

Гарчиг

НЭГДҮГЭЭР БҮЛЭГ. ОРШИЛ.....	1
1.1. СУДАЛГААНЫ ҮНДЭСЛЭЛ.....	1
1.2. СУДАЛГААНЫ ЗОРИЛГО, ЗОРИЛТ.	2
1.3. СУДЛАГДСАН БАЙДАЛ.	2
1.4. СУДАЛГААНЫ АЧ ХОЛБОГДОЛ, ШИНЭЛЭГ ТАЛ.....	3
1.5. СУДАЛГААНЫ АЖЛЫГ ХЭЛЭЛЦҮҮЛСЭН БАЙДАЛ.	3
ХОЁРДУГААР БҮЛЭГ. СУДАЛГААНЫ ТАЛБАЙ.....	5
2.1. ФИЗИК ГАЗАРЗҮЙ.....	6
2.1.1. Газарзүй	6
2.1.2. Геологи ба ашигт малтмал.	7
2.1.3. Байгалийн бүс бүслүүр болон газар ашиглалт.....	7
2.1.4. Цэвдгийн ерөнхий байдал.	8
2.2. УУР АМЬСГАЛ, НӨХЦӨЛ	11
2.2.1. Агаарын температур.	11
2.2.2. Агаарын чийгшил.	12
2.2.3. Нарны цацраг.....	13
2.2.4. Хур тунадас.	14
ГУРАВДУГААР БҮЛЭГ. СУДАЛГААНЫ АРГАЗҮЙ, МАТЕРИАЛУУД.....	15
3.1. ОНОЛЫН ХЭСЭГ.....	15
3.1.1. Мөстлөг.....	15
3.2. ЛАНДСАТ ЦУВРАЛ ХИЙМЭЛ ДАГУУЛУУДЫН ТУХАЙ.....	16
3.2.1. Ландсат ТМ (Thematic Mapper).	16
3.2.2. Ландсат ЕТМ+ (Enhanced Thematic Mapper Plus).	16
3.2.3. Ландсат 8.....	17
3.3. МӨСТЛӨГИЙН ТАЛБАЙ БОЛОН ХУРИМТЛАЛЫН БҮСИЙН ТАЛБАЙГ ТООЦОХ АРГАЗҮЙ.....	17

3.3.1. Мөстлөгийн талбайг тооцох аргазүй.	19
3.3.2. Хуримтлалын бүсийг тооцох аргазүй.	20
3.4. ЗҮГ ЗОВХИСЫГ ЯЛГАХ АРГАЗҮЙ.	22
ДӨРӨВДҮГЭЭР БҮЛЭГ. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН.	24
4.1. ҮР ДҮНГИЙН ШАЛГАЛТ.	24
4.2. МӨСТЛӨГИЙН ТАЛБАЙ БОЛОН ХУРИМТЛАЛЫН БҮСИЙН ТАЛБАЙН ӨӨРЧЛӨЛТ.	26
4.2.1. Мөстлөгийн талбай зүг зохисоор өөрчлөгдсөн байдал.	37
4.3. ДҮН ШИНЖИЛГЭЭ.	39
ДҮГНЭЛТ.	44
АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ.	45

