурилуулан 100 цэгт газрын гадаргын температурыг хэмжсэн мөн тэнгэрийн үзэгдэх байдлыг 4 дүгээр сараас 10 дугаар сар хүртэл сарын сүүлийн 10 хоногт “fisheye” буюу загасан нүд ашиглан зургийг авч, мэдээ материалаа боловсруулан судалгааг хийсэн.

Энэхүү судалгаагаар цэвдгийн тархалтад нөлөөлж буй байгалийн голлох хүчин зүйлс болох богино долгионт цацраг, ойн нөлөө, гадаргын температурын нөлөө гэх мэт зүйлсийг судалсан. Судалгааны үр дүнгээс харахад ойн дээрх БДЦ-ийн хэмжээ өвлийн улиралд 34-38 хувь нь модны иш, мөчир, зуны улиралд 76-83 хувь нь модны иш, мөчир, навчсаар халхлагдаж, үлдсэн хувь нь хөвдөн давхарга дээр ирж байна. Мөн хөвхөн давхаргад ирж буй БДЦ-ийн хэмжээ сар сараас хамааран өөр өөр байгааг тэнгэрийн үзэгдэх байдлын буюу “fisheye”-р авсан зураг ашиглан “Gap light analyzer” программаар тооцож, харьцуулахад $R^2=0.8$ буюу хамаарал сайтай гарсан нь модны ургалтаас БДЦ-ийн гадаргад ирэх хэмжээ хамаардаг нь харагдаж байна. Судалгааны талбайд хэмжсэн газрын гадаргын температурын мэдээнээс ойтой болон ойгүй гадаргуу сонгон статистикийн R программыг ашиглан тухайн хоёр цэг дэх температурын зөрөө болон тархалтын давтамжийг тооцоход ойтой цэгт жилийн турш илүү сэрүүн болон хасах градустай өдрүүд их байгаа нь гадаргыг сэрүүцүүлж, улмаар цэвдэг оршин тогтноход таатай нөлөө үзүүлж байна.

Түлхүүр үгс: Цэвдэг, ойн нөлөө, гадаргын температур, богино долгионт цацраг

Гарчиг

НЭГДҮГЭЭР БҮЛЭГ. ОРШИЛ.....	7
1.1. Судалгааны үндэслэл.....	7
1.2. Судалгааны зорилго, зорилт.....	8
1.3. Судлагдсан байдал	8
1.4. Судалгааны ажлын ач холбогдол, шинэлэг тал.....	9
1.5. Судалгааны ажлын хэлэлцүүлэг	10
ХОЁРДУГААР БҮЛЭГ. СУДАЛГААНЫ ТАЛБАЙ	11
2. Газарзүйн нөхцөл	13
2.1.Геологийн тогтоц	13
2.1.1. Хотгор гүдгэрийн тархалт	13
2.1.2. Тектоник-элэгдлийн хэв шинжит хотгор гүдгэр.....	14
2.1.3. Цооногуудын ул хөрсний зүсэлтийн бичиглэл	15
2.1.4. Ул хөрсний улирлын хөлдөлт, гэсэлт.....	15
2.2. Уур амьсгал.....	16
2.2.1. Агаарын температур.....	16
2.2.2. Агаарын чийгшил	17
2.2.3. Нарны цацраг	18
2.2.4. Хур тунадас.....	19
ГУРАВДУГААР БҮЛЭГ. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ	20
3.1. Онолын хэсэг	20
3.1.1. Цэвдэг	20
3.1.2. Нарны цацраг	22
3.2. Газрын гадаргын болон гүний температур, нарны цацраг хэмжилтийн тухай	23
3.2.1. Газрын гадаргын температур хэмжилт	23
3.2.2. Агаарын температурын хэмжилт.....	24
3.2.3. Нарны цацрагийн хэмжилт.....	24
3.3. Мэдээ, өгөгдлийн боловсруулалтийн ерөнхий аргазүй	25
3.3.1. Температурын мэдээ боловсруулалтын аргазүй.....	25
ДӨРӨВДҮГЭЭР БҮЛЭГ. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН.....	27
4.1. Газрын гадаргын температур.....	29
4.2. Богино долгионт цацрагийн хуваарилалт.....	37
4.2.1. Богино долгионт цацрагт үзүүлэх ойн нөлөө.....	38

4.3. Ойн нөлөө	44
ДҮГНЭЛТ	48

Зургуудын жагсаалт

Зураг 1. Тэрэлжийн сав газарт орших цэвдгийн тархалт	11
Зураг 2. (А) landsat 7-ийн зураг Улаанбаатар-Тэрэлж, судалгааны талбайн ерөнхий байдал, (В) Судалгааны талбайн өндөршил болон ар хажуу, өвөр энгэрийн станцын байдал, (С) Ойтой болон ойгүй талбайд байрлах ар хажуу, өвөр энгэрийн станцуудын байрлал.	12
Зураг 3. (А) Шилжирийн амны хөндийн ерөнхий байдал, (Б) Ар энгэрт суурилуулсан цаг уурын автомат станц, (В) Өвөр энгэрт суурилуулсан цаг уурын автомат станц	17
Зураг 4. Дэлхийн бөмбөрцгийн хойд хагасын цэвдгийн тархалтын зураг	20
Зураг 5. Монгол орны цэвдгийн тархалтын зураг, 2016 он	21
Зураг 6. Дэвсгэр гадаргын дулааны тэнцлийн бүдүүвч	22
Зураг 7. Газрын гадаргын температур хэмжигч “ ibutton”	23
Зураг 8. (А) Өвөр энгэрийн (Б) ар хажуугийн автомат станц	24
Зураг 9. Нарны цацрагийн хэмжилтийн багаж	24
Зураг 10. Хоёр цэгүүд дээр нарнаас ирж буй богино долгионт цацрагийг хуваарилалтыг бодоход ашигласан хялбарчилсан схем	26
Зураг 11. Ар хажуу болон өвөр энгэрийн станцуудын мэдээгээр байгуулсан температурын муруй	27
Зураг 12. Хүйтний улирлын буюу 1-р сарын дундаж газрын гадаргын температур	30
Зураг 13. Дулааны улирлын буюу 7-р сарын дундаж газрын гадаргын температур	31
Зураг 14. Сарын дундаж газрын гадаргын температур, 1-4-р сар	32
Зураг 15. Сарын дундаж газрын гадаргын температур, 5-8-р сар	33
Зураг 16. Сарын дундаж газрын гадаргын температур, 5-8-р сар	34
Зураг 17. (а) Судалгааны талбай дахь температурын хэмжилтийн цэгүүд, (б) Өвөр энгэрийн судалгааны талбай буюу SS цэг, (в) Ар хажуугийн судалгааны талбай буюу FN цэг.....	35
Зураг 18. Тэнгэрийн үзэгдэх байдлын зургийг fisheye ашиглан авсан ба Gap light analyzer программ ашиглан хувиар тодорхойлсон байдал.	42
Зураг 19. Ойтой 72 болон ойгүй 71-р цэгийн байршил.....	44
Зураг 20. Ойгүй буюу 71-р цэгийн температурын давтамж	46
Зураг 21. Ойтой буюу 72-р цэгийн температурын давтамж	46

Графикуудн жагсаалт

График 1. Өвөр энгэр болон ар хажуугийн станцууд дээрх гүний температурын муруй	28
График 2. (А) Өвөр энгэр, (Б) ар хажуугийн газрын гадаргын температур, БДЦ-ын хамаарал	36
График 3. Ойгүй өвөр энгэр буюу SS цэгийн сарын дундаж боломжит БДЦ $R_{as} \downarrow$, хэмжсэн БДЦ $R_{s\downarrow}$	37
График 4. Ойтой ар хажуу буюу FN цэгийн сарын дундаж боломжит БДЦ $R_{af\downarrow}$, хэмжсэн БДЦ R_{bfc}	37
График 5. Ар хажуугийн станц дээр хэмжсэн БДЦ, ойн дээрх БДЦ, боломжит БДЦ-ын харьцаа...	39
График 6. БДЦ хэмжээ болон тэнгэрийн харагдах байдлын хамаарал	43
График 7. Ойтой, ойгүй цэгийн температурын жилийн явц.....	45

Хүснэгтүүдийн жагсаалт

Хүснэгт 1. Үүлний коэффициент, k_c	38
Хүснэгт 2. Ойн коэффициент, k_f	39
Хүснэгт 3. Тэнгэрийн үзэгдэх байдал.....	43
Хүснэгт 4. Ойтой, ойгүй талбайн температурын харьцуулалт	45
Хүснэгт 5. 71, 72-р цэг дахь fdd, tdd утгууд.....	47

НЭГДҮГЭЭР БҮЛЭГ. ОРШИЛ

Хөндий хотсын төв хэсгийн чийг намагтай хэсэгт, уулсын ар хажуугийн шилмүүст ойн дор цэвдэг голчлон тархсан байдаг учир экосистемийн чийг, дулааны горимыг тэнцвэржүүлэх үндсэн үүргийг цэвдэг гүйцэтгэдэг. Манай орны ихэнх том гол, горхи эх ундаргаа цэвдэгтэй өндөр уулсаас авсан байдаг бөгөөд энэ нь тухайн бүс нутгийн ард иргэдийн амьжиргаанд чухал нөлөө үзүүлдэг (A. Dashtseren, 2014). Мөн цэвдэг нь их хэмжээний мөс, чийг өөртөө агуулдаг нь ургамал ургах таатай нөхцөлийг бүрдүүлдэг. Цэвдгийн гэсэлт, багасалт нь улирлын гэсэлтийн гүн болон газрын гадаргын температурыг нэмэгдүүлэх, усны нөөц болон ургамлын төрөл зүйлийг багасах гэх мэт экологийн сөрөг үр дагаврыг бий болгодог. Энэ нь тухайн газарт газрын доройтол, цөлжилт үүсэх нөхцлийг бүрдүүлдэг (Meixue Yang, 2004). Цэвдгийн экосистемд үзүүлэх нөлөө их тул түүний оршин тогтнолд нөлөөлж байгаа байгалийн хүчин зүйлсийг тодорхойлох нь шинжлэх ухаан болон практикт өндөр ач холбогдолтой. Иймд энэхүү судалгаагаар Хэнтэй нурууны ойт хээрийн бүсийн өмнөд захад орших Тэрэлжийн савд багтах Шилжрээгийн хөндийн цэвдгийн тархалтад нөлөөлж буй байгалийн голлох хүчин зүйлсийг тодорхойлох үүднээс доорх судалгааг хийж гүйцэтгэв.

1.1. Судалгааны үндэслэл

Цэвдэг нь тодорхой хэмжээний газрын гүнд өөртөө янз бүрийн хэмжээтэй чийг, мөс агуулан оршдог тул газрын гүний болон гадаргын усны нөөцийн нэг хэлбэр болно. Мөн хөндий хотсын төв хэсгийн чийг намагтай хэсэгт, уулсын ар хажуугийн шилмүүст ойн дор цэвдэг голчлон тархсан байдаг учир энэхүү экосистемийн чийг дулааны горимыг тэнцвэржүүлэх үндсэн үүргийг гүйцэтгэдэг. Мөн манай орны ихэнх том гол, горхи эх ундаргаа цэвдэгтэй өндөр уулсаас авсан байдаг бөгөөд энэ нь тухайн бүс нутгийн ард иргэдийн амьжиргаанд чухал нөлөө үзүүлдэг байна (А. Дашцэрэн, 2014). Иймд уур амьсгалын дулааралт, хүний буруутай үйл ажиллагаа зэрэг аливаа өөрчлөлт нь энэ өндөр хасах температуртай цэвдэгийг өсгөөд зогсохгүй алдралд ороход хүргэж байна. Дээр дурдсанаар цэвдэг нь маш олон төрлийн ач холбогдолтойгоос гадна нөгөө талаас түүн дээр баригдсан барилга байгууламжийг гажаах, ан цав, хагарал үүсгэх гэх мэт сөрөг нөлөө их байдаг. Цэвдгийн тархалт нь газрын гадаргын бүрхэвч болон хэлбэрээс хамааран өөрчлөгдөж буй бичил уур амьсгалын нөхцөлтэй нарийн нягт уялдаатай (Dashtseren *et al.*, 2014). Ийм учраас цэвдгийн тархалтыг илрүүлэхэд маш

төвөгтэй учир бичил уур амьсгалын мэдээ, материал цэвдгийн судалгаанд маш чухал. Гэвч бичил уур амьсгалын хэмжилт хийхэд хэмжилтийн багажны үнэ өртөг, суурилуулалт гэх мэт асуудлуудаас болж Монголд нарийвчилсан мэдээ, материал нь ховор байдаг. Харин 2002 оноос хойш Тэрэлжийн Шилжрээгийн аманд уулын өвөр энгэр, ар хажууд тус тус станц байгуулан бичил цаг уурын мэдээг тасралтгүй хэмжиж байна. Иймд энэхүү судалгаагаар цэвдгийн тархалтад нөлөөлж байгаа байгалийн голлох хүчин зүйлсийг судлах бүрэн боломж бүрдэж байна.

1.2. Судалгааны зорилго, зорилт

Дээр дурдсанчилан цэвдэг нь экосистемийн хувьд ач холбогдолтой тул түүний оршин тогтнолд нөлөөлж байгаа голлох хүчин зүйлсийг энэхүү судалгаагаар харуулахыг зорисон.

Иймд зорилгоо хэрэгжүүлэхийн тулд дараах зорилтуудыг дэвшүүлсэн. Үүнд:

- Газрын гадаргын температур нь цэвдгийн тархалтыг илэрхийлэх гол үзүүлэлтүүдийн нэг тул 81 цэгүүдэд суурилуулан хэмжсэн температурын мэдээг ашиглан сарын болон жилийн дундаж утгуудыг тооцох.
- Тооцсон температурын мэдээнээс уулын ар хажуу болон өвөр энгэрийн газрын гадаргын температурын ялгааг гаргах
- Мөн ар хажуу болон өвөр энгэрт ирж буй богино долгионт цацрагийн (БДЦ) хэмжээ, тэдгээрийн зөрүүг тооцох.
- БДЦ-ийн хэдэн хувь нь ойн бүрхэвчээр саатуулагдан газрын гадаргад ирж байгааг тооцох. Мөн ойтой ар хажууд БДЦ-ийн хэмжээ модны иш, мөчир, навчсаар халхлагдаж байгаа эсэхийг судлах.
- Газрын гадаргын температурт үзүүлэх ойн нөлөөг тооцох.

1.3. Судлагдсан байдал

Монгол орны нутаг дэвсгэрт цэвдгийн мониторингийн нийт 180 гаруй цооног байдаг. Үүнээс 117 орчим цооногт сүүлийн жилүүдэд тасралтгүй хэмжилт хийж, ул хөрсний температурын горим, өөрчлөлт, цэвдэгт үзэгдлийн талаар судалсан. Мөн сүүлийн жилүүдэд зайнаас тандах арга, физик, математик загварчлал ашиглан Монгол орны хэмжээнд болон зарим бүс, нутгийн хэмжээнд цэвдгийн зураглалыг хийсэн байдаг. Гэхдээ Монгол оронд бичил газрыг сонгон цэвдгийн тархалтад нөлөөлж буй байгалийн хүчин зүйлсийг тодорхойлсон судалгаа нэн ховор юм. Харин А. Дашцэрэн болон бусад

(2014) онд Тэрэлжийн Шилжирийн хөндийд цэвдгийн тархалтад нөлөөлж буй хүчин зүйлсийг судалсан.

1.4. Судалгааны ажлын ач холбогдол, шинэлэг тал

Энэхүү судалгаагаар байгальд явагдаж буй үзэгдлүүдийг хэд хэдэн хүчин зүйлс ашиглан тооцсоноороо шинжлэх ухаанд ихээхэн ач холбогдолтой. Судлаачид цэвдгийн судалгаанд ихэвчлэн геоморфологи, ургамлан бүрхэвч, дулаан техникийн үзүүлэлт, гүний температурын өөрчлөлт зэрэг үзүүлэлтүүдийг судалсан байдаг. Харин энэхүү судалгаагаар уулын ар хажуу болон өвөр энгэрт нийт 100 орчим цэгт газрын гадаргын температурыг хэмжин тухайн энгэрүүдэд температурын өөрчлөлт хирхэн явагдаж буйг судлахаас гадна уулын өвөр энгэр болон ар хажууд ирэх богино долгионт цацраг (БДЦ)-ийн хэмжээг харьцуулан үүнээс үүлний болон ойн нөлөөг тооцоолж, ойд ирж буй БДЦ-ийн хэмжээг тэнгэрийн үзэгдэх байдалтай хамааруулсанаас гадна сүүлийн үед олон улсын судалгаанд ашиглаж буй тоног төхөөрөмж, программ хангамж ашиглан судалгаа хийснээрээ шинэлэг болно.

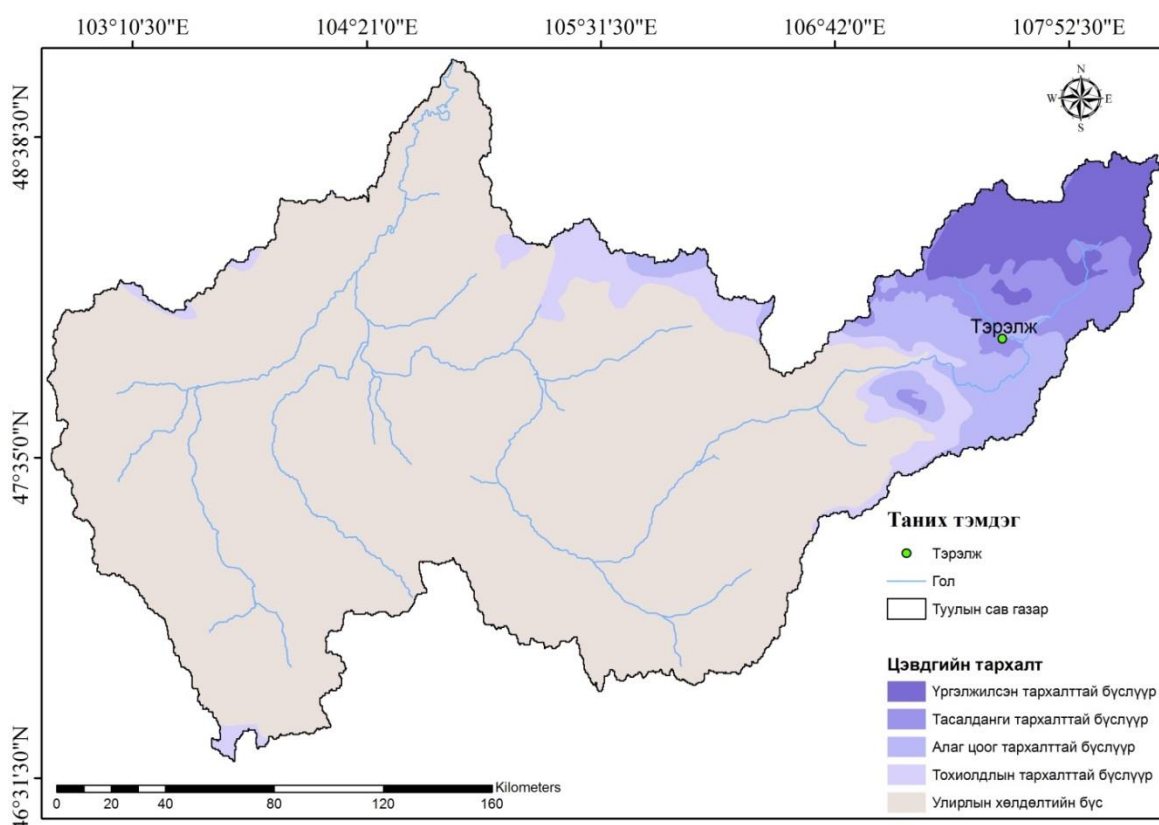
1.5. Судалгааны ажлын хэлэлцүүлэг

Энэхүү судалгааны ажлыг дараах хурал, эрдэм шинжилгээний бүтээлүүдэд хэвлүүлж үр дүнг хэлэлцүүлсэн:

- **Ц. Ундрахцэцэг**, А. Дашцэрэн, Я. Жамбалжав, Х. Тэмүүжин. “Цэвдгийн тархалтад нөлөөлөх байгалийн голлох хүчин зүйлс” Хүрэлтогоот-2016, хуудас 188-194, Улаанбаатар.
- **Ц. Ундрахцэцэг**, “Цэвдгийн тархалтад нөлөөлөх байгалийн голлох хүчин зүйлс” Хүрэлтогоот-2016 (аман илтгэл).
- **Ц. Ундрахцэцэг**, “Цэвдгийн тархалтад нөлөөлөх байгалийн голлох хүчин зүйлс” Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэн, Цэвдэг судлалын салбарын онол аргазүйн семинар.

ХОЁРДУГААР БҮЛЭГ. СУДАЛГААНЫ ТАЛБАЙ

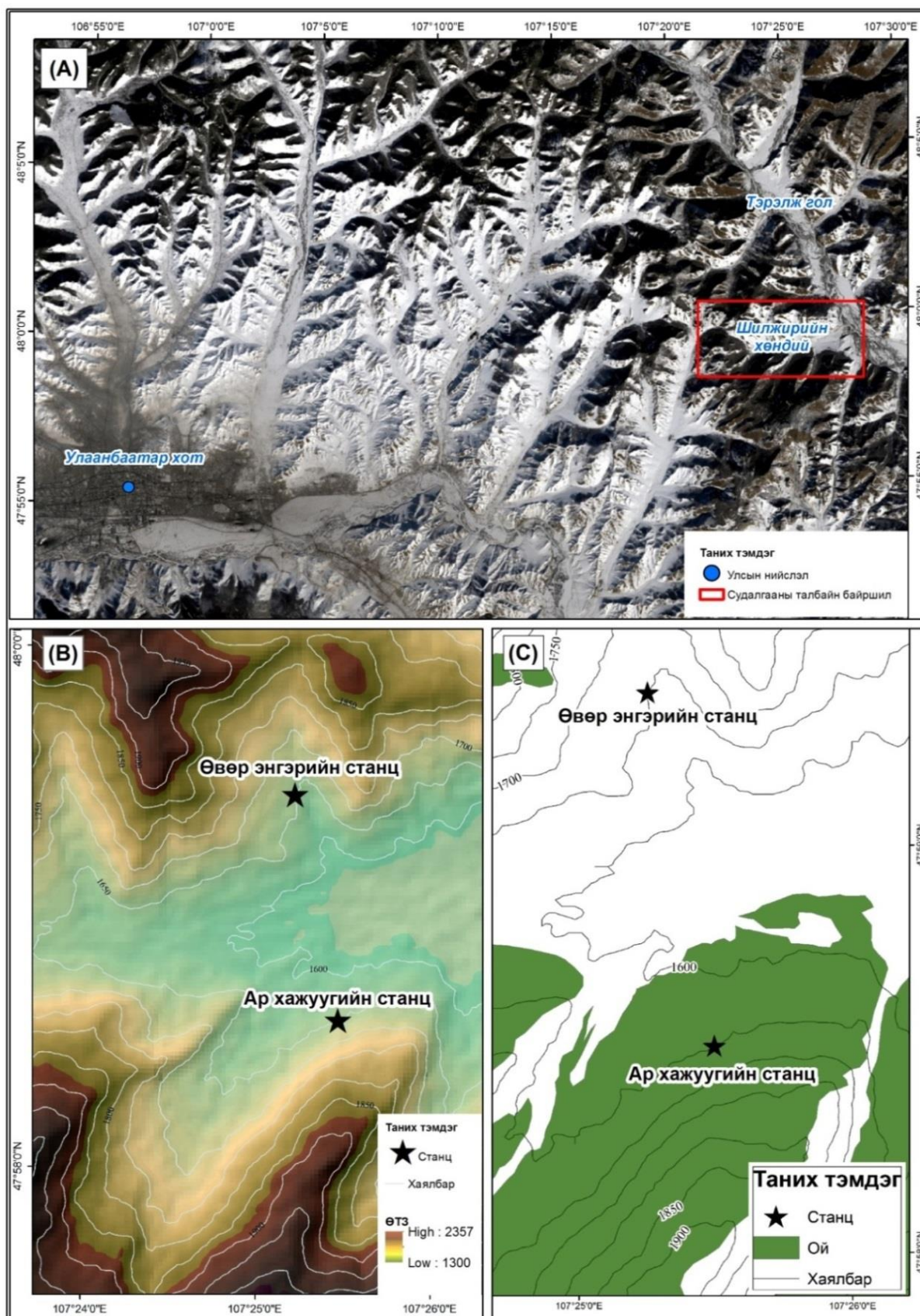
Судалгааны талбай нь Улаанбаатар хотоос зүүн зүгт, ойролцоогоор 50 километр зайтай, Тэрэлж голын нэг цутгал болох Шилжирийн хөндийд байрлана. Тус сав газрын өндөршил нь хөндий хэсэгтээ далайн түвшинээс дээш (ДТД) 1550 м, уулсын оройгоор ДТД 2195 м хүрэх ба Дорнод Сибирийн үргэлжилсэн цэвдэг ба тайгын бүсийн өмнөд хил дээр оршино (Зураг 3). Хан Хэнтийн ДЦГ, Горхи-Тэрэлжийн БЦГ-ын нутаг дэвсгэр тэдгээрийн орчны бүс нутаг нь Хэнтийн уулархаг бүс нутгийн цэвдгийн тархалт нь үргэлжилсэн, тасалданги, алаг цоог бүслүүрүүдийг хамран оршино (Я. Жамбалжав,



2015).

Зураг 1. Тэрэлжийн сав газарт орших цэвдгийн тархалт

Монгол оронд цэвдгийн үргэлжилсэн тархалттай бүслүүрт нийт газар нутгийн 85% ба түүнээс их хувьд цэвдэг тархсан байх ба зузаан нь 100-500 метр, тасалданги тархалттай бүслүүрт нийт газар нутгийн 50-85% цэвдэг тархсан байх ба зузаан нь 50-200 метр, алаг цоог тархалттай бүслүүрт нийт газар нутгийн 10-50% цэвдэг тархсан байх ба зузаан нь 15-100 метр, ховор алаг цоог тархалттай бүслүүрт нийт газар нутгийн 1-10% цэвдэг тархсан байх ба зузаан нь 5-50 метр тус тус байна (Шархүү, 1975).



Зураг 2. (A) landsat 7-ийн зураг Улаанбаатар-Тэрэлж, судалгааны талбайн ерөнхий байдал, (B) Судалгааны талбайн өндөршил болон ар хажуу, өвөр энгэрийн станцын байдал, (C) Ойтой болон ойгүй талбайд байрлах ар хажуу, өвөр энгэрийн станцуудын байрлал

Зураг 2-т харуулснаар судалгаа хийж байгаа өвөр энгэрийн автомат станц нь тал хээрийн ургамалтай, цэвдэггүй харин ар хажуугийн автомат станц нь ойтой, цэвдэгтэй газар байрласнаараа онцлог болно.

2. Газарзүйн нөхцөл

Монгол улсын дэвсгэр нутгийг гадарга, хотгор гүдгэрийн байдлаар Ш. Цэгмид физик-газарзүйн дөрвөн их мужид хуваажээ. Энэ нь тус орны гадарга, хотгор гүдгэрийн онцлогийг тусган тодорхойлсноор барахгүй уур амьсгалын мужуудыг ялган тогтоох гол үндэслэл болно. Судалгаанд хамрагдаж буй Тэрэлжийн нутаг дэвсгэрт багтах Шилжрээгийн хөндий нь газарзүйн байршлын хувьд Хэнтий нурууны өмнөд хэсэгт, ойт хээрийн бүсэд 1577-1940 м үнэмлэхүй өндөртэй Тэрэлжийн голын баруун хэсгийн өндөр уулсын мужид багтана.

2.1.Геологийн тогтоц

Геологийн тогтоцын хувьд Тэрэлж голын сав газарт девон, мезозой, карбоны эрин үед үүссэн тунамал, хувирмал чулуулаг, тэдгээрийг нэвтэлж газрын гүнд царцаж тогтсон юра, триасын настай гранодиорит боржин, лейко-боржин, граносиенит, сиенит, шүлтлэг боржин чулуулаг голлохоос гадна хөндийн зах хэсгээр хүрмэн чулуу, андизит, хүрмэн чулуу, мөн бага хэрчигдэлтэй зарим дундаж өндөр уулсад чулуун нүүрсний системийн тэнгисийн тив гаралт нүүртөрөгчит шаварлаг занар, аргилит, аливролит, элсэн чулуу тархсан байна. Түүнчлэн дээр дурдсан үндсэн чулуулгийг бүрхэж тархсан цэрдийн эринд үүссэн цайвар саарал өнгийн элсэрхэг болон наанги шавар, шавранцар, элсний нимгэн үе бүхий хурдас цутгал голуудын дагуу болон адаг, бэлчирт элбэг тохиолдоно. Ялангуяа Тэрэлж голын хөндийг дагаж тархсан орчин үеийн дөрөвдөгчийн буюу голоцены настай элс, хайрга, шавар, хайргажин зэрэг хурдас нэн элбэг юм (Д. Энхтайван, 2015).

2.1.1. Хотгор гүдгэрийн тархалт

Тэрэлж гол нь манай орны томоохон голын нэг болох Туул голын ай савд хамрагдана. Тэрэлжийн гол нь Хэнтийн нурууны ноён оргил Асралт Хайрхан уулын (2799.3 м) баруун өмнөд салбар 2609.8 тоот өндөрлөгийн өврөөс эх аван урсана. Тэрэлж голын сав дагуу Бага Хэнтийн нурууны гол нуруу, тэдгээрийн салбар уулс болон ян сарьдаг бүхий өндөр, дундаж өндөр уул тархана. Тухайлбал, Хэнтийн уулсын ноён оргил болох Асралт Хайрхан (2799.3 м), Алтан Өлгий (2646.0 м), Ахайн хөндлөн хошуу (2617.0 м), Бүрэнгийн Сарьдаг (2489.6 м), Өрхөтийн хойд нуруу (2474.9 м), Янгиа бугын зоо

(2527.0 м), Гурван чулууны сарьдаг (2356.2 м), Алагийн нуруу (2359.6 м), Баян бараат (2286.0 м), Дунд баян (2311.0 м), Тэрэлжийн сарьдаг (2376.1 м) зэрэг уул нуруудыг дурдаж болно. Тэрэлжийн савд хамрагдах гол горхиудын хөндийн онцлог шинж нь уул зүйн чиглэл, түүний өндөр нам, чулуулгийн тогтоц байдлаас болж хэлбэр дүрсийн хувьд өөр өөр байдалтай болдог. Энд гол төлөв хуримтлуулах үйл ажиллагаа идэвхтэй явагддаг. Иймээс Тэрэлж гол, түүний томоохон зутгал болох Заан голын адагт аллюви, аллюви-пролювийн хурдас зузаан хуримтлагдсан байдаг. Тэрэлжийн савд тархсан хотгор гүдгэрийн нэг онцлог хэлбэр бол энд эртний мөстлийн ул мөрүүд тод хадгалагдан үлдсэн явдлууд юм (Д. Энхтайван, 2015).

2.1.2. Тектоник-элэгдлийн хэв шинжит хотгор гүдгэр

Хотгор гүдгэрийн энэ хэв шинжид эртний мөстлийн ул мөр болон ян сарьдаг бүхий хавтгайвтар бөмбөгөр, шовх орой хяртай хүчтэй хэрчигдсэн өндөр, бэсрэг, нам уул хамрагдах ба тэдгээр нь тектоник хөдөлгөөнөөр үүсэж өргөгдсөн боловч гадаад хүчний нөлөөгөөр элэгдэн өөрчлөгдөж байгаа хотгор гүдгэр юм. Энэ хэв шинжийн уулс нь дотроо үнэмлэхүй ба харьцангуй өндрөөрөө, морфологи шинж байдлаараа харилцан адилгүй учир хэд, хэдэн дэд хэв шинжийг бий болгоно.

Эртний мөстлийн ул мөр бүхий шовх оройтой эрс хажуу, хад чулуурхаг, хүчтэй харчигдсэн өндөр уулс: энэ дэд хэв шинжид Хэнтийн уулархаг орны төв хэсгийн буюу Бага Хэнтийн нуруунд орших эртний тэгшрэлийн гадарга нь шинэхэн тектоник хөдөлгөөнөөр сэргээгдсэн Асралт Хайрхан (2799.3 м), Алтан Өлгий (2645.0 м) зэрэг уулс хамрагддаг. Дурдсан сарьдагууд нь Хойд мөсөн далай болон Номхон далайн ус хагалбар болох бөгөөд гадарга нь хавцал маягийн болон тэвшин хөндийнүүдээр ихээхэн зүсэгдэж бартаажсан ба гуу жалга, амнуудын адагт өгөршлийн материал хушуу туугдас үүсгэсэн байдаг. Уулсын хажуу нь харилцан адилгүй хэвгийтэй боловч ихэнх нь 25°-ээс дээш хэвгийтэй. Энэ дэд хэв шинжид хамрагдах уулс нь ян сарьдаг бүхий орой хяртай байх боловч эртний тэгшрэлийн гадарга хадгалагдан үлдсэнээс зарим уулын орой хавтгай байдалтай, чулуун асга нэн элбэг. Сарьдагуудын ойн хилээс дээш гарсан хэсэг нь гол төлөв нураг асга чулуулгаас тогтох ба арай налуувтар хажууд шаталсан дэнж, нураг элсэн чулуун тавцангууд их байдаг. Энд уур амьсгал нь хатуу ширүүнээс гадна цэвдэгтэй тул хүйтний өгөршлийн үйл явц идэвхтэй явагддаг учир ян сарьдгийн орой хяр элэгдэн мөлийсний зэрэгцээ тэнд тагийн дэнж үүсэх үйл явц эрчимтэй явагддаг ажээ (Д. Энхтайван, 2015).

2.1.3. Цооногуудын ул хөрсний зүсэлтийн бичиглэл

Шилжрээгийн хөндий нь баруунаас зүүн тийш сунаж тогтсон жижиг ам бөгөөд уулсын ар тал нь шилмүүст ойгоор хучигдсан дороо цэвдэгтэй болно. Өвөр тал нь тачир ургамалтай ба хойноос урагшаа чигэлсэн гуу, жалга бүхий богино амуудтай. Тус талбайд хэмжиж буй 10 метрийн гүнтэй цооног нь 16 градусын налуутай өвөр энгэрт оршино. 0 – 4.6 метрт дээрээ бага зэрэг ургамлын үндэс бүхий улаан хүрэн өнгийн шавранцарын мичил үетэй сайр, сайрганцартай хүрэн бор өнгийн элсэнцэр, 4.6 – 10 метрт элсэнцэр дүүргэвчтэй сайр, сайрга, 7 метрээс доошоо элсэнцэр дүүргэвчтэй бул чулуу. Элс, элсэнцэрийн хэмжээ 30-50 хувьтай байсан. Харин 7.5 метрийн гүнтэй цооног нь 17 градусын налуу бүхий ойтой уулын ар талд оршино. 0 – 0.15 метрт ургамлын үндэстэй, сайр, сайргатай хар хүрэн элсэнцэр, 0.15 – 1.8 метрт жижиг бул чулуу, сайр, сайргатай дунд ширхэгтэй элс. Сайр, сайрганы агууламж 30 – 40 хувьд хүрнэ. 1.8 – 3.2 метрт жижиг хэмхдэс чулуу, сайр, сайргатай бор саарал өнгийн элс. Сайр, сайрганы агууламж 30 – 50 хувьд хүрнэ. 3.2 – 4.3 метрт сайр, сайргатай бор өнгийн элсэнцэр. Сайр, сайрганы агууламж 30 – 50 хувьд хүрнэ. 3.5 метрээс хөлдүү ул хөрс илэрнэ. 4.3 – 4.8 метрт хөлдүү, сайр, сайргатай бор өнгийн маш нягт бөгөөд чийг бага элсэнцэр. Сайр, сайрганы агууламж 30 – 50 хувьд хүрнэ (Я. Жамбалжав, 2009).

2.1.4. Ул хөрсний улирлын хөлдөлт, гэсэлт

Тэрэлж голын хөндийн Шилжирийн амны 17 градусын налуутай уулын өвөр хажуугийн элсэнцэр, элсэн дүүргэвчтэй хайрган ул хөрсний улирлын хөлдөлтийн гүн 4 м, энэ гүн дэх ул хөрсний жилийн дундаж температур $+1.9^{\circ}\text{C}$. Тэрэлж голын хөндийн Шилжирийн амны 16 градусын налуутай уулын ар хажуугийн элсэнцэр, элсэн дүүргэвчтэй хайрган ул хөрсний улирлын гэсэлтийн гүн 3.5 м, энэ гүн дэх ул хөрсний жилийн дундаж температур -1.4°C .

2.2. Уур амьсгал

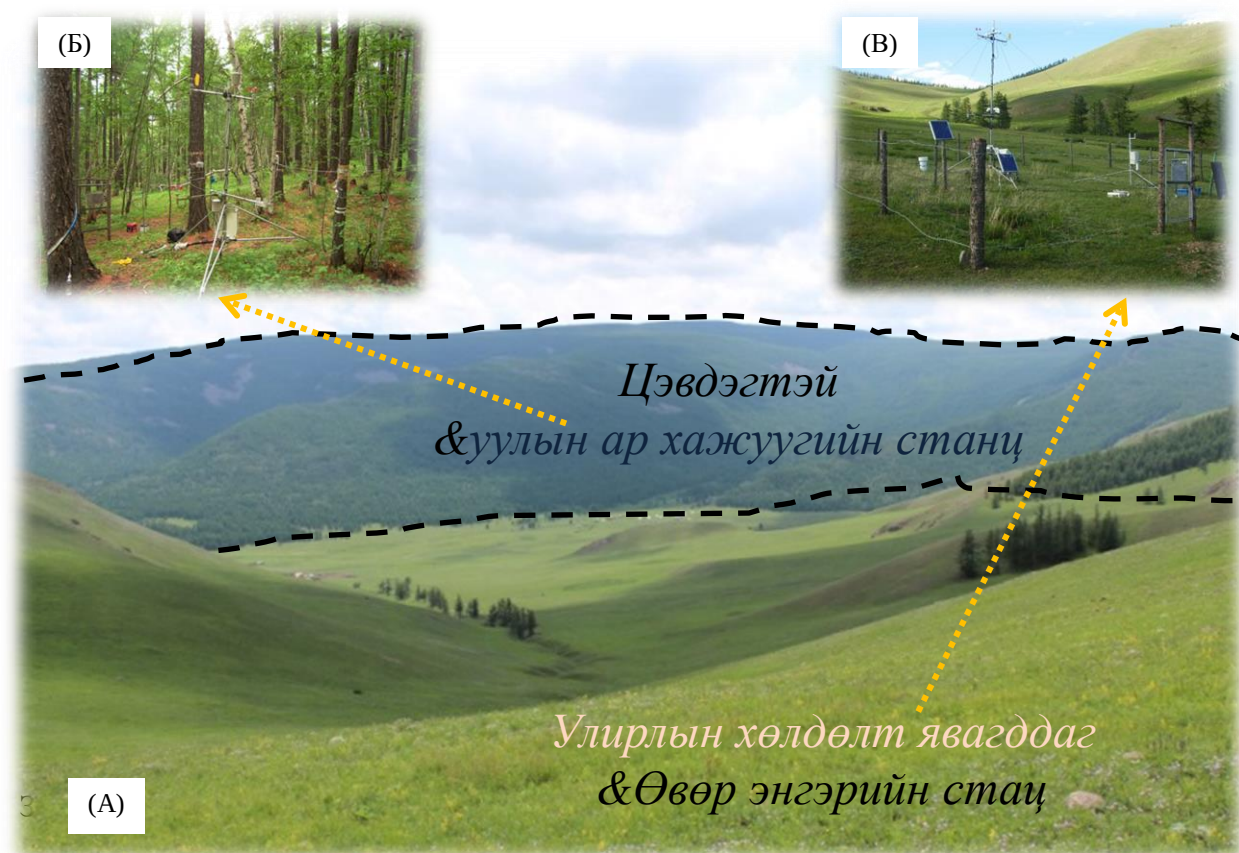
2.2.1. Агаарын температур

Монгол орон эх газрын гүнд, далайн түвшнээс дээш ихээхэн өндөрт оршдог явдал юуны өмнө агаарын температурт нөлөөлж өвлийн улирлыг урт, тогтмол хүйтэн, зуныг дулаан болгож хоногийн болон жилийн хүйтний агууриг маш их хэмжээнд хүрч хавар, намрын улирал богинохон байх явдлын эх шалтгаан болно. Үүнээс гадна температурын горимд циклон, эсрэг циклоны нөлөө их юм. Жилийн хүйтэн улиралд Монголын нутагт хойт туйлын эх газрын хүйтэн агаар нэврэн ирж, эсрэг циклон тогтдогийн улмаас газрын гадарга дулаанаа их алдаж хүчтэй хөрөх тул өвөл маш хүйтэн болно. Харин жилийн дулаан хагаст бол энэ байдал өөр буюу Төв Азийн эх газрын дулаан агаар дагнаж, нилээн халуун болдог ажээ. Монгол оронд байгалийн нөхцөл өргөрөг бүсийн байдлаас болж зуны температур хойноос урагшлахад нэмэгдэх боловч газрын үнэмлэхүй өндөр ихсэхэд буурна. Жишээ нь: Алтай, Хангай, Хэнтийн нуруу болон Хөвсгөлийн уулс зэрэг уулархаг нутгийн дээд хэсгээр зун сэрүүн байна. Ийм байдал мөн томоохон нуурын эрэг орчимд усны нөлөөнөөс болж үзэгдэнэ (Н. Бадарч, 1971).