Зургийн жагсаалт

Зураг 1. Хархираа, Түргэн болон Сутай хайрхан уулсын ерөнхий байршлын зураг.	5
Зураг 2. А-Сутай хайрхан уул орчмын Ландсат 8 хиймэл дагуулаас гаргаж авсан байгалийн өнгийн зураг.	6
Зураг 3. Судалгааны талбай орчмын байгалийн бүс бүслүүрийн зураг.	8
Зураг 4. Монгол орны цэвдгийн тархалтын зураг. Я.Жамбалжав болон бусад, 2016.	9
Зураг 5. Судалгааны талбай орчмын цэвдгийн тархалтын зураг.	10
Зураг 6. Энэхүү судалгаанд тооцоолсон дөрвөн хүчин зүйлсийг харуулсан ерөнхий зураг.	15
Зураг 7. Мөстлөгийн талбайг зураглах ерөнхий аргазүй.	20
Зураг 8. Principal Component 1-ээс 6 хүртэл бодолт хийлгэсэн зургууд, (PC1-brightest, PC2-darkest).	21
Зураг 9. Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөг зүг зовхист хуваарилагдах байдлын зураг.	22
Зураг 10. Сутай хайрхан уулын мөстлөг зүг зовхист хувиарлагдах байдлын зураг.	23
Зураг 11. А-Ландсат 5 хиймэл дагуулаас гаргаж авсан дундын нил улаан туяаны хослолын зураг. Б-Мөстлөгийн талбайн таарцыг шалгахаар сонгож авсан талбай. В-Дундын нил улаан туяаны хослол болон мөстлөгийн талбайг давхцуулсан байдал.	24
Зураг 12. Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгийн талбай 1992 он.	27
Зураг 13. Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгийн талбай 1998 он.	28
Зураг 14. Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгийн талбай 2010 он.	29
Зураг 15. Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгийн талбай 2016 он.	30
Зураг 16. Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгийн талбайн өөрчлөлт 1992 оноос 2016 оны хооронд.	31
Зураг 17. Сутай хайрхан уулын мөстлөгийн талбай 1991 он.	32
Зураг 18. Сутай хайрхан уулын мөстлөгийн талбай 2000 он.	32
Зураг 19. Сутай хайрхан уулын мөстлөгийн талбай 2010 он.	33
Зураг 20. Сутай хайрхан уулын мөстлөгийн талбай 2016 он.	33
Зураг 21. Сутай хайрхан уулын мөстлөгийн талбайн өөрчлөлт 1991 оноос 2016 оны хооронд.	34

Хүснэгтийн жагсаалт

Хүснэгт 1. Улаангом болон Тонхил станцуудын 2013 оны агаарын хоногийн дундаж температурын мэдээнээс тооцоолсон сар болон жилийн дундаж, үнэмлэхүй их, үнэмлэхүй бага хэмжилтийг харуулсан хүснэгт. Эх сурвалж: Ус цаг уур, орчны шинжилгээний газар.....	11
Хүснэгт 2. Улаангом хотын хур тунадасны жилийн доторх хуваарилалт. Эх сурвалж: Ус цаг уур, орчны шинжилгээний газар.....	14
Хүснэгт 3. ТМ сканерын спектрийн болон орон зайн шийд.	16
Хүснэгт 4. ЕТМ+ сканерын спектрийн болон орон зайн шийд.....	16
Хүснэгт 5. Судалгаанд ашигласан мэдээ, материалын хүснэгт..	18
Хүснэгт 6. Тооцоолон гаргасан мөстлөгийн талбайн харгалзах пикселийн тоо болон дундын нил улаан туяаны хослслын мөстлөгтэй талбайн пикселийн тооны хоорондын зөрүүг харуулсан хүснэгт.....	25
Хүснэгт 7. Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгийн талбайн өөрчлөлтийг харуулсан хүснэгт.....	26
Хүснэгт 8. Сутай хайрхан уулын мөстлөгийн талбайн өөрчлөлтийг харуулсан хүснэгт.	26
Хүснэгт 9. Хархираа, Түргэн болон Сутай хайрхан уулсын тэнцлийн шугамын өндрийн өөрчлөлтийг харуулсан хүснэгт.	36
Хүснэгт 10. Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгийн талбай зүг зовхист хувиарлагдах байдлыг харуулсан хүснэгт.....	37
Хүснэгт 11. Сутай хайрхан уулын мөстлөгийн талбай зүг зовхист хувиарлагдах байдлыг харуулсан график.....	38
Хүснэгт 12. Судалгааны талбай тус бүрийн мөстлөгийн өндрийн ялгааг харуулсан хүснэгт.....	40