Тэрэлжийн сав газар нь жилийн хүйтэн үеийн үргэлжлэх хугацаа урт, агаарын температурын жилийн болон хоногийн хэлбэлзэл ихтэй, эх газрын эрс тэс уур амьсгалтай нутаг юм (Нацагдорж, 1988). Уур амьсгалын гол онцлог нь жилийн дөрвөн улирлын ялгаа ихтэй, энэ чанараараа агаарын температурын хэлбэлзэл өндөр, уур амьсгалд өргөргийн болон өндрийн бүсийн ялгаа тодорхой илэрдэг явдал юм (Жамбаажамц, 1989).

Тэрэлжийн сав газарт байрлах Шилжирийн хөндийд орших тус судалгааны талбайд Японы засгийн газрын санхүүжилттэй Япон Монголын хамтарсан төслийн хүрээнд уг хоёр станц дээр 2002 оноос хойш цаг уурын хэмжилтийг тасралтгүй хийж байна. Судалгааны талбайд суурилуулсан цаг уурын автомат станц нь Тэрэлжийн голын хөндийн баруун талд орших Шилжирийн хөндийд 17 градусын налуутай уулын арын модтой энгэрт далайн төвшнөөс дээш 1600 м өндөрт (Зураг3.Б), 16 градусын налуутай уулын өвөр энгэрт 1680 м өндөрт (Зураг 3.В) тус тус байрлана. Өвөр энгэрт агаарын үнэмлэхүй их температур 29.83°C , үнэмлэхүй бага температур -34.21°C , агаарын жилийн дундаж температур -2°C , харин уулын модтой ард агаарын үнэмлэхүй

их температур 28.48°C , үнэмлэхүй бага температур -33.9°C , агаарын жилийн дундаж температур -2.92°C байна.



Зураг 3. (А) Шилжирийн амны хөндийн ерөнхий байдал, (Б) Ар энгэрт суурилуулсан цаг уурын автомат станц, (В) Өвөр энгэрт суурилуулсан цаг уурын автомат станц

Шилжирийн хөндийн модгүй өвөр энгэр болон модтой ар хажуу хоёрын хооронд агаарын температурын жилийн хэлбэлзэл онцын өөрчлөлтгүй, харин агаарын жилийн дундаж температур уулын модгүй өвөр энгэрт -2°C , модтой ар хажууд -2.92°C тус тус байна (Я. Жамбалжав, 2009).

2.2.2. Агаарын чийгшил

Агаарын чийг бол тухайн газар нутгийн уур амьсгал хир зэрэг чийгтэйг илэрхийлэх чухал элемент юм. Монгол орны агаарын чийгийн гурим жилийн дулаан, хүйтэн хагаст эрс ялгаатайгаас гадна газрын үнэмлэх өндөр, хотгор гүдгэрийн нөхцөл хийгээд агаарын температурын хуваарилалтыг дагаж өөрчлөгддөг буюу хойноосоо урагшлах бүр чийгийн хэмжээ багасна. Агаарын чийгшлийн чухал үзүүлэлтийн нэг нь үнэмлэхүй чийгшил юм. Үнэмлэхүй чийгшил нь нэгж эзлэхүүн агаарт агуулагдаж байгаа усны уурыг граммаар илэрхийлсэн үзүүлэлт буюу г/м^3 -ээр илэрхийлнэ. Үнэмлэхүй чийгшил

агаарын температураас ихээхэн хамаарах тул хамгийн их нь зун, хамгийн бага нь өвөл тохиолддог. Монгол орны аль ч нутагт намрын сүүлч буюу 10 дугаар сард агаарын температур ерөнхийдөө жигд учир энэ хугацаанд бүх нутагт үнэмлэхүй чийгшлийн хэмжээ адилаар боловч говь нутаг болон Монголын Дорнод хэсэгт агаарын температур бусад нутгаас харьцангуй их байдгийн улмаас үнэмлэхүй чийгшил арай их байна. Харин Алтай, Хангай, Хэнтийн уулархаг нутаг, мөн Хөвсгөл орчмын уулсаар энэ үед хүйтэрч эхлэх учир үнэмлэхүй чийгшил бусад нутгаас нилээн бага байдаг. Монгол орны аль ч нутагт үнэмлэхүй чийгшлийн бага хэмжээ 1 дүгээр сард ажиглагдана. Харин зуны улиралд нутгийн газарзүйн онцлог нөхцөл байдлаас шалтгаалж үнэмлэхүй чийгшлийн хэлбэлзэл газар газар адилгүй байдаг бол өвлийнх нилээд жигд юм. Өөрөөр хэлбэл 10 дугаар сараас 4 дүгээр сар хүртэлх хугацаанд говь, тал нутаг, хөндий, хонхор болон уулт нутгаар үнэмлэхүй чийгшлийн хэмжээ ерөнхийдөө ойролцоо байхад зун хэлбэлзэл нилээд ихэсдэг ажээ. Аль нэг нутагт хир зэрэг чийглэг болохыг харуулах өөр нэг үзүүлэлт бол агаарын харьцангуй чийгшил юм. Энэ нь агаар усны уураар аль зэрэг ханасныг харуулах үзүүлэлт болно.

2.2.3. Нарны цацраг

Монгол оронд тэнгэр голдуу цэлмэг, нарны гийгүүлэх хугацаа их учир уур амьсгалыг бүрэлдүүлэх хүчин зүйлсийн дотор нарны цацраг дээгүүр байр эзлэнэ. Өөрөөр хэлбэл нарны цацраг нь агаар, газрын гадарга хоёрын хоорондох дулааны солилцоо, агаарын зүйлсийн шилжилт зэрэг уур амьсгал бүрэлдүүлэх бусад нөхцөлд шууд нөлөөлнө. Монгол оронд тэнгэр ихэнхдээ цэлмэг, агаар тунгалаг учраас нарны гийгүүлэлтийн үргэлжлэх хугацаа их буюу нэг жилд ерөнхийдөө 2600-аас 3300 цагийн хооронд хэлбэлзэхдээ бараг адил өргөрөгт орших Дундад Азийнхаас даруй 100 - 300 цагаар илүү юм. Нарны гийгүүлэлтийн хугацаа нарны өндөрөөс шалтгаалах ба нарны өндөр жилийн сар, улирал болон өргөрөг, бүсийн байдлаас болж нутаг бүрт харилцан адилгүй байна. Нарны гийгүүлэлтийн үргэлжлэх хугацаа улирлаар ялгагдахаас гадна өргөргийн байдлаас хамааран хойноосоо урагшлах тутам мөн баруунаас зүүн тийш болоход аль ч улиралд нэмэгдэнэ. Үүнээс гадна нарны гийгүүлэлтийн үргэлжлэх хугацаа үүлшлийн байдлаас ихээхэн шалтгаална.

Мөн газарзүйн нөхцөл байдлаас болж нарны гийгүүлэлтийн жилийн дундаж хэмжээ газар газар адилгүй байна. Түүнчлэн хойноосоо урагшлах тутам гадарга намсан талархаг байдалтай болж, үүлшил, хур тунадас багасдагийн улмаас нарны гийгүүлэх

хугацаа нэмэгдэж наргүй өдрийн тоо цөөрнө. Олон жилийн дунджаар авч үзэхэд тус оронд жилийн 230 – 360 хоног цэлмэг, зөвхөн 50 – 70 хоног наргүй буюу бүрхэг байна. Гэхдээ наргүй өдрийн тоо газар газар адилгүй (Н. Бадарч, 1971).

Дээрх хоёр станц дээр ирж буй богино долгионы цацраг (нийлбэр цацраг), явж буй богино долгионы цацраг (ойсон цацраг), ирж буй урт долгионы цацраг, явж буй урт долгионы цацраг (урт долгионы цацраг) зэргийг 10 минутын зайтайгаар 2002 оноос өдийг хүртэл тасралтгүй хэмжиж байна. Судалгааны талбайд суурилуулсан цаг уурын станцууд дээр 2015 онд хэмжсэн нийлбэр цацрагийн сарын дундаж утгын хамгийн их нь өвөр энгэрт 6-р сард 401 Вт/м^2 , ойтой ар хажууд 78 Вт/м^2 , хамгийн бага нь арванхоёр дугаар сард 108 Вт/м^2 , ойтой ар хажууд 5.4 Вт/м^2 тус тус байсан.

2.2.4. Хур тунадас

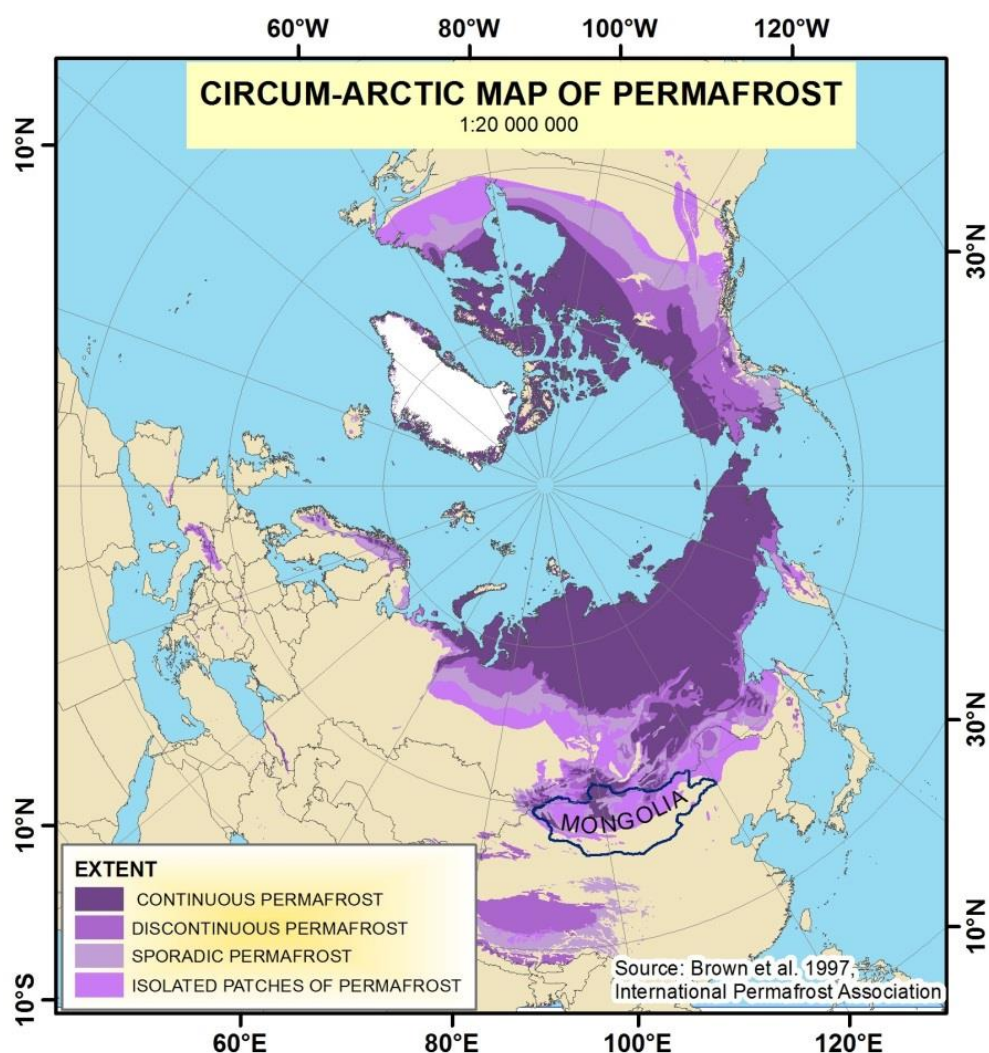
Монгол орон далай тэнгисээс хол, эх газрын гүнд, бараг тал бүрээсээ уулсаар халхлагдаж оршдог онцлогоос шалтгаалан нийтдээ хур тунадас багатай. Атлантын ба хойт мөсөн далайн чийглэг агаар Төв Ази болон Зүүн Сибирийн эх газрыг нэвтрэн ирэх замдаа чийгийнхээ ихэнхийг алдаж, эх газрын хуурай агаар болон хувирдгийн дээр байгаа чийгийнхээ нилээд хувийг тус орныг хүрээлж тогтсон захын уулст унагааж дотогшоо улам бүр хуурай болж ирдэг явдал манай оронд хур тунадас бага байдгийн эх шалтгаан болно. Хур тунадасны хуваарилалт хотгор гүдгэрийн байдлаас нилээд хамаарах буюу газрын үнэмлэхүй өндөр ихсэх тусам хур тунадасны хэмжээ нэмэгдэнэ. Иймд манай оронд хойноосоо урагшлах бүр газрын үнэмлэхүй өндөр намсах учраас тэр чиглэлд хур тунадас багасдаг ажээ(Н. Бадарч, 1971). Монгол орны аль ч нутагт тунадасны жилийн явцын хамгийн бага хэмжээ өвлийн улиралд таардаг бөгөөд энэ нь тус орон өвлийн улиралд эсрэг циклоны нөлөөнд орших бөгөөд арктикийн чийглэг хүйтэн агаар зүүн Сибирийн эх нутгийг дайран чийгээ алдаж улам хөрсөөр арктикий чийг багатай, эх газрын агаар болон хувирч манай оронд ирдэгтэй шууд холбоотой юм. Өвлийн улиралд (11-р сараас 3-р сарыг дуустал) бүх жилд унах тунадасны дөнгөж 5-10 хувь нь унаж газрын гадаргад тогтох цасан бүрхүүлийн зузаан дунджаар 5-10 см-ээс илүүгүй байхаас гадна ой модтой уулын ар хажуу, жалга гуугаас бусад газарт салхинд шуурч үгүй болох явдал олонтаа үзэгдэнэ. Дулааны эрч нэмэгдэж хавар эхлэх үед дулаан орны чийг багатай дулаан агаар урдаас орж ирж дундад өргөргийн сэрүүн агаартай харшилснаас циклон үүсэхэд тунадас унах боломж улам бүр нэмэгдэхэд тунадас аажмаар ихсэж зуны улирал болоход дээрх циклоны гурим бүр тогтворжин 7-р сар гэхэд Монголын аль ч нутагт тунадас хамгийн их унах болно.

ГУРАВДУГААР БҮЛЭГ. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

3.1. Онолын хэсэг

3.1.1. Цэвдэг

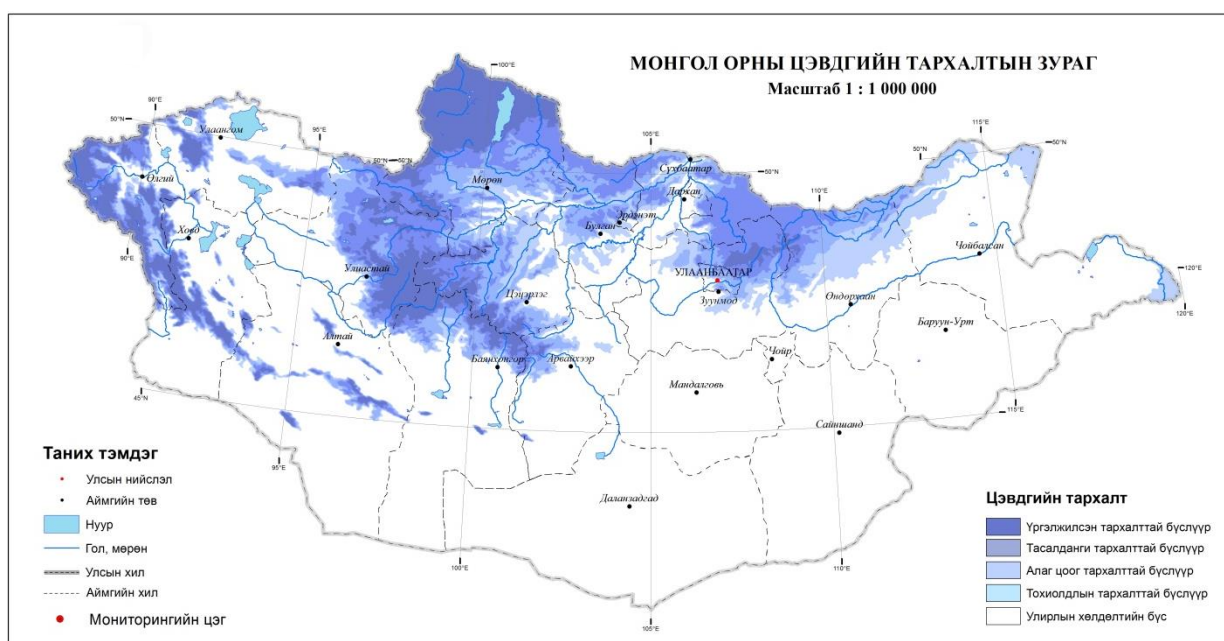
Манай дэлхийн 48 улс орны газар нутгийг ямар нэгэн хэмжээгээр цэвдэгт бүс нутаг эзлэн орших бөгөөд нийт цэвдэгт бүс нутгийн 95 орчим хувь нь 5 улсын газар нутагт ноогддог. Үүнд ОХУ, Канад, АНУ, Хятад зэрэг улсуудын дараа Монгол орон цэвдгийн тархалтаараа тавдугаарт ордог. Цэвдэг нь өндөр өргөргийн бүс нутаг болох туйлын болон өндөр уулсын бүс нутагт тус тус тархсан байдаг. Иймд цэвдгийг тархалтаар нь өргөргийн зүй тогтолтой (арктикийн бүс нутгийн цэвдэг), уулын цэвдэг гэж ангилахаас гадна тэгш өндөрлөгийн цэвдэг (Төвдийн тэгш өндөрлөг), тэнгис, далайн шельф орчмын цэвдэг, реликт цэвдэг гэж ангилсан байдаг.