Графикийн жагсаалт

График 1. Улаангом станцын 2013 оны агаарын сарын температурын дундаж, үнэмлэхүй их, үнэмлэхүй бага утгуудыг харуулсан график.....	12
График 2. Тонхил станцын 2013 оны агаарын сарын температурын дундаж, үнэмлэхүй их, үнэмлэхүй бага утгуудыг харуулсан график.....	12
График 3. Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгийн талбай, хуримтлалын бүс болон тэнцлийн шугамын өндрийн өөрчлөлтийг харуулсан график.....	35
График 4. Сутай хайрхан уулын мөстлөгийн талбай, хуримтлалын бүс болон тэнцлийн шугамын өндрийн өөрчлөлтийг харуулсан график.....	35
График 5. Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгийн талбай зүг зовхист хувиарлагдах байдал он оноор.	37
График 6. Сутай хайрхан уулын мөстлөгийн талбай зүг зовхист хувиарлагдах байдал он оноор.	38
График 7. Тонхил болон Улаангом цаг уурын станцын агаарын жилийн дундаж температурын өөрчлөлт.	39
График 8. Тонхил болон Улаангом станцуудын жилийн нийлбэр хур тундасны олон жилийн өөрчлөлт.	40
График 9. Хархираа, Түргэний уулс болон Сутай хайрхан уулын мөстлөгийн талбай өндрөөр өөрчлөгдсөн байдал.	41
График 10. Тонхил станцын салхын зүг чигийн давтагдлын тоо 1990-2016.	42
График 11. Энэхүү судалгаагаар гарсан үр дүнг өмнөх судлаачдын үр дүнтэй харьцуулсан график.	43

ТАЛАРХАЛ

Энэхүү судалгааг хийж гүйцэтгэх явцад өөрийн үнэтэй цаг хугацааг зориулан зөвлөгөө, санал, шүүмж өгч, судалгааны ажлыг удирдсан Шинжлэх Ухааны Академи, Газарзүй Геоэкологийн хүрээлэнгийн “Цэвдэг судлалын салбар”-ын эрхлэгч, доктор А. Дашцэрэн танаа гүн талархал илэрхийлж байна. Мөн Монгол улсын их сургууль, Хэрэглээний шинжлэх ухаан инженерчлэлийн сургуулийн багш, дэд профессор, доктор Ч. Сономдагвад судалгааны ажилд зөвлөгөө өгч, үргэлж туслан, дэмжиж байдагт тань талархал илэрхийлье. Хээрийн судалгааны болон судалгааны гүйцэтгэлийн туршид тусалж, дэмжиж, зөвлөж байсан Цэвдэг судлалын салбарын ЭШДэд ажилтан Я.Гансүх болон салбарын хамт олондоо талархан эрдмийн их ажилд нь амжилт хүсье.

Мөн түүнчлэн хээрийн ажилд хамт явж мөстлөгийн талаар олон зүйлсийг зааж зөвлөсөн Михаел Вальтер болон ажлын хийх процесс болон шалгалт хийх үйл явцад тусламж зөвлөгөө өгсөн Пан Калев нарт цаашдын эрдэм шинжилгээний ажилд нь өндөр амжилт хүсье.

НЭГДҮГЭЭР БҮЛЭГ. ОРШИЛ

Мөстлөг гэдэг нь олон жил хуримтлагдсан хур цас, түүний хатуурсан массыг хэлнэ (Kotlvakov, 1931). Монгол орны мөстлөг, мөсөн голын судалгааг одоогоос тавь гаруй жилийн өмнөөс эрдэм шинжилгээний үндэслэлтэй судалж эхэлжээ. Үүнд: ОХУ-ын эрдэмтэн С.В.Колесников 1963 онд Монгол Алтайд 270 км^2 талбай бүхий 130 мөстлөг тархсан гэж тэмдэглэсэн бол 1968 онд Н.Т.Кузнецов мөстлөгийн талбайг 350 км^2 гэж тогтоожээ. Ж.Цэрэнсодном 1981 онд Орос-Монгол-Хятадын хил дагуу судалгаа хийж, Монгол Алтай нурууны мөсөн голын тоог 240 хүргэж, талбайг 702.7 км^2 хэмээн тогтоосон. Харин 1983 онд Н.Дашдэлэг, П.Хишигсүрэн, Р.Евелхан нар агаарын гэрэл зураг болон $M1:100000$ масштабтай байрзүйн зураг, өмнөх судалгааны мэдээнд тулгуурлан улмаар динамик явцыг тодорхойлох судалгаа хийж, Монгол оронд 659 км^2 талбайтай 262 мөстлөг, мөсөн гол байна хэмээн нарийвчлан тогтоожээ. 2015 онд Г.Даваа болон бусад судлаачид 2000-2002 оны Ландсат хиймэл дагуулын мэдээгээр мөстлөг тархсан 42 талбайг тодорхойлж, мөстлөгийн нийт талбайн хэмжээг 451 км^2 гэж тогтоосон байна.