Зураг 4. Дэлхийн бөмбөрцгийн хойд хагасын цэвдгийн тархалтын зураг

Цэвдэг нь хойд өргөрөгийн $N26^{\circ}$ -аас (Гималайн нуруу) $N48^{\circ}$ (Гренландын арал) хооронд тархах бөгөөд үүний 70% орчим нь $N45^{\circ}$ ба $N67^{\circ}$ хооронд тохиолдоно (Зураг 4).

Монгол орны цэвдгийн тархалтын зургаас харахад цэвдэг нь Алтай, Хангай, Хэнтий, Хөвсгөлийн уулсад төвлөрсөн байхаас гадна Монгол орны хойд хэсэгт илүү тархалттай. Өөрөөр хэлбэл Монгол орны газар нутагт тархсан цэвдэг нь өндрийн болон өргөргийн зүй тогтолтойгоос гадна тасалданги, алаг цоог тархалттай байдаг нь бичил топо уур амьсгалын онцлогтой холбоотойгоор өөрчлөгддөг уулархаг, хуурай, гандуу бүс нутгийн цэвдэг болно.



Зураг 5. Монгол орны цэвдгийн тархалтын зураг, 2016 он

Нөгөө талаас Монгол орны цэвдэг нь Дорнод Сибирийн цэвдэгт бүс нутгийн өмнөд захад оршдог бөгөөд тэг хэмд ойрхон хасах температуртай. Монгол орны хойд бүс нутаг ба уулсын өндөрлөг хэсэгт үргэлжилсэн ба тасалданги тархалттай цэвдэгтэй бол Алтай, Хангай, Хөвсгөл, Хэнтийн уулсын бэл хормой, хөндий, хотост алаг цоог, тохиолдлын тархалттай байдаг (Я. Жамбалжав, 2016). Иймд тус судалгаанд богино долгионт цацраг, агаар, газрын гадарга, гүний температур болон бусад нөлөөг судлан тооцох нь чухал болно.

3.1.2. Нарны цацраг

Нарнаас ирж богино долгионт цацраг (БДЦ) нь манай дэлхий дээр явагдаж буй бүхий л физик, биологи, химийн үзэгдлүүдийг хөдөлгөгч гол хүч бөгөөд газрын гадарга орчмын дулааны тэнцэл, нийлбэр цацраг болон усны эргэлтэд чухал нөлөө үзүүлдэг (Dubayah R, 1995).

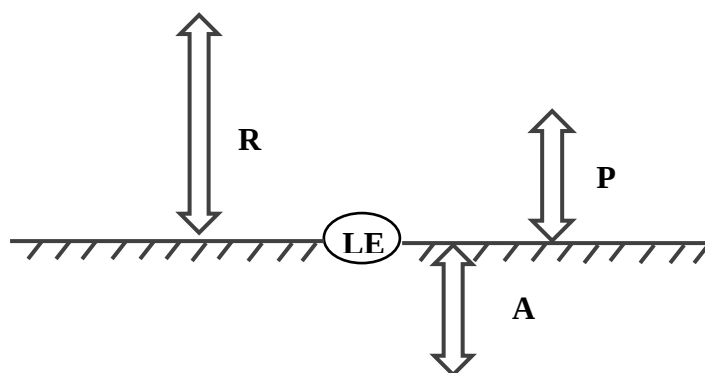
Газрын гадарга дээрх цацрагийн баланс нь ирж буй богино долгионы цацраг- $K\downarrow$, ойж буй богино долгионы цацраг (ойсон цацраг) - $K\uparrow$, ирж буй урт долгионы цацраг - $I\downarrow$, ойж буй урт долгионы цацраг - $I\uparrow$ зэрэг цацаргуудын нийлбэр байдаг.

$$R_n = K\uparrow + K\downarrow + I\uparrow + I\downarrow \quad (1)$$

Ихэнх судалгаануудаас харахад $K\downarrow$ буюу БДЦ нь газрын гадарга дээрх цацрагийн балансд голлох нөлөөг үзүүлдэг. Иймд дэвсгэр гадаргын дулааны тэнцэлд чухал нөлөөтэй. Дэвсгэр гадаргын дулааны тэнцлийг зураг 6-д болон 2-р томъёогоор харууллаа.

$$R_n = LE + P + A \quad (2)$$

Газрын гадарга дээрх нийлбэр цацраг нь- R_n , дэвсгэр гадарга ба агаар мандлын хоорондох турбулент дулааны урсгал- P , дэвсгэр гадарга ба газрын гүний үе дэх дулааны урсгал- A , ууршилтанд зарцуулагдах дулаан эсвэл конденсацйин процесст ялгарах дулаан- LE (L -ууршилтын нууц дулаан, E -конденсаци ба ууршилтын хурд) зэрэгт зарцуулагддаг.



Зураг 6. Дэвсгэр гадаргын дулааны тэнцлийн бүдүүвч

Дулааны тэнцэлийг тооцохын тулд нарийн судалгаа шинжилгээ, багаж, мэдээ, материал шаарддаг тул тус ажилд дулааны тэнцлийг тооцоогүй ч эдгээр дулааны үзэгдлийн гол хөдөлгөгч хүчин зүйл нь богино долгионт цацраг (БДЦ) тул нарийвчлан судалгаанд оруулан БДЦ болон газрын гадаргын температурын хамаарлыг мөн судалсан болно.

3.2. Газрын гадаргын болон гүний температур, нарны цацраг хэмжилтийн тухай

3.2.1. Газрын гадаргын температур хэмжилт

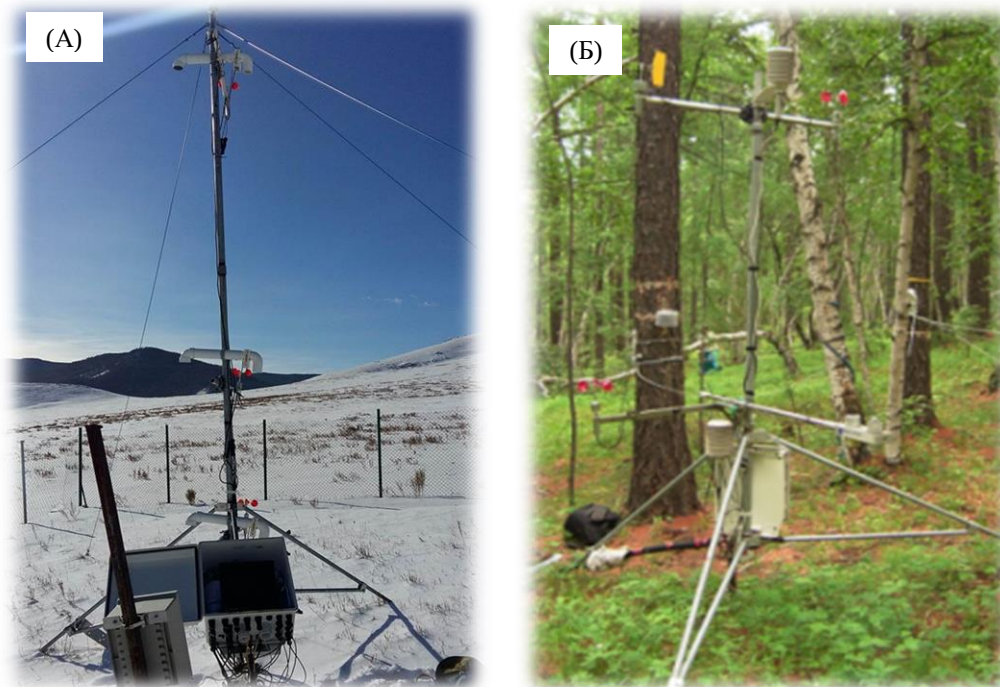
Энэхүү судалгаагаар цэвдэгтэй буюу уулын ар хажуу (FA), цэвдэггүй буюу уулын өвөр энгэр (SS) дэх цэгүүдэд 100 ширхэг гадаргын температур хэмжигч (ibutton)-ийг тархаан байрлуулан 4 цагийн давтамжтайгаар 2015 оны 8 дугаар сараас 2016 оны 7 дугаар сар хүртэл хэмжсэн мэдээг ашигласан (Зураг 7). Газрын гадаргын температурын мэдээг хэмжсэн тус багажийг сүүлийн жилүүдэд өндөр хөгжилтэй орнууд байгалийн ухааны судалгаанд түлхүү ашигладаг болсон. Тус багажийн алдааны нарийвчлал маш бага болон хэмжээ авсаархан тул тус багажийн хэрэглээ ихэссэн. Adam N. Johnson, Brian R. Boer, William W. Woessner нар Evaluation of an Inexpensive Small-Diameter Temperature Logger for Documenting Ground Water–River Interactions бүтээлийг 2012 болон S. Gubler, J. Fiddes¹, M. Keller, and S. Gruber нар Scale-dependent measurement and analysis of ground surface temperature variability in alpine terrain бүтээлийг 2011 онд гэх мэт тус багажийг ашиглан хийсэн бүтээлүүдийг дурдаж болн



Зураг 7. Газрын гадаргын температур хэмжигч “ibutton”

3.2.2. Агаарын температурын хэмжилт

Тэрэлжийн Шилжирийн хөндийн өвөр энгэрийн автомат станцад агаарын температурыг 1 метр, 2 метр, 4 метрт харин ойтой ар хажуугийн автомат станцад 1 метр, 2 метрт тус тус хэмжиж байна.



Зураг 8. (А) Өвөр энгэрийн (Б) ар хажуугийн автомат станц

3.2.3. Нарны цацрагийн хэмжилт

Ар хажуу болон өвөр энгэрийн станцууд дээр нийлбэр цацраг, ойсон цацраг, ирж буй урт долгионт цацраг, явж буй урт долгионы цацраг зэргийг тус тус 10 минутын зайтай ХЭМЖСЭН.



Зураг 9. Нарны цацрагийн хэмжилтийн багаж

Энэхүү судалгаанд 2015 оны нарны нийлбэр цацрагийн хэмжилтийн үр дүнг тус тус ашигласан.

3.3. Мэдээ, өгөгдлийн боловсруулалтийн ерөнхий аргазүй

3.3.1. Температурын мэдээ боловсруулалтын аргазүй

Цасан болон ургамлын бүрхэвчийн дээрх жилийн дундаж температур (агаарын жилийн дундаж температур, МААТ) нь тэдгээрийн доорх жилийн дундаж температур (газрын гадаргын жилийн дундаж температур, MAGST)-аас хүйтэн байдаг. Мөн цэвдгийн дээд хилийн жилийн дундаж температур (ТТОР-MAGT) нь гадаргын жилийн дундаж температураас хүйтэн байдаг. Агаарын жилийн дундаж температур ба газрын гадаргын жилийн дундаж температурын хоорондын зөрөөг *гадаргын температурын гажилт* (surface offset) гэнэ. Харин газрын гадаргын жилийн дундаж температур ба цэвдгийн дээд хилийн жилийн дундаж температур хоёрын хоорондын зөрөөг *дулааны гажилт* (thermal offset) гэдэг (Я. Жамбалжав, 2016).

$$TDDs = \int_1^{365} T_{0 \geq ^\circ C} dt$$

$$FDDs = \int_1^{365} T_{0 < ^\circ C} dt$$

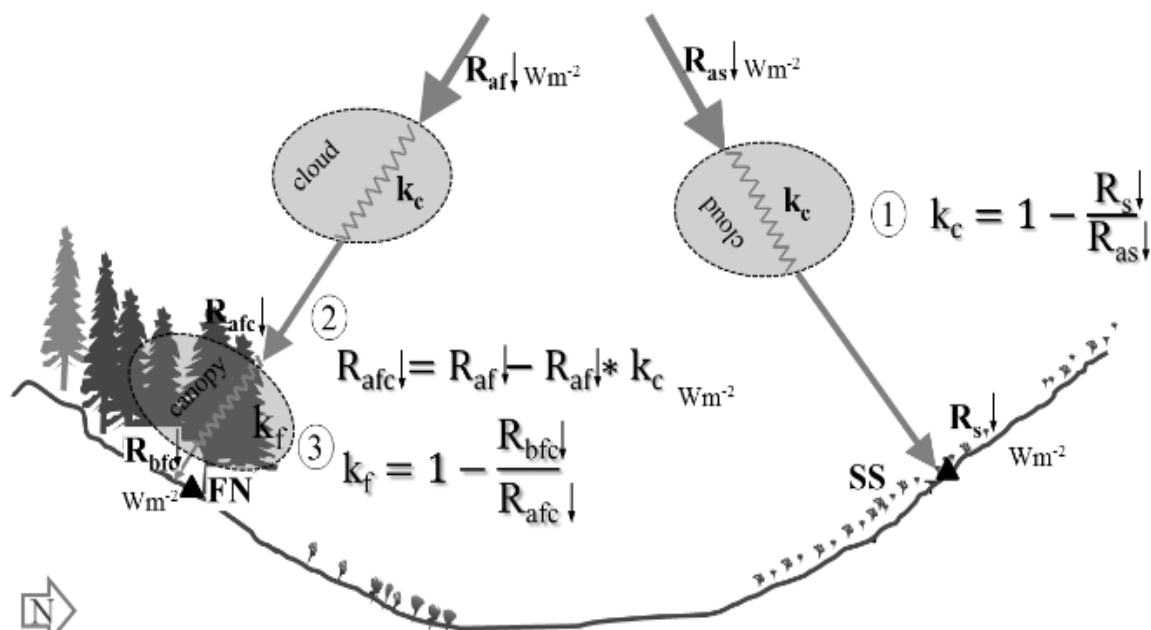
TDDs – гадаргын хоногийн дундаж нэмэх температуруудын нийлбэр

FDDs – гадаргын хоногийн дундаж хасах температуруудын нийлбэр

Эдгээр хоногийн дундаж хасах/нэмэх температуруудын нийлбэрүүд нь цэвдэг судлалын ухаанд маш чухал үзүүлэлт болдог. Хэрэв $FDD > TDD$ үед тухайн цэгийг цэвдэгтэй байх магадлалтай гэж авч үзэж болно.

3.3.2. Богино долгионт цацраг тооцох аргазүй

Судалгаанд Dashtseren (2013) нарын зохиосон шинэ аргазүйгээр богино долгионт цацрагийн хэмжээг 2015 оны мэдээ ашиглан FN(ойтой), SS(ойгүй) цэг дээр тооцсон (Зураг 8). Дээрх аргазүйг ашиглан богино долгионт цацрагийн хэмжээг тооцохдоо ASTER-ийн 30x30м-ийн (орон зайн шийдтэй) ӨТЗ ашиглан боломжит БДЦ болон цаг уурын автомат станцууд дээр хэмжсэн БДЦ-ийн 2015 оны мэдээг харьцуулсан.



Зураг 10. Хоёр цэгүүд дээр нарнаас ирж буй богино долгионт цацрагийг хуваарилалтыг бодоход ашигласан хялбарчилсан схем

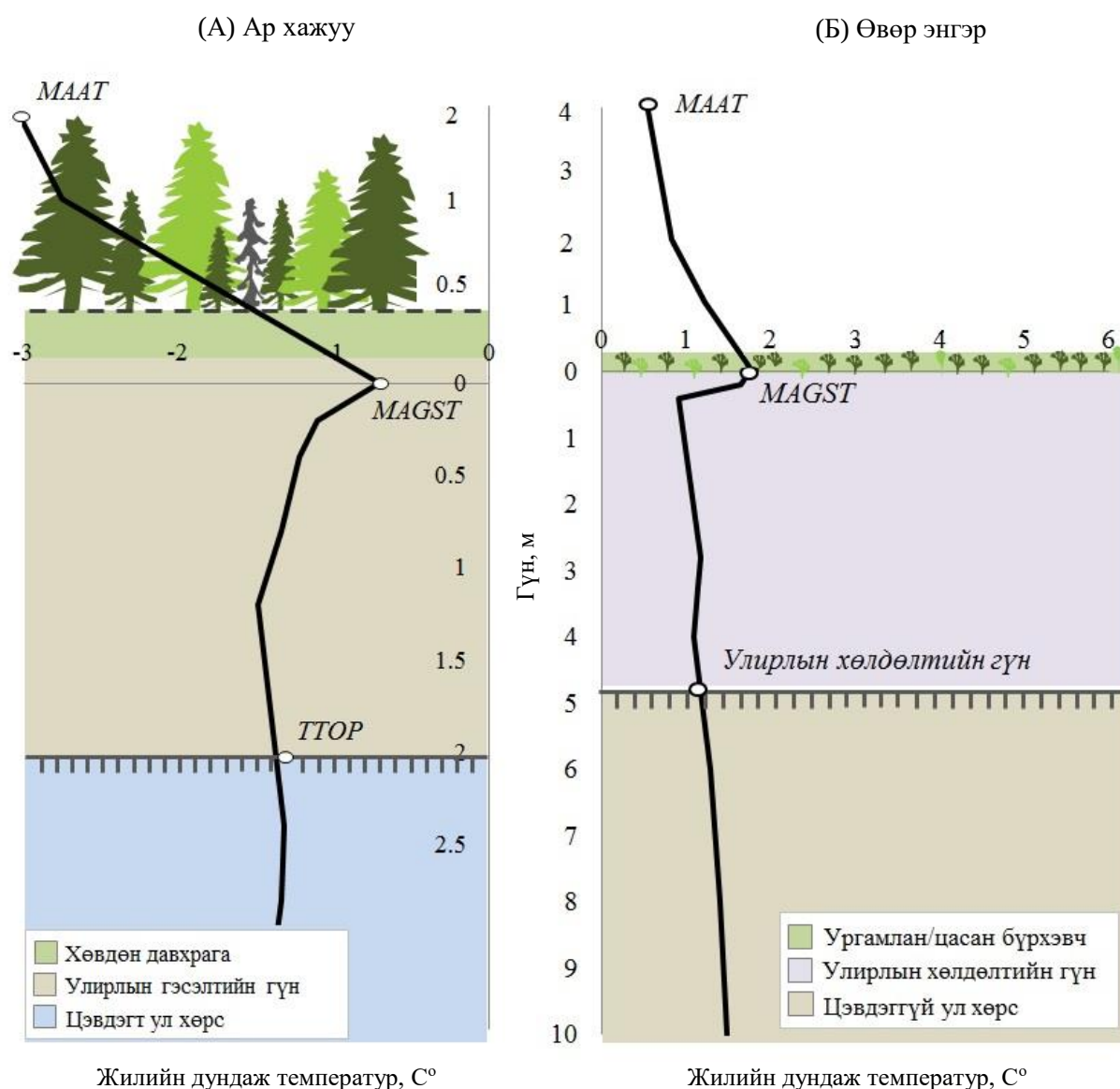
$R_{af\downarrow}$ - ойн дээрх боломжит БДЦ, $R_{as\downarrow}$ - өвөр энгэр дээрх боломжит БДЦ, $R_{bfc\downarrow}$ - FA цэгийн ойн титэм доорх (1 м) БДЦ, $R_{s\downarrow}$ - SS цэг дээр хэмжсэн БДЦ, k_c - үүлний коэффициент, k_f - ойн коэффициент, and $R_{afc\downarrow}$ - ойн дээрх БДЦ-ийн хэмжээ.

Эдгээрт: FA цэгийн ойн дээрх боломжит БДЦ ($R_{af\downarrow}$), SS цэг дээрх боломжит БДЦ ($R_{as\downarrow}$), FA цэгийн ойн титэм доор (1 м) хэмжсэн БДЦ ($R_{bfc\downarrow}$), SS цэг дээр хэмжсэн БДЦ ($R_{s\downarrow}$). Боломжит БДЦ нь үүл болон агаар дахь аэрозолийн нөлөөг харуулдаггүй харин зөвхөн тухайн газар ирж болох хамгийн их БДЦ-ийн хэмжээг илэрхийлдэг. Ийм учраас юуны түрүүнд үүлний нөлөө (k_c) SS цэг дээр нэгдүгээр томъёог ашиглан тооцож, коэффициентээр харуулж болно.

Мөн FA ба SS цэгүүд нь хоорондоо холгүй, ойролцоогоор 1.5 километр учраас өдөр, улирал, жилийн үүлний давтамж, сүүдэрлэлт нь тус цэгүүд дээр адил гэж үзэж болно. Үүний дараа хоёрдугаар томъёог ашиглаж FA цэгийн ойн дээрх БДЦ-ийн хэмжээг тооцно. Энэ тооцоог хийснээр БДЦ-т үзүүлэх ойн нөлөөг гуравдугаар томъёог ашиглан коэффициент, хувь хэлбэрээр илэрхийлэв. Дээр дурдсан гурван томъёог зураг 3-д нэгтгэн харуулав (А. Дашцэрэн, 2015).

ДӨРӨВДҮГЭЭР БҮЛЭГ. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Судалгааны талбай дахь ар хажуугийн станцад агаарын температурын хэмжилтийг 1м, 2м-ийн өндөрт, гүний температурын хэмжилтийг газрын гадаргаас буюу 0 метрээс 3.25 метр хүртэл (0; 0.2; 0.4; 0.8; 1.2; 2.4; 2.8; 3.25), харин өвөр энгэр дэхь станцад агаарын температурын хэмжилтийг 1м, 2м, 4м-ийн өндөрт, гүний температурын хэмжилтийг газрын гадаргаас буюу 0 метрээс 10 метр хүртэл (0; 0.2; 0.4; 2.8; 3.25; 4; 6; 8; 10) тус тус хэмжсэн мэдээг ашиглан температурын жилийн дундаж утгуудыг гарган зураг 11-д харууллаа.



Зураг 11. Ар хажуу болон өвөр энгэрийн станцуудын мэдээгээр байгуулсан температурын муруй

Цэвдэгтэй буюу ар хажуугийн станцын (Зураг 11.А) жилийн дундаж агаарын температурын явцаас харахад газрын гадаргаас дээш 1 метр, 2 метрийн өндөрт -2.8°C , -3°C , харин цэвдэггүй буюу өвөр энгэрийн станцын (Зураг 11.Б) жилийн дундаж агаарын температур нь 1 метр, 2 метр, 4 метрийн өндөрт 0.8°C , 1.2°C , 1.5°C байна. Энэ нь жилийн дундаж агаарын температур хасах байвал цэвдэг байх магадлал өндөр байдаг гэсэн магадлалыг илэрхийлж байна. Мөн ар хажуугийн станцын (Зураг 11.А) жилийн дундаж газрын гадаргын температур -0.7°C , өвөр энгэрийн станцын (Зураг 11.Б) жилийн дундаж газрын гадаргын температур 1.9°C байна. Тус станцуудын газрын гадаргын температурын зөрөө нь эрс ялгаатай байгаа нь өвөр энгэрт ирж буй БДЦ нь ар хажууд ирж буй БДЦ-аас нилээд их ирж байгаагаас хамаарч байна. Харин ул хөрсний жилийн дундаж температур ар хажуугийн станцад (Зураг 11.А) -1 ээс бага байгаа нь тухайн газрын цэвдэгтэй ба цэвдэг орших нөхцөл бүрдсэнийг харуулж байна. Өвөр энгэрийн станцын (Зураг 11.Б) жилийн дундаж температур бүгд нэмэх градустай байгаа нь тухайн газар цэвдэггүй улирлын хөлдөлт, гэсэлт явагддаг газар болохыг харуулж байна. Мөн 2015 оны жилийн дундаж температурын мэдээгээр байгуулсан графикаас харахад ар хажуугийн станцын температур 0°C -ээс бага -0.7°C -ээс -1.5°C хооронд хэлбэлзэлтэй байхад, өвөр энгэрийн станцын температур 0.9°C өөс $+1.75^{\circ}\text{C}$ хооронд байна. Энэ нь ар энгэрт цэвдэг оршин буйг илэрхийлж байна.

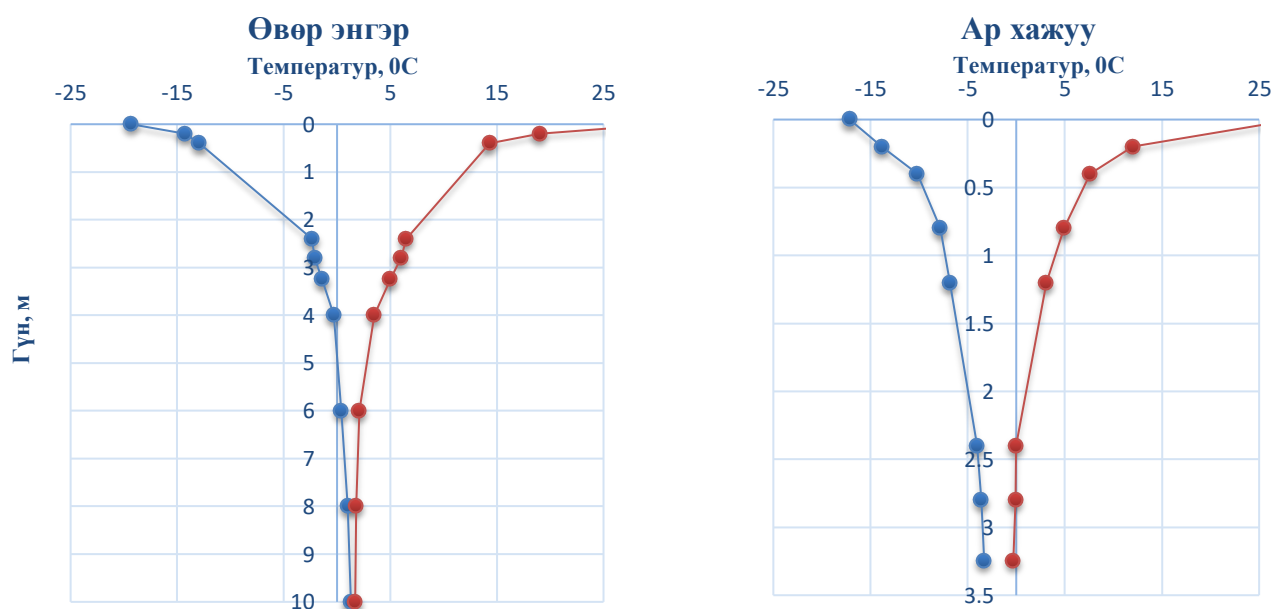


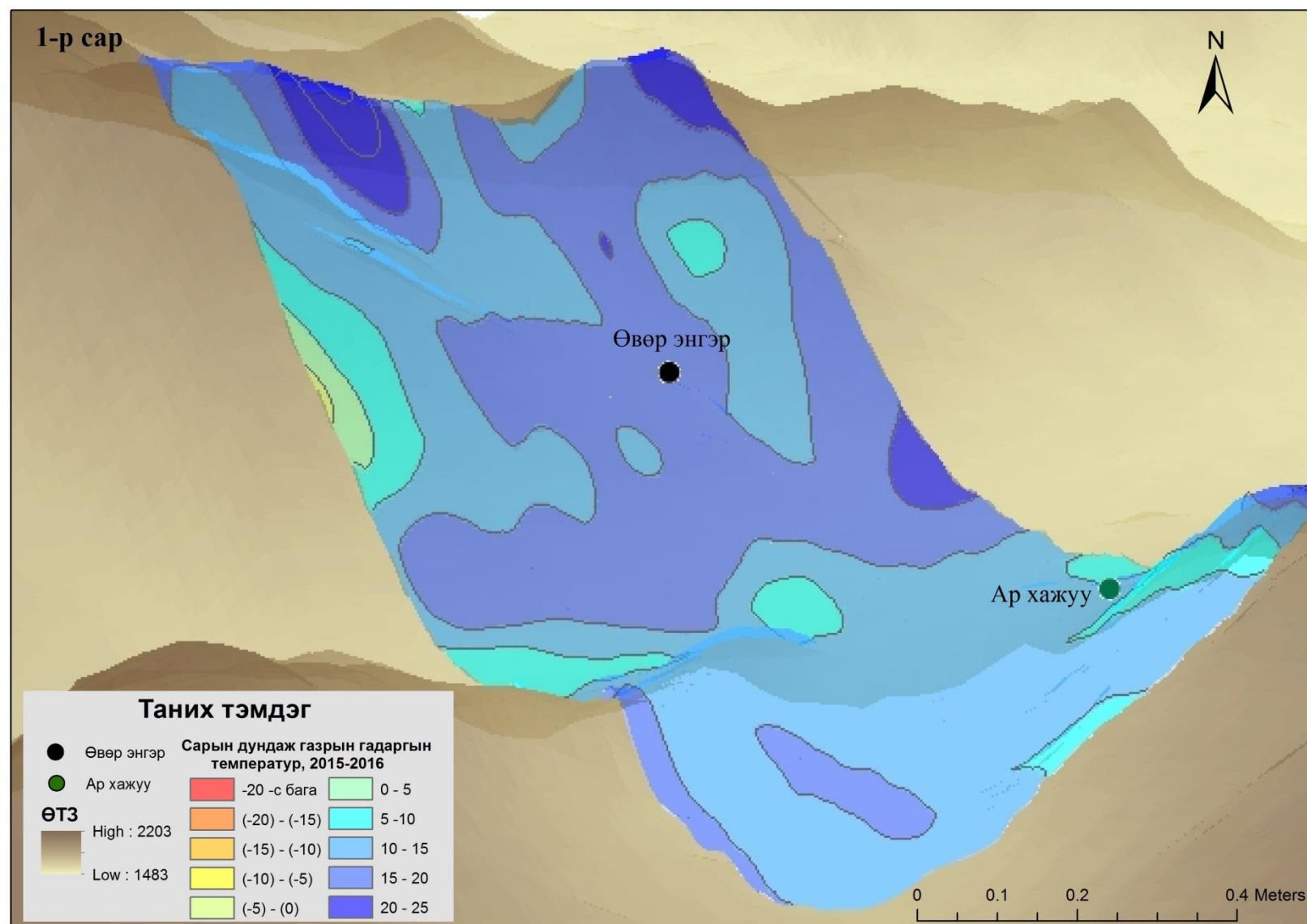
График 1. Өвөр энгэр болон ар хажуугийн станцууд дээрх гүний температурын муруй

Өвөр энгэрийн станц дээр хэмжсэн гүний температурын муруйгаар улирлын хөлтөлтийн гүн нь 4.8 метр байсан бол ар хажуугийн станц дээр хэмжсэн гүний температурын муруйгаар улирлын гэсэлтийн гүн нь 2.4 метр байсан (График 1).

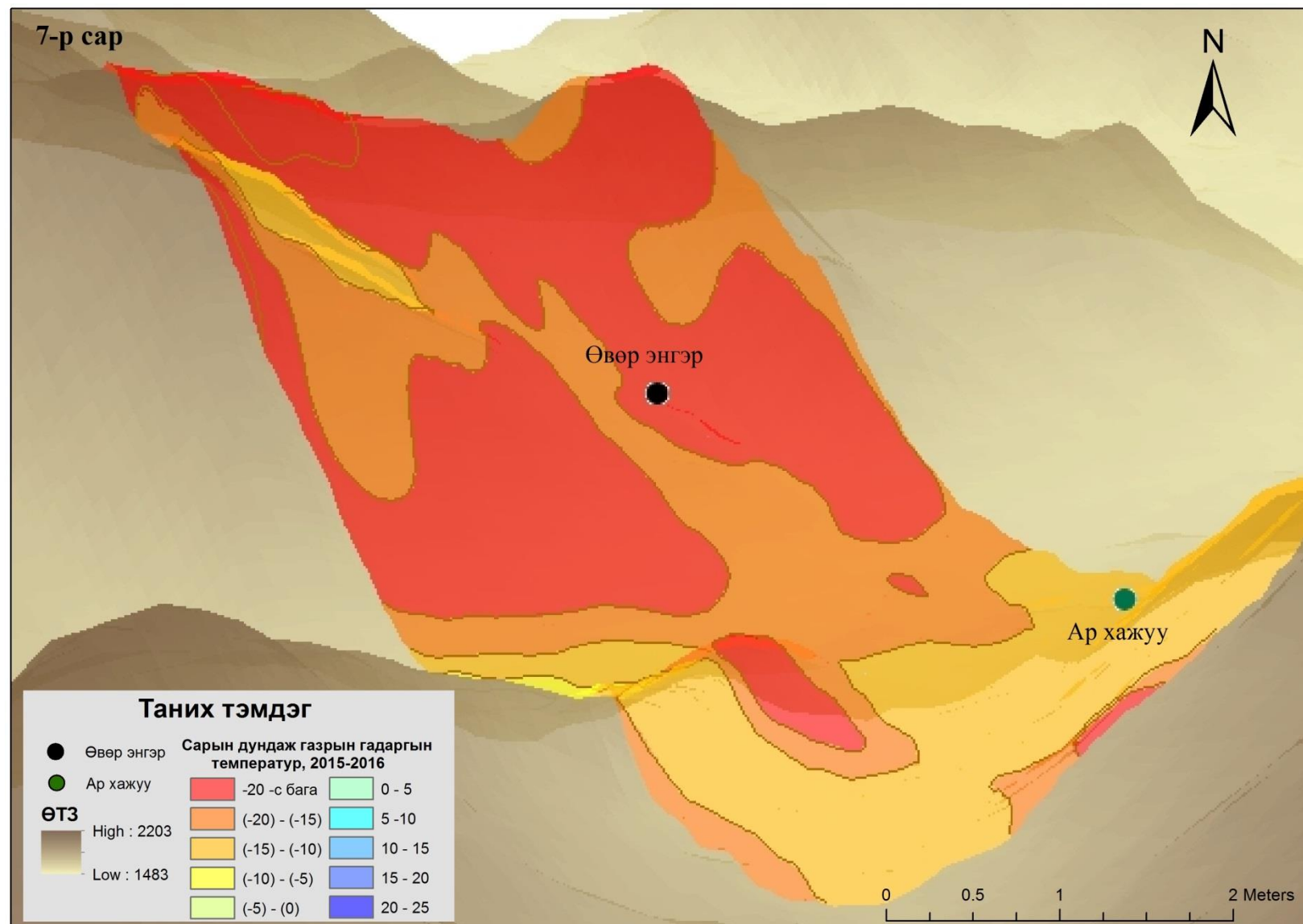
Цэвдэгтэй газарт дулааны улиралд газар дээрээсээ гэсэхийг улирлын гэсэлт гэдэг. Улирлын гэсэлтийн давхаргыг “идэвхтэй давхрага” гэж бас нэрлэдэг. Цэвдэггүй газарт хүйтний улиралд газар дээрээсээ хөлдөхийг улирлын хөлдөлт гэнэ. Улирлын хөлдөлт, гэсэлтийн гол шалгуур үзүүлэлт нь түүний хөлдөлт, гэсэлтийн гүн болно. Харин улирлын хөлдөлт, гэсэлтийн зузаан нь хөрсний бүтэц, мөс, чийгийн агууламж зэргээс хамаарахаас гадна жилээс жилд нилээд хэлбэлзэнэ. Монгол орны хэмжээнд улирлын хөлдөлт, гэсэлтийн зузаан 2-6 метр (заримдаа 8 м) хооронд хэлбэлзэнэ (Я. Жамбалжав, 2016).

4.1. Газрын гадаргын температур

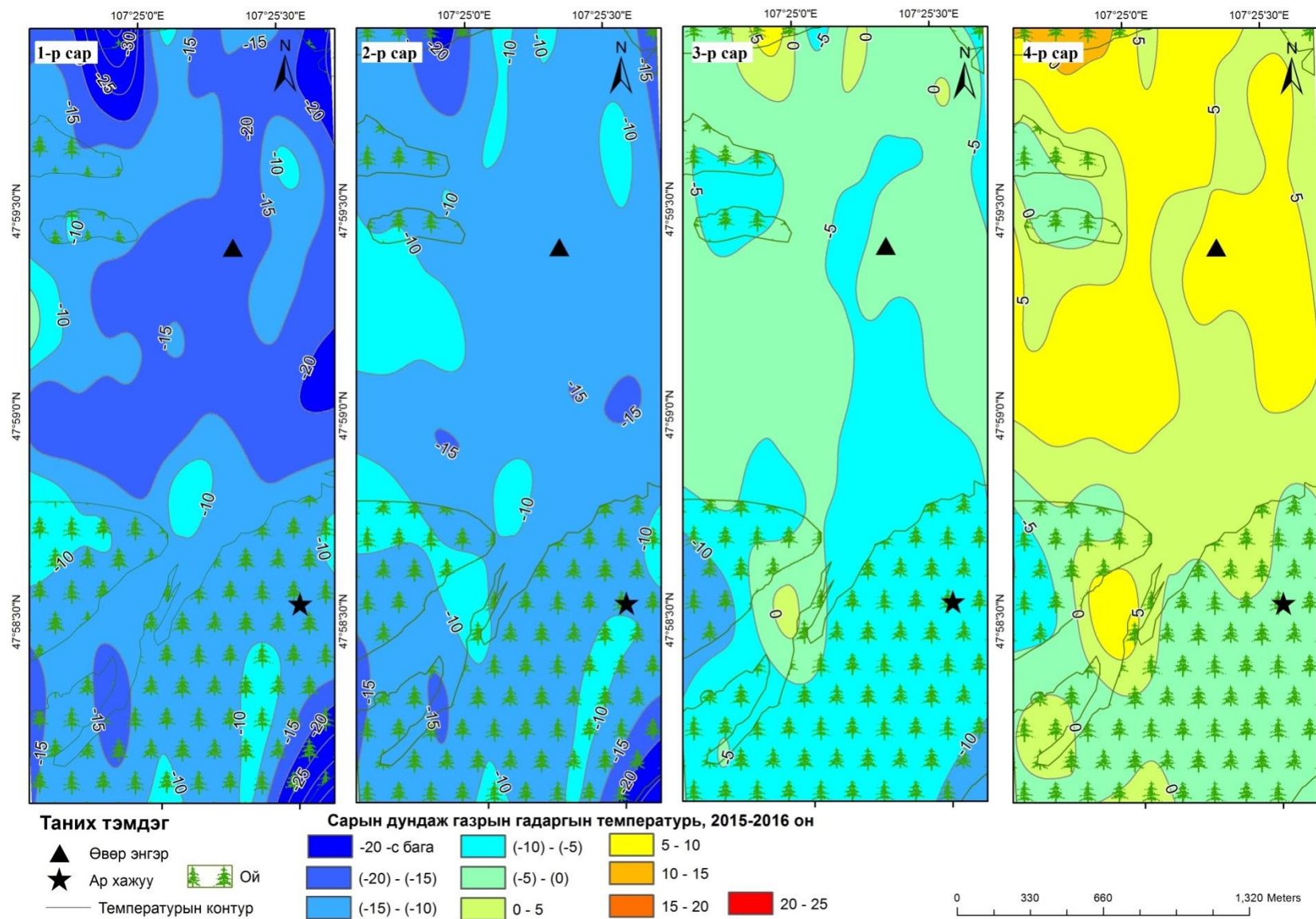
Газрын гадаргын температурын 80 гаруй цэгийн мэдээгээр сарын дундаж газрын гадаргын температурын явцыг тооцож уулын өвөр энгэр, хөндий, ар хажуугийн температурын явцыг доорх зургуудаар харууллаа. Хүйтний улирлын саруудыг төлөөлж нэгдүгээр сарыг, улааны улирлын саруудыг төлөөлж долоодугаар сарыг сонгон температурын явцыг илүү тодорхой харагдуулах үүднээс 3D болнон харууллаа (Зураг 12, 13).