1.1. СУДАЛГААНЫ ҮНДЭСЛЭЛ.

Монгол орны гадаргын усны нөөцийн багагүй хэсэг болох 19.4 км^3 ус нь мөстлөг, мөсөн голд агуулагдаж байдаг (Даваа ба бусад, 2015). Цэвэр усны нөөц болсон мөстлөг нь жил ирэх бүр даян дэлхийг хамарч буй уур амьсгалын өөрчлөлтийн улмаас багассаар байна.

Хархираа, Түргэний уулс нь морфоструктурын онцлог, уулсын байрлал, чиглэл, үргэлжилсэн болон тусгаар байдал, ландшафтын нэгдмэл шинжээрээ Монгол Алтай нурууны гурван дэд мужийн нэгд багтдаг. Түргэн уулын ноён оргил Дэглий Цагаан нь далайн төвшнөөс дээш 3965 метр өргөгдсөн байдаг бол Хархираа уулын ноён оргил Мөст нь 4037 метр өндөр байна (Цэгмид, 1967).

Мөн Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгт агуулагдах усны хэмжээ Монгол орны хэмжээнд авч үзвэл эхний 3-т ордог. Мөн дээрх уулс нь мөстлөг, мөсөн голууд элбэгтэй бөгөөд Монгол оронд тархсан мөстлөгийн нийт талбайн 20 орчим хувийг эзэлдэг (Эрдэнэтуяа, 2006). Энэ нь Ямаат, Хархираа, Түргэн, Шиврийн голуудын эх авч урсах үндсэн нөхцөл болж өгдөг. Эдгээр голууд нь тэр бүс нутагт оршин суух ард иргэдийн ундны усны эх үүсвэр болоод зогсохгүй мал аж ахуйн хэрэгцээний усны гол нөөц нь

болж өгдөг. Ялангуяа Улаангом орчмын газар тариалан эрхлэгчдийн усалгааны гол эх үүсвэр нь Түргэний гол юм (*Хархираа, Түргэн голын усны нөөцийн нэгдсэн менежмент, 2014*).

Ийм учраас дээрх нэр бүхий уулсын мөстлөгийн алдарлын эрчмийг судлах нь тухайн газар нутагт амьдарч буй ард иргэдэд зориулсан усны нөөцийн менежмент, төлөвлөлт боловсруулах зэрэг нийгэм, эдийн засаг болон шинжлэх ухааны өндөр ач холбогдолтой.

Энэхүү үндэслэлүүдийг харгалзан үзэж судалгааны талбайгаараа дээрх уулсыг сонгон авсан. Харьцуулалт, судалгаа хийхийн тулд Сутай хайрхан уулыг давхар сонгон авсан. Сутай хайрхан уул нь мөстлөгийн талбайн хувьд бусад уулсаас том биш ч өргөргийн хувьд хамгийн өмнө зүгт оршдогоороо бусад уулсаас онцгойрон ялгардаг.

1.2. СУДАЛГААНЫ ЗОРИЛГО, ЗОРИЛТ.

Дээр дурдсанчлан мөстлөг нь ард иргэд болоод байгаль орчны экосистемд чухал үүрэг гүйцэтгэдэг учир мөстлөгийн алдарлын эрчмийг 1990 оноос 2016 оны хооронд тогтоохыг энэхүү судалгааны зорилго болгосон. Ийнхүү зорилгоо хэрэгжүүлэхийн тулд дараах зорилтуудыг дэвшүүлсэн:

- Нэгдүгээрт Хархираа, Түргэн болон Сутай хайрхан уулсын мөстлөгийн талбайг 1990, 2000, 2010, 2016 онуудад тодорхойлох.
- Хоёрдугаарт мөн уулсад мөстлөгийн хуримтлалын бүсийн талбай болон алдарлын бүсийн талбайг тодорхойлох.
- Гуравдугаарт дээрх уулсын мөстлөгийн тэнцлийн шугамын өндрийг тооцож гаргах гэсэн зорилтууд дэвшүүлсэн.

1.3. СУДЛАГДСАН БАЙДАЛ.