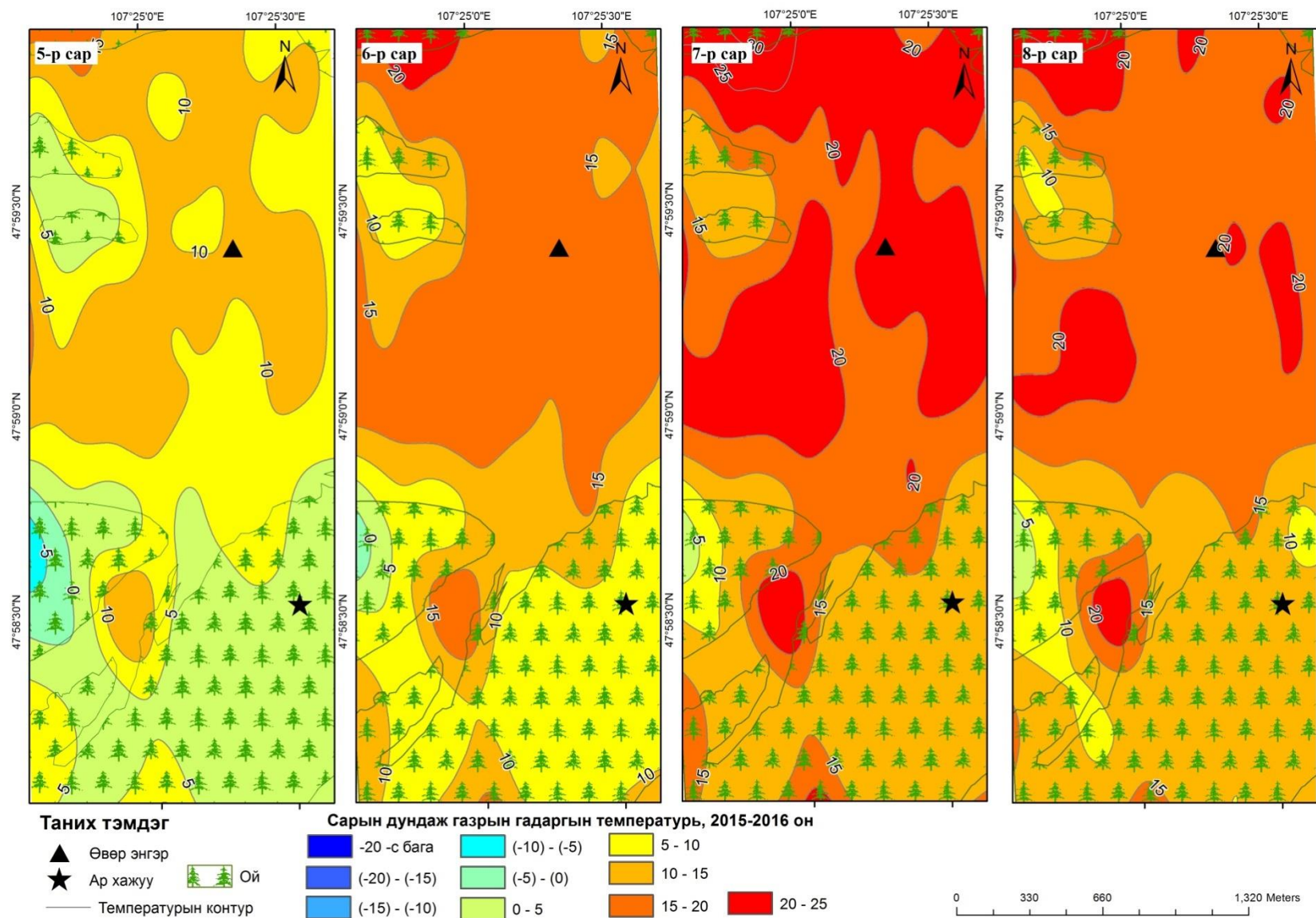
Зураг 12. Хүйтний улирлын буюу 1-р сарын дундаж газрын гадаргын температур



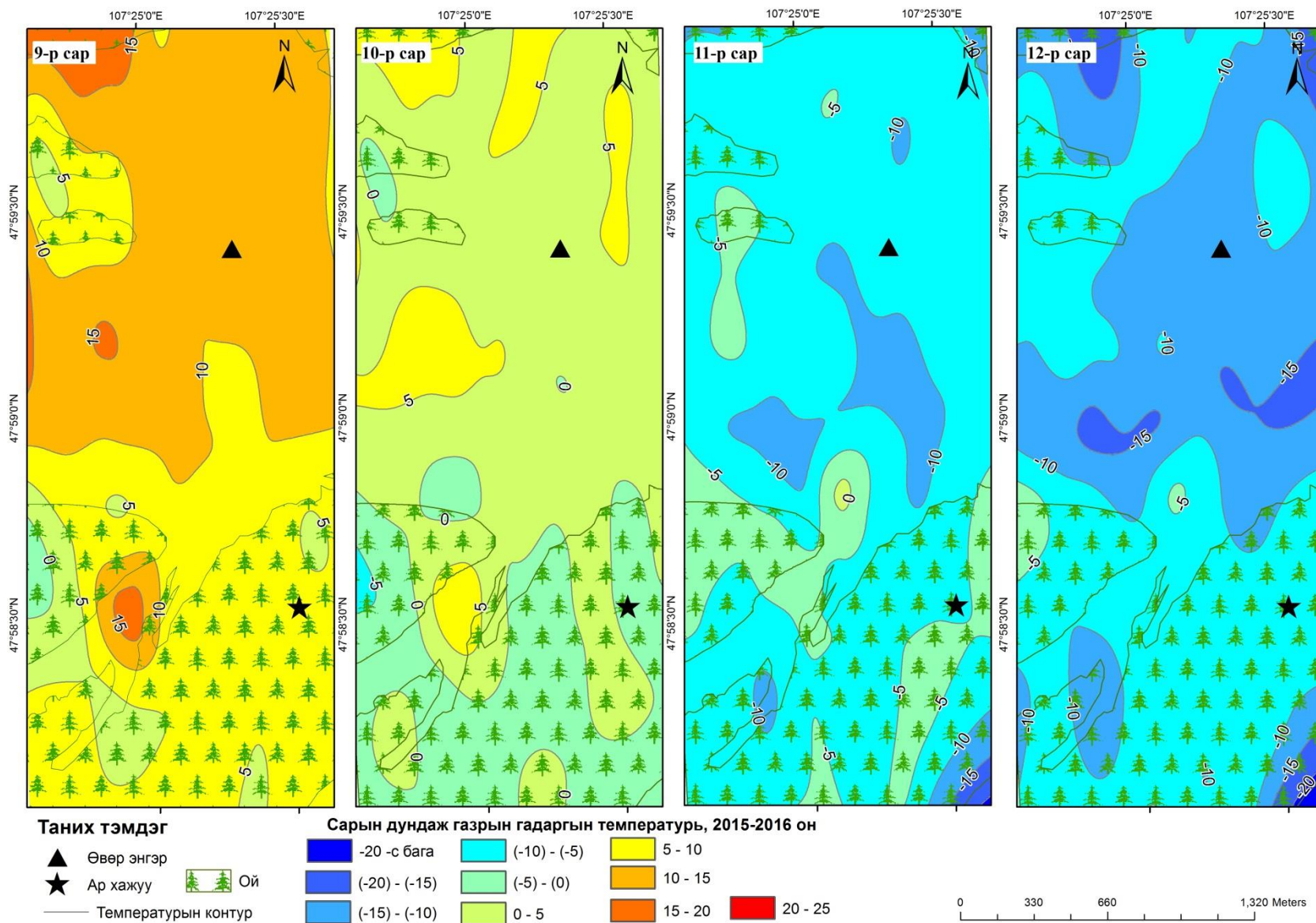
Зураг 13. Дулааны улирлын буюу 7-р сарын дундаж газрын гадаргын температур



Зураг 14. Сарын дундаж газрын гадаргын температурь, 1-4-р сар

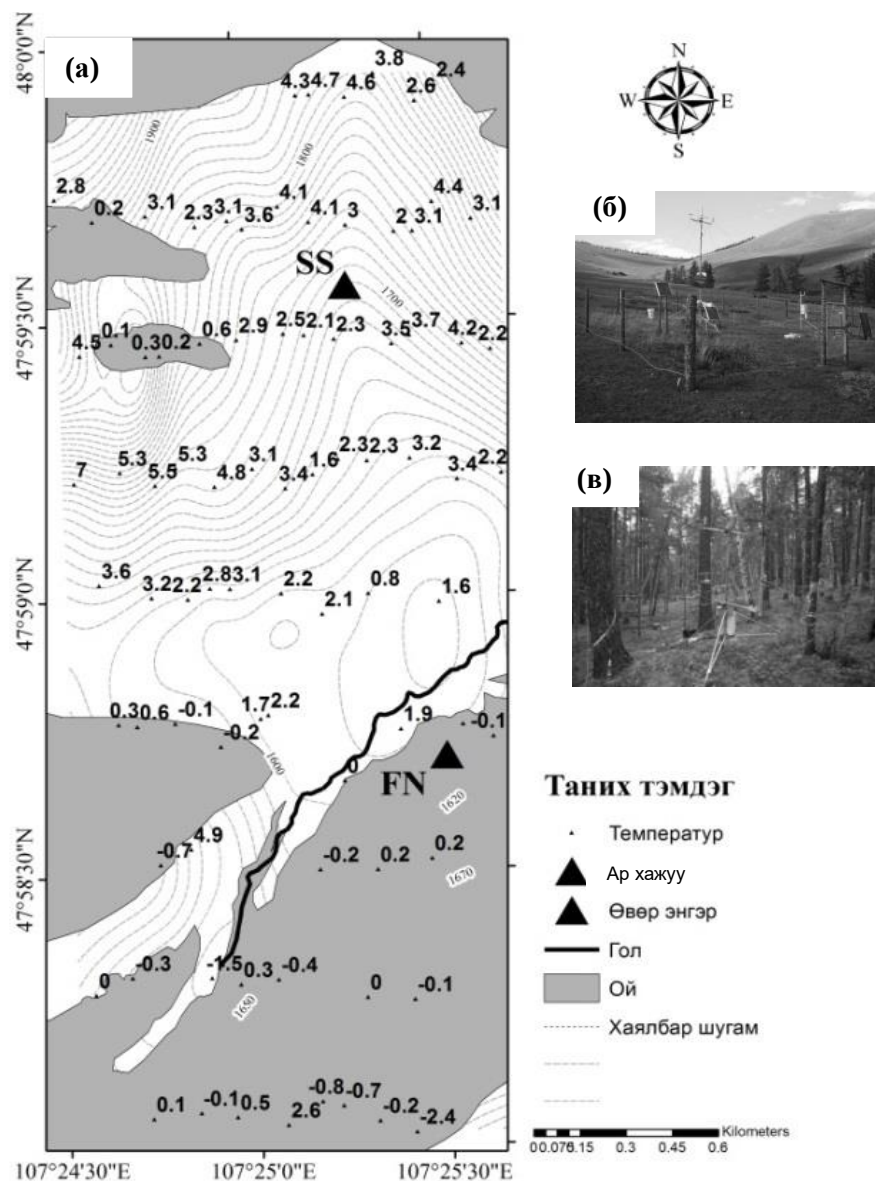


Зураг 15. Сарын дундаж газрын гадаргын температур, 5-8-р сар



Зураг 16. Сарын дундаж газрын гадаргын температур, 5-8-р сар

Нэгдүгээр сарын дундаж газрын гадаргын температурын интерполяцийг Зураг 12-с харахад уулын өвөр энгэрт хүйтэн, ар хажууд сэрүүн, орой хэсгээр нилээд хүйтэн байна. Харин долоодугаар сарын дундаж газрын гадаргын температурын байдлыг зураг 13-с харахад өвөр энгэр болон хөндийд дулаан, ар хажууд арай сэрүүн байгаа нь ажиглагдсан. Мөн уулын өвөр энгэрийг ар хажуутай харьцуулахад хүйтний улиралд маш хүйтэн, дулааны улиралд нилээд дулаан байгаа нь зураг 14, 15, 16-с харагдаж байна. Мөн газрын гадаргын температурын 80 гаруй цэгийн мэдээг ашиглан жилийн дундаж утгыг тооцсон (Зураг 17).



Зураг 17. (а) Судалгааны талбай дахь температурын хэмжилтийн цэгүүд, (б) Өвөр энгэрийн судалгааны талбай буюу SS цэг, (в) Ар хажуугийн судалгааны талбай буюу FN цэг

Ингэхэд газрын гадаргын температурын хэмжсэн бүх мэдээг харьцуулахад ойтой буюу ар хажууд 0°C -ээс -2.4°C хүртэл, харин хээрийн ургамалтай өвөр энгэр болон уулс хоорондын хөндийд 0°C -ээс $+7^{\circ}\text{C}$ хүртэл утга ажиглагдсан мөн ар хажуугийн газрын гадаргын температур нь гадарга өндөрших тусам сэрүүн байхаас гадна ойн зах, ойн цоорхойгоор арай дулаан харин ойн гүнд нилээн сэрүүн болох нь ажиглагдсан. Ингээд газрын гадаргын температур болон БДЦ-ын сарын дундаж хэмжээг харьцуулахад өвөр энгэрт $R^2=0.8$, харин ар хажууд $R^2=0.7$ буюу хамаарал сайтай гарсан.

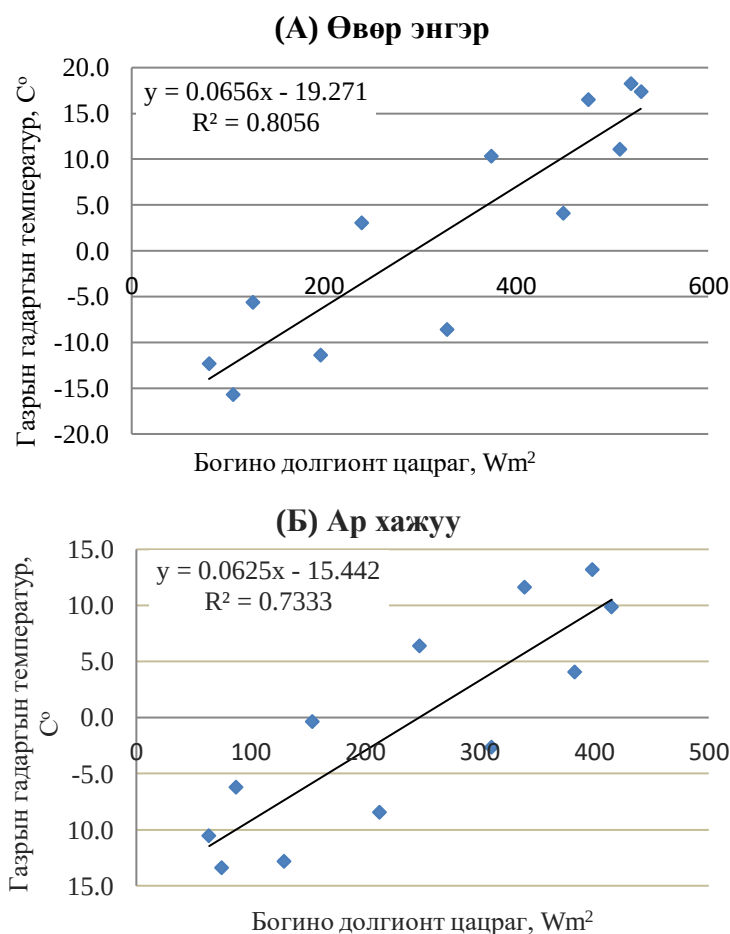


График 2. (А) Өвөр энгэр, (Б) ар хажуугийн газрын гадаргын температур, БДЦ-ын хамаарал
Иймд нарнаас ирж байгаа БДЦ газрын гадаргад ирэхдээ тухайн газар нутгийн онцлог хүчин зүйлс болох хотгор гүдгэр болон ойн нөлөөгөөр хувиран өөрчлөгдөж байдаг тул богино долгионт цацраг болон ойн нөлөөг тооцон доорх дэд бүлгүүдэд үр дүнг орууллаа.

4.2. Богино долгионт цацрагийн хуваарилалт

БДЦ-ийн газарзүйн хуваарилалт нь судалгааны талбайн хотгор гүдгэр, зовхис, нарны улирлын шилжилтийн өнцөг зэргээс хамаарч жилийн турш хувирч өөрчлөгдсөн байна. Өвөр энгэрт ирж буй боломжит БДЦ нь 113.4 Вт/м^2 -аас 529.8 Вт/м^2 хооронд буюу 12 дугаар сард хамгийн бага, 6 дугаар сард хамгийн их ажиглагдсан байна. Харин хэмжсэн БДЦ нь 108.2 Вт/м^2 -аас 401.7 Вт/м^2 хооронд буюу 12 дугаар сард хамгийн бага, 6 дугаар сард хамгийн их байсан.

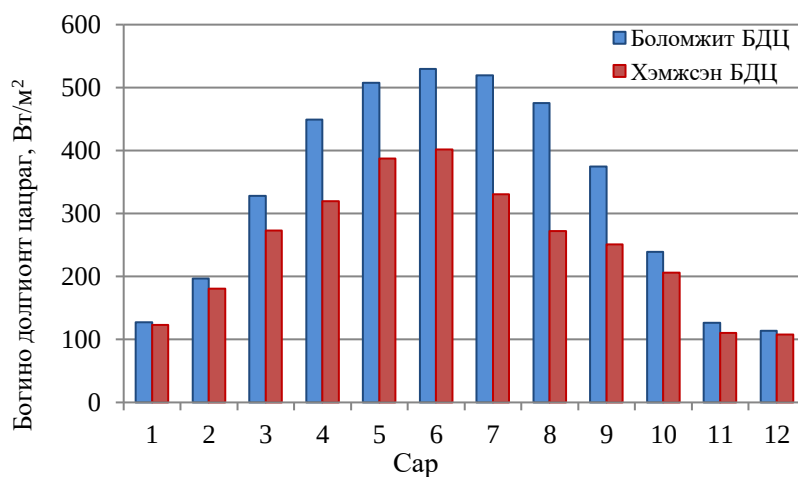


График 3. Ойгүй өвөр энгэр буюу SS цэгийн сарын дундаж боломжит БДЦ $R_{as} \downarrow$, хэмжсэн БДЦ R_{sl}

Харин ойтой ар хажууд ирж буй боломжит БДЦ ба хэмжсэн БДЦ-ийн хэмжээ өвлийн улиралд бараг ойролцоо боловч зуны улиралд маш их ялгаа ажиглагдсан (График 4).

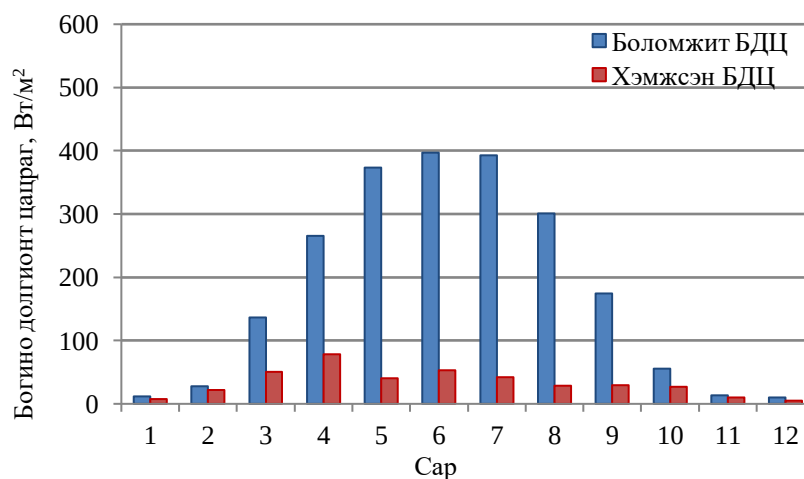


График 4. Ойтой ар хажуу буюу FN цэгийн сарын дундаж боломжит БДЦ $R_{at} \downarrow$, хэмжсэн БДЦ R_{bfc}

Мөн ойтой ар хажууд ирж буй боломжит БДЦ нь 9.8 Вт/м^2 -аас 397 Вт/м^2 хооронд буюу 12 дугаар сард хамгийн бага, 6 дугаар сард хамгийн их байна. Харин хэмжсэн БДЦ нь 5.4 Вт/м^2 -аас 78.2 Вт/м^2 хооронд буюу 12 дугаар сард хамгийн бага байсан бол 4 дүгээр сард хамгийн их утгатай байсан нь ажиглагдаж байна. БДЦ-ийн сарын дундаж хэмжээг тооцоход дулааны улиралд өвөр энгэрт $374.3 \text{ Вт/м}^2 - 529.8 \text{ Вт/м}^2$, ар хажууд $174.4 \text{ Вт/м}^2 - 397 \text{ Вт/м}^2$ байсан бол хүйтний улиралд өвөр энгэрт $113.4 \text{ Вт/м}^2 - 239.4 \text{ Вт/м}^2$, ар хажууд $9.8 \text{ Вт/м}^2 - 55.5 \text{ Вт/м}^2$ байна. Эндээс ар хажууд ирж байгаа богино долгионт цацрагийн сарын дундаж утгуудыг өвөр энгэрийн утгатай харьцуулахад ар хажууд дулааны улиралд 1-2 дахин бага, хүйтний улиралд 4-11 дахин бага БДЦ ирж байгаа нь ажиглагдаж байна.

Ойтой ар хажуугийн мэдээнээс ажиглахад 3-р сараас 10-р саруудад боломжит БДЦ болон хэмжсэн БДЦ-ийн хэмжээ эрс ялгаатай байгаа нь ойн болон үүлний нөлөөнөөс хамааралтай гэж үзэн үүлний нөлөөг тооцлоо.

Үүлний нөлөө: Монгол орны эрс тэс уур амьсгал, уул зүйн тогтцоос хамаарч үүлтэй байх хугацаа, үүлний төрөл, тархалт нь жилийн турш хувирч, үүний улмаас газрын гадарга дээр ирж буй БДЦ-ийн хэмжээ өөрчлөгддөг (А. Дашцэрэн, 2014). Судалгааны талбайн K_c коэффициентийн жилийн хамгийн бага утгууд нь (0.03-0.17) арав дугаар сараас гурав дугаар сарын хооронд байсан бол жилийн хамгийн их утгууд нь (0.24-0.43) дөрөв дүгээр сараас найм дугаар сарын хооронд ажиглагдсан байна. А. Дашцэрэн нарын аргазүйг ашиглан үүлний нөлөөг 2015 оны байдлаар тооцсон (Хүснэгт 1)

Хүснэгт 1. Үүлний коэффициент, k_c

Хугацаа	1 сар	2 сар	3 сар	4 сар	5 сар	6 сар
K_c	0.03	0.08	0.17	0.29	0.24	0.24
Хугацаа	7 сар	8 сар	9 сар	10 сар	11 сар	12 сар
K_c	0.36	0.43	0.33	0.14	0.13	0.05

Эдгээр K_c -ийн жилийн доторх ялгаатай байдал нь тухайн талбай дээрх улирлын үүлний давтамжтай нягт холбоотой.

4.2.1. Богино долгионт цацрагт үзүүлэх ойн нөлөө

Дээрх хүснэгтэд үзүүлсэн үүлний нөлөөг хасан ойн дээрх БДЦ, хэмжсэн БДЦ болон боломжит БДЦ-ыг харьцуулан 5 дугаар графикт харууллаа. Энд үзүүлсэнээр ойн дээр ирж

буй БДЦ, хэмжсэн БДЦ-ын харьцаа нь нарнаас газрын гадарга орчим ирж буй БДЦ-ийн хэмжээг ойн бүрхэвч ихээхэн буруулдгийг илэрхий харуулжээ.

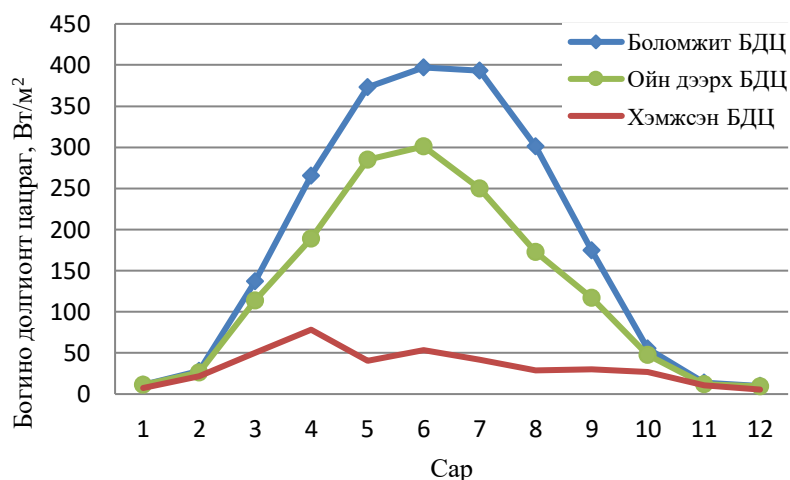


График 5. Ар хажуугийн станц дээр хэмжсэн БДЦ, ойн дээрх БДЦ, боломжит БДЦ-ын харьцаа

График 5-аас харахад боломжит богино долгионт цацраг нь 9.8 Вт/м^2 - 397 Вт/м^2 байхад, үүлний нөлөөг хасан ойн дээр ирж байгаа БДЦ-ыг тооцоход 9.3 Вт/м^2 - 301 Вт/м^2 болсон ба үүний дараа газрын гадаргаас дээш 1 метрт ирж буй БДЦ-ыг тооцоход 5.4 Вт/м^2 - 78.2 Вт/м^2 болсон байна. Энэ нь боломжит богино долгионт цацрагийн 76-95 хувь нь ойн дээр буюу ойн титэм дээр ирж, харин 26-58 хувь нь ойн доор буюу газрын гадаргаас 1 метрт ирдэг байна.

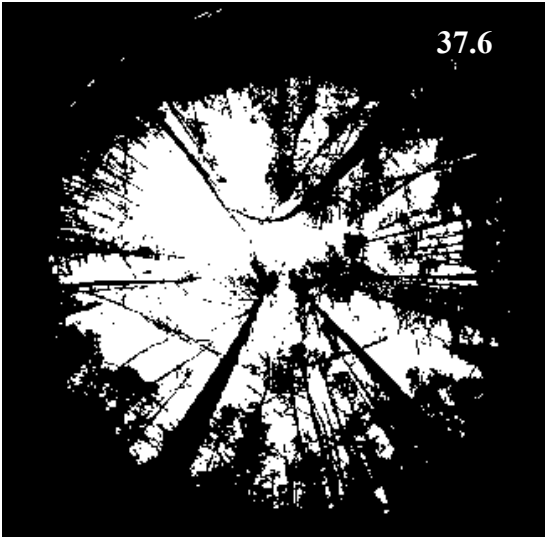
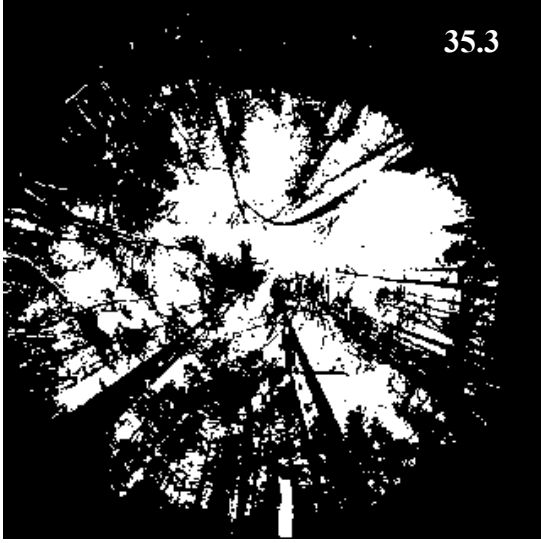
Мөн А. Дашцэрэн нарын тодорхойлсон аргагүйгээр ойн нөлөөг буюу коэффициентийг 2015 оны мэдээ ашиглан тооцсон (Хүснэгт 2).

Хүснэгт 2. Ойн коэффициент, k_f

Хугацаа	1 сар	2 сар	3 сар	4 сар	5 сар	6 сар
K_f	0.34	0.35	0.56	0.59	0.76	0.82
Хугацаа	7 сар	8 сар	9 сар	10 сар	11 сар	12 сар
K_f	0.83	0.83	0.74	0.44	0.40	0.38

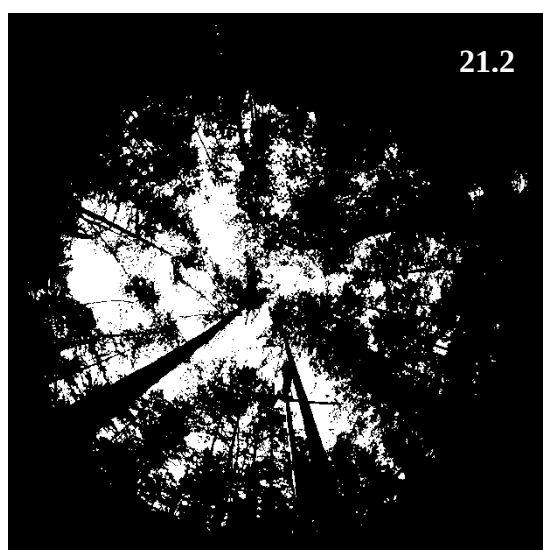
Өвлийн улиралд k_f -ийн утга 0.34-0.38 хооронд, зуны улиралд 0.76-0.83 хооронд хэлбэлзэж байна. Энэхүү үр дүн нь ойн дээрх БДЦ-ийн хэмжээ өвлийн улиралд 34-38 хувь нь модны иш, мөчир, зуны улиралд 76-83 хувь нь модны иш, мөчир, навчсаар халхлагдаж, үлдсэн багахан хувь нь хөвдөн давхарга дээр ирдгийг тод харуулсан байна.

Мөн БДЦ-ийн хэмжээ дулааны саруудад модны иш, мөчир, навчсаар халхлагдаж буй эсэхийг судлахын тулд 2016 оны дөрөв дүгээр сараас ес дүгээр сар хүртэл fisheye ашиглан тэнгэрийн үзэгдэх байдлын зургийг зургаан цэг дээр авсан. Үүнээс БДЦ-ийн хэмжилт хийж буй цэг дээр fisheye-аар авсан зургаа тус судалгаанд орууллаа. Gap Light analyzer программ ашиглан тэнгэрийн үзэгдэх байдлыг тооцоолсон байдлыг зураг 18-д харуулж байна.

Fisheye-р авсан зураг	Тэнгэрийн үзэгдэх байдлыг тооцоолсон байдал
 4 дүгээр сар	 4 дүгээр сар
 5 дугаар сар	 5 дугаар сар



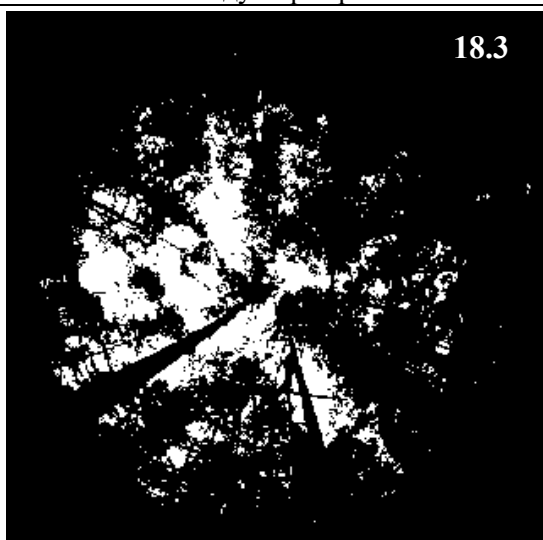
6 дугаар сар



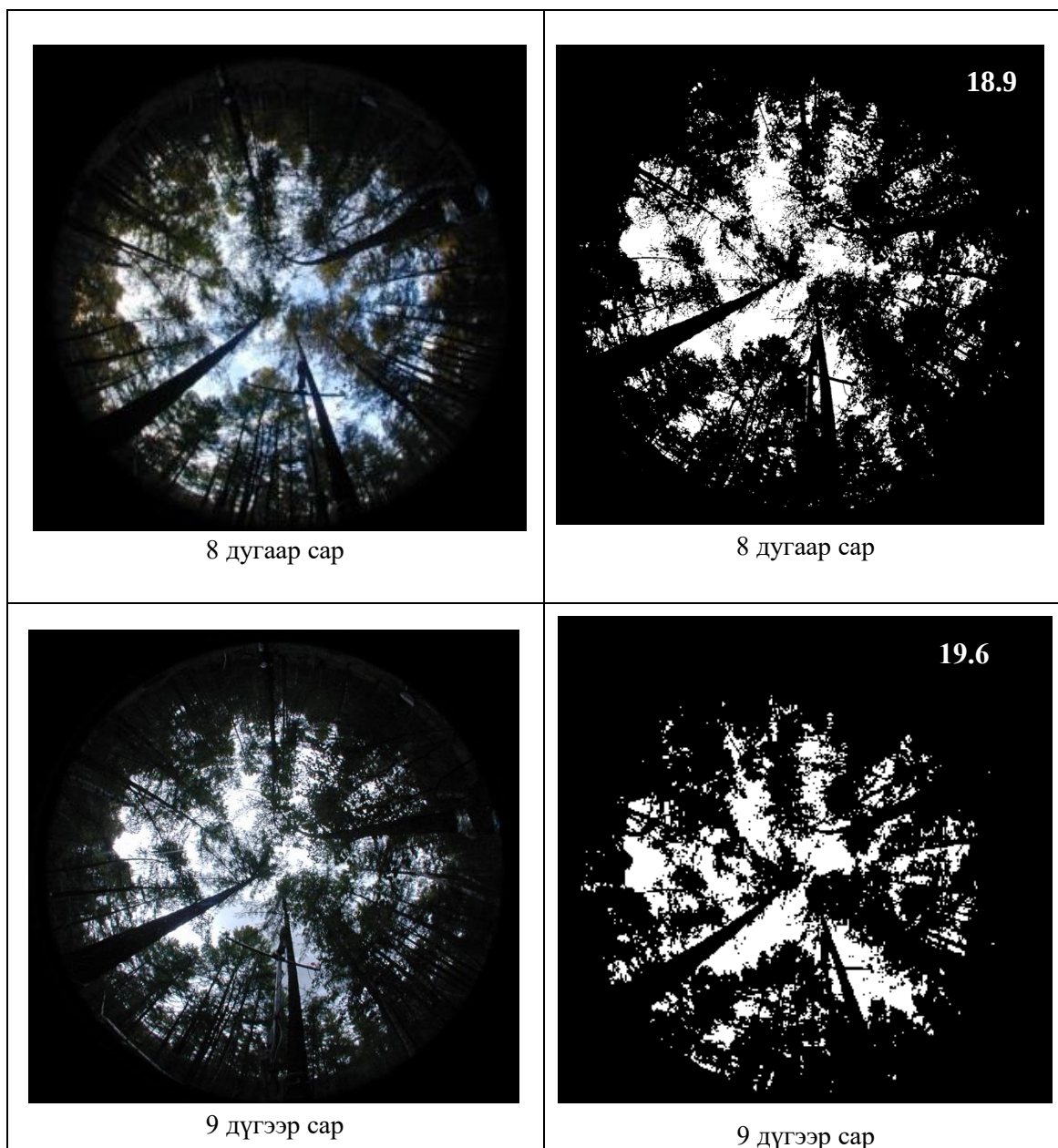
6 дугаар сар



7 дугаар сар



7 дугаар сар



Зураг 18. Тэнгэрийн үзэгдэх байдлын зургийг fisheye ашиглан авсан ба Gap light analyzer программ ашиглан хувиар тодорхойлсон байдал.

Зураг 18-аас харахад модны нахиалах үе тавдугаар сараас эхэлсэн бол хүснэгт 3-аас үзэхэд долдугаар сард шилмүүс болон навчсын ургаж гүйцэх үе, наймдугаар сарын сүүлээр навч, шилмүүсээ гөвөх үе ажиглагдаж байна. График 6-д ар хажуугийн станц дээрх 2016 оны 4-өөс 9 дүгээр сарын БДЦ-ийн хэмжээ болон тэнгэрийн үзэгдэх байдлын хамаарлыг харуулсан ба $R=0.9$ байгаа нь модны ургалтаас БДЦ-ийн газрын гадаргад ирэх хэмжээ хамаардаг нь илэрхий харагдаж байна.

Хүснэгт 3. Тэнгэрийн үзэгдэх байдал

Хугацаа	4 сар	5 сар	6 сар	7 сар	8 сар	9 сар
Тэнгэрийн үзэгдэх байдал, %	37.63	35.33	21.22	18.31	18.94	19.62

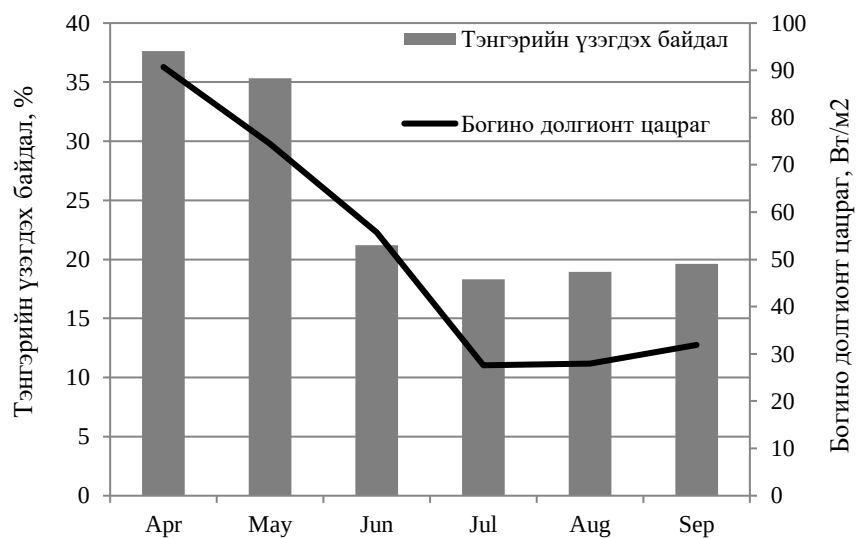
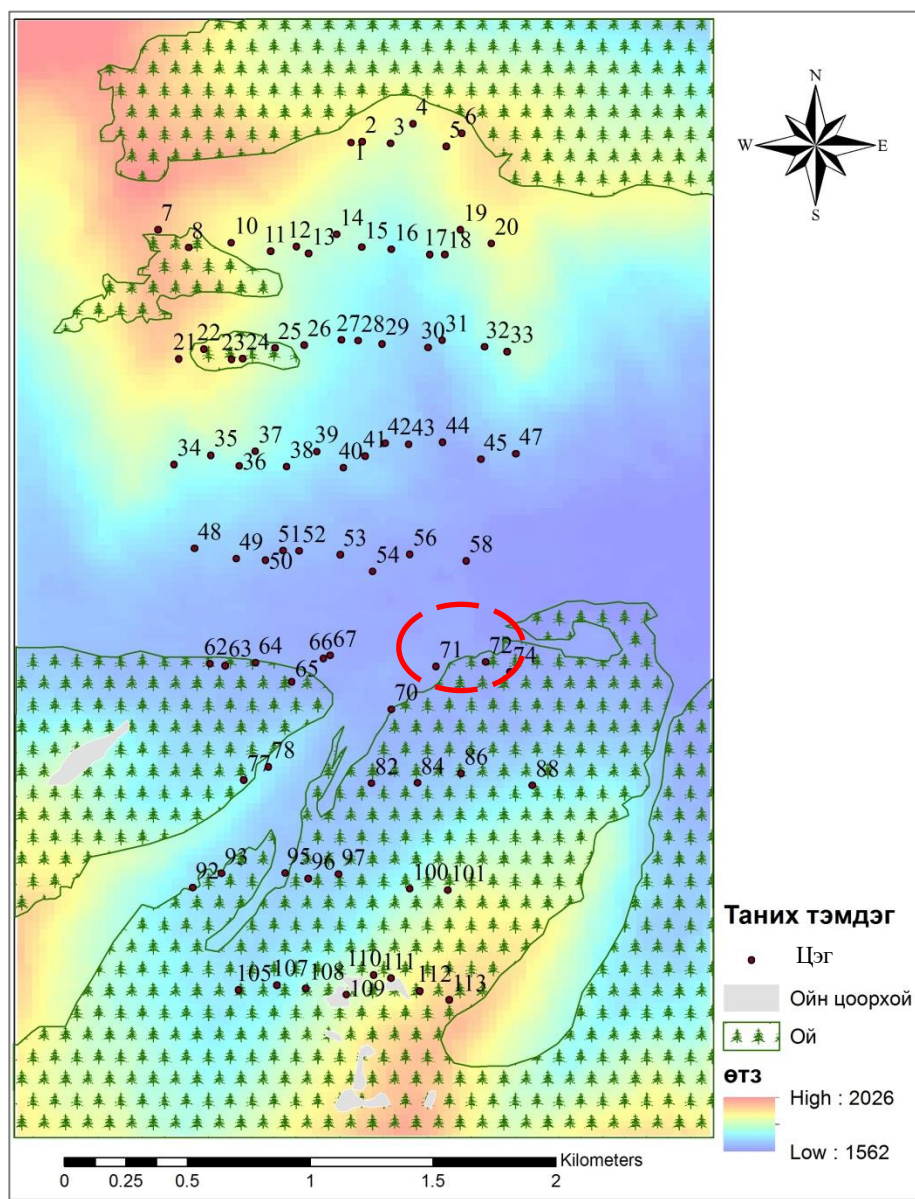


График 6. БДЦ хэмжээ болон тэнгэрийн харагдах байдлын хамаарал

Энэ нь ойн навч, мөчир ургах тусам газрын гадаргад ирж буй БДЦ-ийн хэмжээ багасаж байгааг харуулж байна.