Монгол орны хэмжээнд тархсан нийт мөстлөгийн талбайн хэмжээг өмнөх үеийн судлаачид тооцоолон гаргаж байсан баримтууд олон тооны ном, тайлан, эрдэм шинжилгээний бүтээлүүд дээр хэвлэгдсэн байдаг. Ийнхүү судалсан эрдэмтэн судлаачдын гаргасан үр дүнг оршил бүлэгт дурдаж өгсөн болно.

Үүнээс Хархираа, Түргэний уулс тэр дундаа Түргэн уулын мөстлөгийн талбайг тооцсон нэлээд олон эрдэмтэн байдаг. Жишээ нь: Түргэн уулын мөстлөгийн талбайг Кадота болон Даваа нар 2000 онд 34.7 км², Даваа болон Баасандорж нар 2002 онд 33.8

км², мөн 2002 онд Khrutsky болон Golubeva нар 33.7 км², Ulrich Kamp 2010 оны байдлаар 31.8 км² байна гэж тус тус тогтоосон байдаг.

Харин судлаач М.Эрдэнэцэцэг 2006 онд, А.Дашцэрэн 2010 онд тус тус Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгийн талбайн өөрчлөлтийн динамик судалгааг хийж гүйцэтгэсэн байдаг ба дээрх судлаачдын үр дүнг энэхүү судалгааны үр дүнтэй харьцуулсан байдлыг “Дүн шинжилгээ” хэсэгт оруулсан.

1.4. СУДАЛГААНЫ АЧ ХОЛБОГДОЛ, ШИНЭЛЭГ ТАЛ.

Дээр дурдсанчлан мөстлөг, мөсөн гол нь их хэмжээний цэвэр усны нөөцийг өөртөө агуулж байдаг бөгөөд тэр нь тухайн нутаг орчмын ард иргэдийн ундны усыг хангаад зогсохгүй экосистемд эерэг нөлөө үзүүлдэг. Энэ ч утгаараа мөстлөгийн алдарлын эрчмийг тодорхойлох нь тухайн судалгааны бүс орчмоос эх аван урсдаг гол, горхинд усны нөөцийн менежмент хэрэгжүүлэхэд чухал ач холбогдолтой юм.

Энэ судалгааны шинэлэг тал нь гэвэл өмнөх үеийн судлаачид мөстлөгийн талбайн динамик өөрчлөлтийг тооцоолон гаргасан байдаг бол энэхүү судалгаа нь мөстлөгийн талбай, хуримтлалын бүс, алдарлын бүс, тэнцлийн шугамын өндрийг тооцоолон гаргасан нь тус судалгаанд орж байгаа шинэлэг тал юм. Мөн мөстлөгийн талбайг тооцохдоо NDPCSI (Normalized Difference Principal Component Snow Index) буюу арай дэвшилтэд аргазүйг ашигласан болно.

1.5. СУДАЛГААНЫ АЖЛЫГ ХЭЛЭЛЦҮҮЛСЭН БАЙДАЛ.

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

Эрдэм шинжилгээний өгүүлэл:

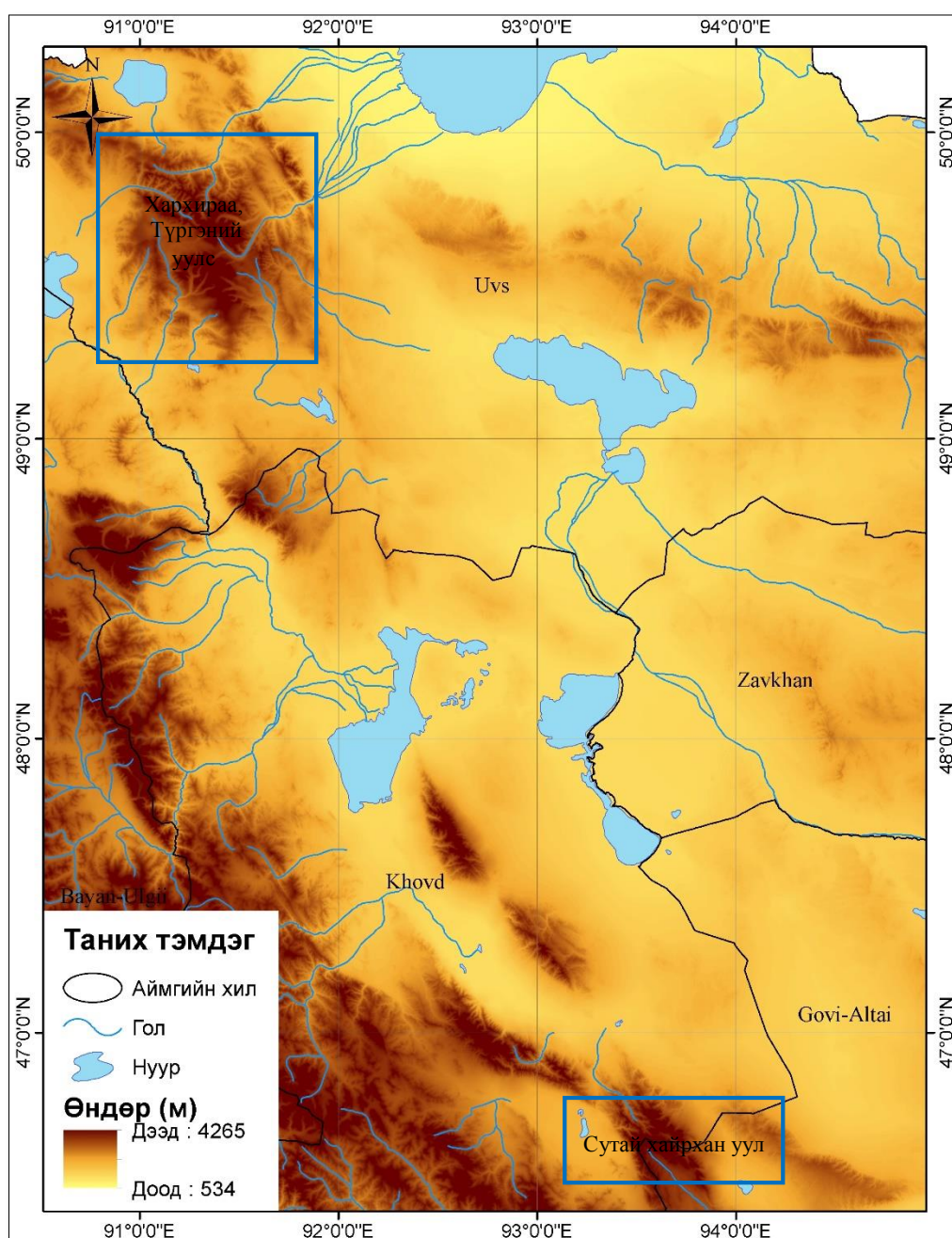
- **Х.Тэмүүжин**, А.Дашцэрэн, Ц.Ундрахцэцэг. “Хархираа, Түргэн, Сутай хайрхан уулсын мөстлөгийн цаг хугацааны өөрчлөлтийн харьцуулалт” Хүрэлтогоот-2017, хуудас 85-89, Улаанбаатар хот.
- Michael. W, A. Dashtseren, U. Kamp, **Kh. Temujin**, F. Meixner, C.G. Pan, Ya. Gansukh. (2017). “Glaciers, Permafrost and Lake Levels at the Tsengel Khaikhan Massif, Mongolian Altai, During the Late Pleistocene and Holocen”. Geosciences 2017, 7(3), 73; doi:10.3390/geosciences7030073.
- Dashtseren. A, Ya. Jambaljav, M. Ishikawa, Yo. Iijima, Ya. Gansukh, **Kh. Temuujin**, G. Tsogterdene. (2017). “Monitoring and thermal state of permafrost in Mongolia” The 2nd Asian Conference on Permafrost, July 2–6, 2017, Sapporo, Japan.

Эрдэм шинжилгээний илтгэл:

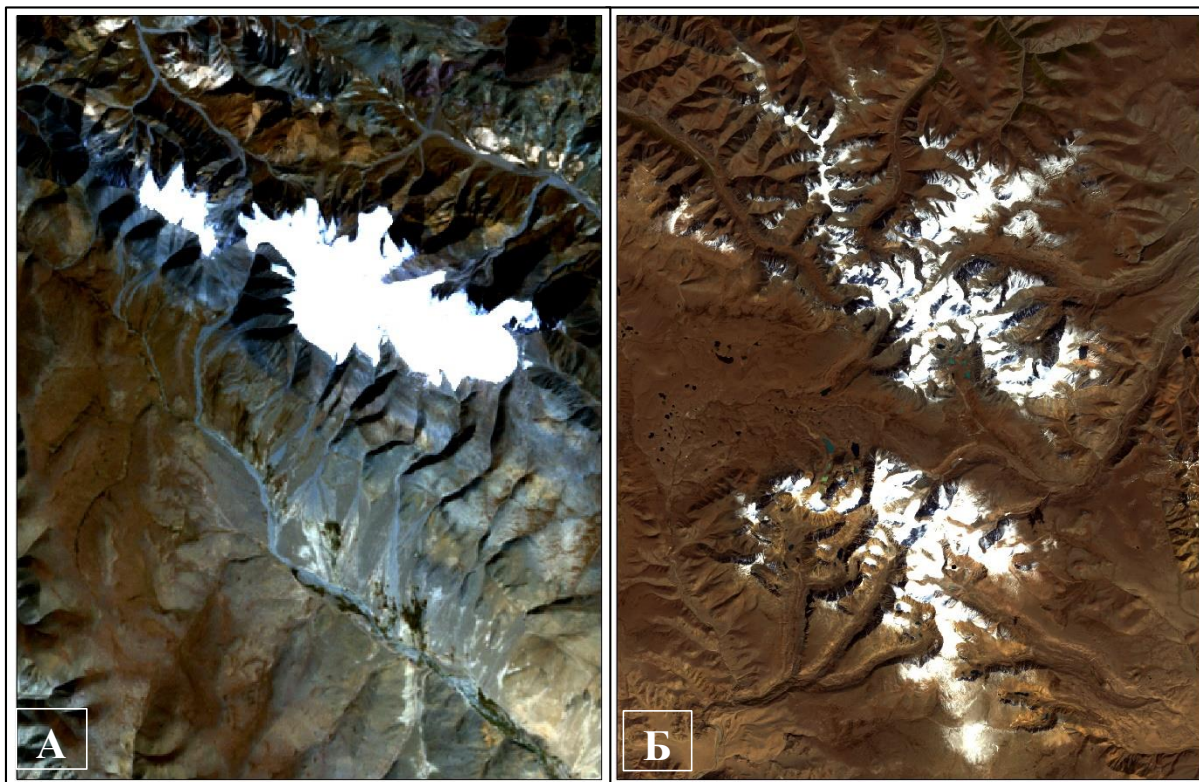
- **Х.Тэмүүжин,** “Хархираа, Түргэн, Сутай хайрхан уулсын мөстлөгийн цаг хугацааны өөрчлөлтийн харьцуулалт” Хүрэлтогоот-2017 (аман илтгэл).
- **Х.Тэмүүжин,** “Хархираа, Түргэн, Сутай хайрхан уулсын мөстлөгийн цаг хугацааны өөрчлөлтийн харьцуулалт” Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэн, Цэвдэг судлалын салбарын онол аргазүйн семинар.
- **Х.Тэмүүжин,** “Хархираа, Түргэн, Сутай хайрхан уулсын мөстлөгийн цаг хугацааны өөрчлөлтийн харьцуулалт” МУИС, Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан Инженерчлэлийн Сургууль, Хүрээлэн буй орчин, ойн инженерчлэлийн тэмнхимийн ээлжит семинар.
- **Х.Тэмүүжин,** “Увс аймгийн цэвдгийн онцлог, мөстлөгийн динамик өөрчлөлт”. Увс нуурын ай савын улсын тусгай хамгаалалттай газар нутгийн хамгаалалтын захиргаатай хамтарсан семинар. Улаамгом 2017.

ХОЁРДУГААР БҮЛЭГ. СУДАЛГААНЫ ТАЛБАЙ

Монгол орны мөстлөг нь ихэвчлэн нутгийн баруун хэсэгт тархсан байдаг. Өмнөх бүлэгт дурдсанчлан судалгааны талбайгаараа Хархираа, Түргэний уулс болон харьцуулалт судалгаа хийхийн тулд Сутай хайрхан уулыг тус тус сонгон авсан. Засаг захиргааны нэгжийн хувьд Хархираа, Түргэний уулс нь Увс аймгийн Ховд болон Тариалан сумдын нутагт оршдог бол Сутай хайрхан уул нь Ховд аймгийн Цэцэг болон Говь-Алтайн аймгийн Тонхил болон Дарви зэрэг сумдын нутагт оршино (Зураг 1, 2).