4.3. Ойн нөлөө

Газрын гадаргын температурын мэдээг харьцуулахад ойтой буюу ар хажууд 0°C -ээс- 2.4°C хүртэл байсан ба ойн зах, ойн цоорхойгоор арай дулаан харин ойн гүнд нилээн сэрүүн зүй тогтол ажиглагдсан. Иймд уулын ар хажуугийн газрын гадаргын температурт ойн нөлөө байна гэж үзэн геоморфологийн хувьд нэгэн төрлийн элементтэй боловч ойгүй, ойтой талбайд байрлаж байгаа 71, 72-р цэгүүдийг сонгон жилийн дундаж газрын гадаргын температурын утгыг харьцууллаа (Зураг 19).



Зураг 19. Ойтой 72 болон ойгүй 71-р цэгийн байршил

Геоморфологийн хувьд нэгэн төрлийн элементтэй боловч ойгүй, ойтой талбай үзүүлэлтүүдийг хүснэгт 4-д харууллаа.

Хүснэгт 4. Ойтой, ойгүй талбайн температурын харьцуулалт

Иbutton-ий дугаар	Ой тархсан байдал	Зүг, зовхис	Жилийн дундаж температур	Өндөр
71-р цэг	Ойгүй	Баруун хойд	1.9	1586
72-р цэг	Ойтой	Баруун хойд	-0.5	1592

Эдгээр цэгүүдийг харьцуулахад ойгүй буюу 71-р цэг зундаа дулаан, өвөлдөө сэрүүн, харин ойтой 72-р цэг зундаа сэрүүн, өвөлдөө нилээн дулаан байна (График 7).

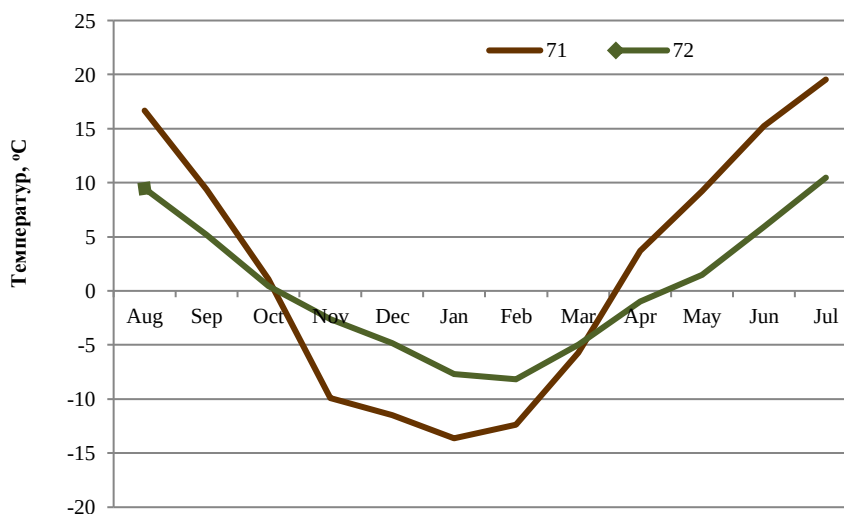
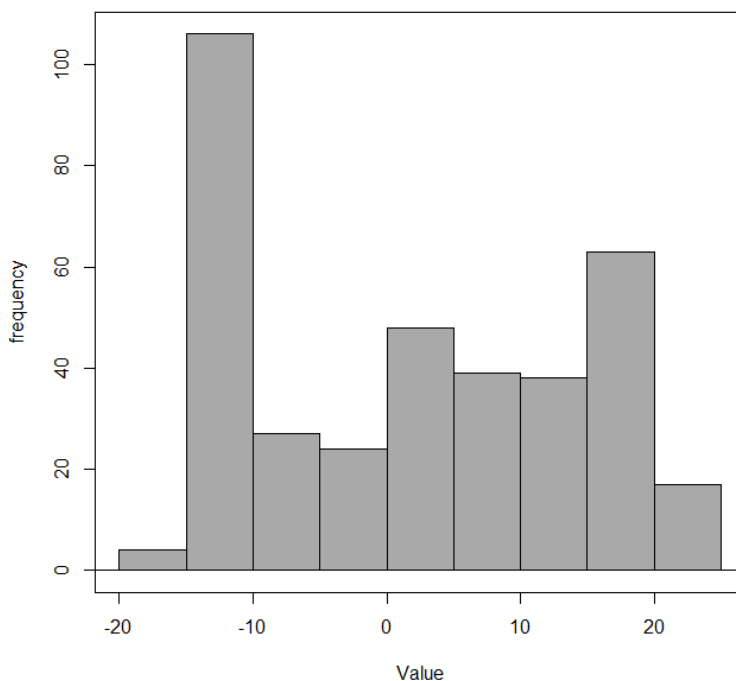


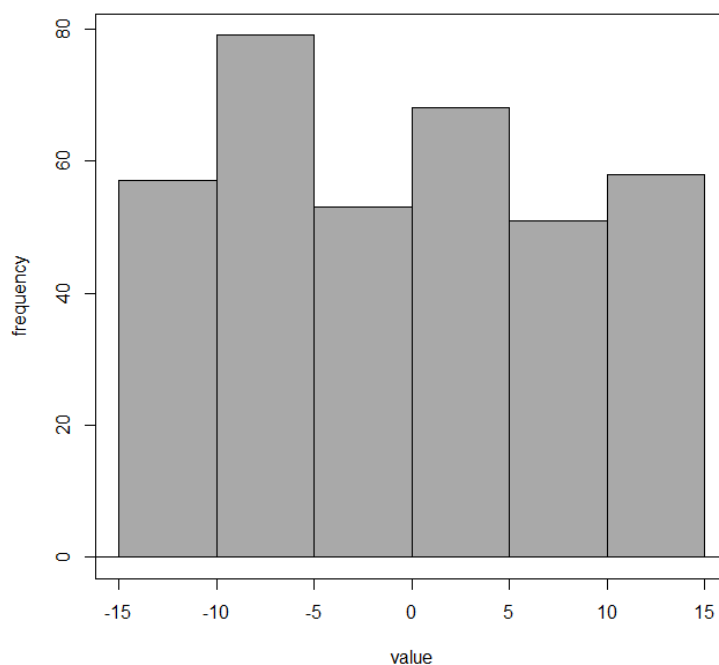
График 7. Ойтой, ойгүй цэгийн температурын жилийн явц

Газрын гадаргын жилийн дундаж температурын утгыг тус цэгүүдэд тооцоход ойтой 72-р цэг -0.5 °C буюу сэрүүн, ойгүй 71-р цэг +1.9 °C буюу дулаан байна. Эндээс ой нь тухайн газрын гадаргад сэрүүцүүлэх нөлөө үзүүлж байгаа нь тодорхой харагдаж байна.

Мөн дээрх хоёр цэгт дөрвөн цагийн давтамжтайгаар 2015 оны 8 дугаар сараас 2016 оны 7 дугаар сар хүртэл хэмжсэн бүтэн жилийн мэдээ ашиглан өдөр бүрийн дунджийг тооцож, R статистик програм ашиглан 71, 72-р цэг дэхь тухайн хугацааны температурын тархалтыг тооцсоныг 20 болон 21 дүгээр зурагт харууллаа.



Зураг 20. Ойгүй буюу 71-р цэгийн температурын давтамж



Зураг 21. Ойтой буюу 72-р цэгийн температурын давтамж

20 болон 21 дүгээр зургаасхарахад температурын жилийн явц ойгүй 71-р цэгт хамгийн их давтамжтай буюу -10°C –аас -15°C боловч ихэнх өдрүүдэд 0°C - $+20^{\circ}\text{C}$ хооронд хэлбэлзэж байна. Харин 72-р цэгт 0°C – -15°C болон 0°C – $+15^{\circ}\text{C}$ хооронд харилцан жигд тархалттай байна. Энэ нь ойтой 72-р цэгийг, ойгүй 71-р цэгтэй харьцуулахад жилийн

турш илүү сэрүүн болохыг харуулж байна. Ойтой болон ойгүй газрын гадаргын мэдээг харьцуулахад ойтой цэгт илүү сэрүүн, хасах градустай өдрүүд их байгаа нь ажиглагдаж байна.

Мөн газрын гадаргын температурын мэдээнээс TDD буюугазрын гадаргын хоногийн дундаж нэмэх температурын нийлбэр, FDD буюу газрын гадаргын хоногийн дундаж хасах температурын нийлбэрийг 71, 72-р цэгтүүдэд тус тус 1 болон 2-р томъёогоор тооцоолсон (Хүснэгт 5).

$$TDD = \int_1^{365} T_{0 \geq ^\circ\text{C}} dt \quad (1)$$

$$FDD = \int_1^{365} T_{0 < ^\circ\text{C}} dt \quad (2)$$

Хүснэгт 5. 71, 72-р цэг дахь fdd, tdd утгууд

	71-р цэг	72-р цэг
TDD буюу гадаргын хоногийн дундаж нэмэх температурын нийлбэр, °C	2311.74	1248.59
FDD буюу гадаргын хоногийн дундаж хасах температурын нийлбэр, °C	1633.35	1431.36

Дээрх хоёр цэгүүдийн газрын гадаргын температурын жилийн явцыг харьцуулахад дулааны улиралд 71-р цэг 72-р цэгээс ойролцоогоор хоёр дахин дулаан, мөн хүйтний улиралд 71-р цэг 72-р цэгээс нилээн сэрүүн байна.

ДҮГНЭЛТ

Цэвдгийн тархалтад БДЦ, ой, газрын гадаргын температур, зүг зовхис хэрхэн нөлөөлж буйг энэхүү судалгаанд үзүүлэв. Судалгаанаас дараах дүгнэлтүүд гарч байна:

- Газрын гадаргын температурын явцаас харахад ойтой буюу ар хажууд 0°C -ээс -2.4°C хүртэл, харин хээрийн ургамалтай өвөр энгэр болон уулс хоорондын хөндийд 0°C -ээс $+7^{\circ}\text{C}$ хүртэл утга ажиглагдсан нь уулсын ар хажуугийн газрын гадаргын жилийн дундаж температур, өвөр энгэрийн газрын гадаргын жилийн дундаж температураас харьцангуй бага болох нь ажиглагдсан.
- Ойтой ар хажуугийн газрын гадаргын температур нь уулын бэлд -0.1°C , газрын гадарга өндөрших тусам -0.1°C -ээс -0.7°C хооронд температур буурсан ба уулын оройд -2.4°C хүртэл багассан. Мөн ойн захаар 0°C -ээс 0.6°C байсан бол ойн цоорхойд 0.1°C -ээс $+2.6^{\circ}\text{C}$ байсан.
- Газрын гадаргын температурын интерполяциас харахад уулын өвөр энгэрт өвөлдөө маш хүйтэн буюу -15°C -ээс -20°C , зундаа 20°C -ээс 25°C хүрсэн байна. Харин уулын ар хажууд өвөлдөө -10°C -ээс -15°C хүртэл, зундаа 10°C -ээс 15°C хүрсэн байна.
- БДЦ-ийн сарын дундаж хэмжээ дулааны улиралд өвөр энгэрт $374.3 \text{ Вт/м}^2 - 529.8 \text{ Вт/м}^2$, ар хажууд $174.4 \text{ Вт/м}^2 - 397 \text{ Вт/м}^2$ байсан бол хүйтний улиралд өвөр энгэрт $113.4 \text{ Вт/м}^2 - 239.4 \text{ Вт/м}^2$, ар хажууд $9.8 \text{ Вт/м}^2 - 55.5 \text{ Вт/м}^2$ байна. Эндээс ар хажууд ирж байгаа богино долгионт цацрагийн сарын дундаж утгуудыг өвөр энгэрийн утгатай харьцуулахад ар хажууд дулааны улиралд 1-2 дахин бага, хүйтний улиралд 4-11 дахин бага БДЦ ирж байгаа нь ажиглагдаж байна.
- Боломжит богино долгионт цацрагын саруудын дундажаас харахад хамгийн их нь 397 Вт/м^2 буюу 6-р сард ажиглагдсан. Тус боломжит богино долгионт цацраг нь ойн дээр буюу ойн титэм дээр ирэхдээ 1.3 дахин багасч буюу 301 Вт/м^2 болсон, харин ойн доор буюу газрын гадаргаас 1 метрт модны иш мөчир, навчсаар халхлагдан 5 дахин багасч буюу 78.2 Вт/м^2 болсон байна.
- А. Дашцэрэн нарын аргазүйг ашиглан ойн халхалж буй БДЦ-ийн хэмжээг тооцоход өвлийн улиралд 34-38 хувь нь модны иш, мөчир, зуны улиралд 76-83 хувь нь модны иш, мөчир, навчсаар халхлагдаж, үлдсэн багахан хувь нь хөвхөн давхаргад ирж байна. Иймд дээрх дүгнэлтүүдээс харахад газрын гадаргад ирж буй БДЦ-ийг ой саатуулж, улмаар

сэрүүцүүлэх чухал нөлөө үзүүлж, цэвдгийн оршин тогтнолд нөлөөлж байгаа нь дээрх судалгаанаас илэрхий харагдаж байна.

Ашигласан хэвлэл

A.Dashtheren, M. Ishikawa, Y. Iijima, Ya. Jambaljav, “Temperature Regimes of the Active Layer and Seasonally Frozen Ground under a Forest-Steppe Mosaic, Mongolia,” *Permafrost and Periglacial Processes* 25, (4):295-306, 2014.

Meixue Yang, Shaoling Wang, Tandong Yao, Xiaohua Gou, Anxin Lu and Xuejun Guo, “Desertification and its relationship with permafrost degradation in Qinghai-Xizang (Tibet) plateau,” *Cold region Science and Technology*, 39 (2004) 47-53.

Я. Жамбалжав, Я. Гансүх, Х. Тэмүүжин, Монгол орны цэвдгийн тархалтын зураглал боловсруулах ажлын тайлан, Улаанбаатар 2016.

А. Дашцэрэн, “Богино долгионт цацрагийн хуваарилалтад үзүүлэх хотгор гүдгэр, газрын бүрхэвчийн нөлөө,” *Монгол орны газарзүйн асуудлууд*, хуудас 35-42, 2015.

Y. Iijima, M. Ishikawa, Ya. Jambaljav, “Hydrological cycle in relation to permafrost environment in forest-grassland ecotone in Mongolia,” *Journal of Japanese Association of Hydrological Sciences* 42: 119-130, 2012

Я. Жамбалжав, Я. Гансүх, Д. Дашжамц, Д. Доржготов. Монгол орны цэвдгийн өнөөгийн төлөв, түүний өөрчлөлт. Барилга байгууламжийн геотехникийн асуудлууд, 2016.

S. Miyazaki, M. Ishikawa, N. Baatarbileg, S. Damdinsuren, N. Ariuntuya, Ya. Jambaljav, “Interannual and seasonal variations in energy and carbon exchanges over the larch forests on the permafrost in northeastern Mongolia,” *Polar Science* (2014), <http://dx.doi.org/10.1016/j.polar.2013.12.004>.

E. Anne, S. Andrew, “Development of a rapid and precise method of digital image analysis to quantify canopy density and structural complexity,” *International scholarly research network ISRN ecology*, vol 2012, Article ID 619842, 11 pages.

М. Цоозол, Н. Батсүх, Г. Сарантуяа, “Дэвсгэр гадаргын дулааны баланс,” Улаанбаатар хот 2008 он

Я. Жамбалжав, Уулархаг нутгийн олон жилийн цэвдгийн зураглалд загварчлалын аргыг хэрэглэх боломж (Тэрэлж, Налайх, Улаанбаатар орчмын нутаг дэвсгэрийн жишээн дээр) газарзүйн ухааны докторын зэрэг горилсон нэг сэдэвт бүтээл. Улаанбаатар 2009 он.

- Ё. Гира, Р. Мижиддорж, Монгол орны нарны эрчим хүчний кадастр, Улаанбаатар 1985.
- О. Ганболд, З. Омбоо, Ч. Цэрэн, “Хөрсний хөлдөлт гэсэлийн математик загвар,” Улаанбаатар 1988.
- Я. Жамбалжав, Я. Гансүх. Мөнхцэвдэг, улирлын цэвдгийн үндсэн шинж, Тэрэлж голын сав газар, геосистем, 2015.
- Н. Шархүү ба бусад. Монгол орны олон жилийн цэвдгийн үндсэн шинж, 1975, Улаанбаатар.
- Я. Жамбалжав болон бусад, Монгол орны мөнхцэвдгийн урт хугацааны мониторинг, 2013. ЭШ-ний ажлын тайлан, ШУ-ны академийн Газарзүйн хүрээлэн.
- Л. Нацагдорж, 1988. Улаанбаатар хотын уур амьсгал
- Б. Жамбаажамц, 1989. Монгол орны уур амьсгал
- Н. Бадарч, 1971. Монгол орны уур амьсгал
- О. Батхишиг, Н. Нямсамбуу, Д. Доржготов, Б. Нямдаваа, 2015. Тэрэлж голын сав газар, геосистем
- Dubayah R, Rich PM. 1995. Topographic solar radiation models for GIS. International Journal of Geographic Information Systems 9: 405/413.