Зураг 1. Хархираа, Түргэн болон Сутай хайрхан уулсын ерөнхий байршлын зураг.



Зураг 2. А-Сутай хайрхан уул орчмын Ландсат 8 хиймэл дагуулын мэдээнээс гаргаж авсан байгалийн өнгийн зураг.
Б-Хархираа, Түргэний уулс орчмын Ландсат 8 хиймэл дагуулын мэдээнээс гаргаж авсан байгалийн өнгийн зураг.

2.1. ФИЗИК ГАЗАРЗҮЙ.

2.1.1. Газарзүй

Хархираа, Түргэний уулс нь Монгол орны физик газарзүйн мужлалаар Хангай-Хэнтэйн нурууны их мужийн Хан Хөхийн нурууны “Б” тойргийн уулсын хоорондох хотгор гүдгэр нарийн хоолой хөндий буюу их нууруудын хотгорт хамрагдах бөгөөд Алтайн уулархаг их мужийн шинж давамгайлна. Мөн тухайн уулс нь морфоструктурын онцлог, уулсын байрлал, чиглэл, үргэлжилсэн болон тусгаар байдал, ландшафтын нэгдмэл шинжээрээ Монгол Алтайн нурууны гурван дэд мужийн нэгт багтана (Даш, 2003).

Мөн уулсын өндрийн хувьд авч үзвэл хамгийн өндөр оргил нь далайн төвшнөөс дээш 4037 метр өргөгдсөн Мөст, 3965 метр өргөгдсөн Дэглий цагаан нар бол хоёр уулын хөндийн хэсэг буюу Олон нуурын хотгор дунджаар далайн төвшнөөс дээш 2650 метр өргөгдсөн байна (Цэгмид, 1962).

Харин Сутай хайрхан уулын хувьд Монгол Алтайн нурууны гурван дэд мужийн нэгт багтах ба далайн төвшнөөс дээш 4090 метр өргөгдсөн байна.

2.1.2. Геологи ба ашигт малтмал.

Монгол улсын ашигт малтмалын зургаас харахад Хархираа, Түргэний уулс орчим орчин үеийн дөрөвдөгчийн (Голоцений) аллюви, делюви, мөстлөг, нуур, салхины гаралтай сэвсгэр хурдсууд зонхилж палеозойн настай хувирмал, тунамал, бялхмал чулуулгууд, тэдгээрийн хосолмол болон гурвуул болсон тунамал-хувирмал, тунамал-бялахмал, тунамал-бялхмал-хувирмал гаралтай үндсэн хатуу чулуулгууд, мөн түүнчлэн палеозойн эринд үүссэн хүрмэл чулуулгийн биетүүд янз бүрийн талбайг эзлэн таржээ.

Хархираа, Түргэний уулс нь гүний, региональ, локал гаралтай тектоник хагаралд эрчимтэй өртөгдсөн, Сав газрын нам дор хэсгийн геологийн бүтэц нэлээд нарийн төвөгтэй. Тухайн районд силур-дунд девоны настай эффузив чулуулаг, дээд дөрөвдөгч неогений ангилагдаагүй хурдас, дээд орчин үеийн сэвсгэр хурдас болон доод девон, дээд карбоны интрузив чулуулгууд тархана. Гадаргын усны шугаман идэгдлээр гуу жалга үүсэж, тэдгээрийн эрэг мөргөцгөөр тоосорхог элсэнцэр, гуу жалгын ёроол хэсгээр зөөгдлийн том том бул чулуу, сайр, сайрга хошуурч тогтсон байна (*Монгол Улсын ашигт малтмалын зураг, 2002*).

2.1.3. Байгалийн бүс бүслүүр болон газар ашиглалт.

Монгол орон нь өргөргийн дагуу сунаж тогтсон, хойноосоо урагш чиглэлд байгалийн эрс тэс онцлог бүхий уулын тайга, өндөр уул, ойт хээр, нугат хээр, хээр, хуурай хээр, заримдаг цөл, умардын цөл, жинхэнэ цөл, говь цөл гэсэн бүс бүслүүрүүдэд оршдог(*Цэгмид, 1967*).

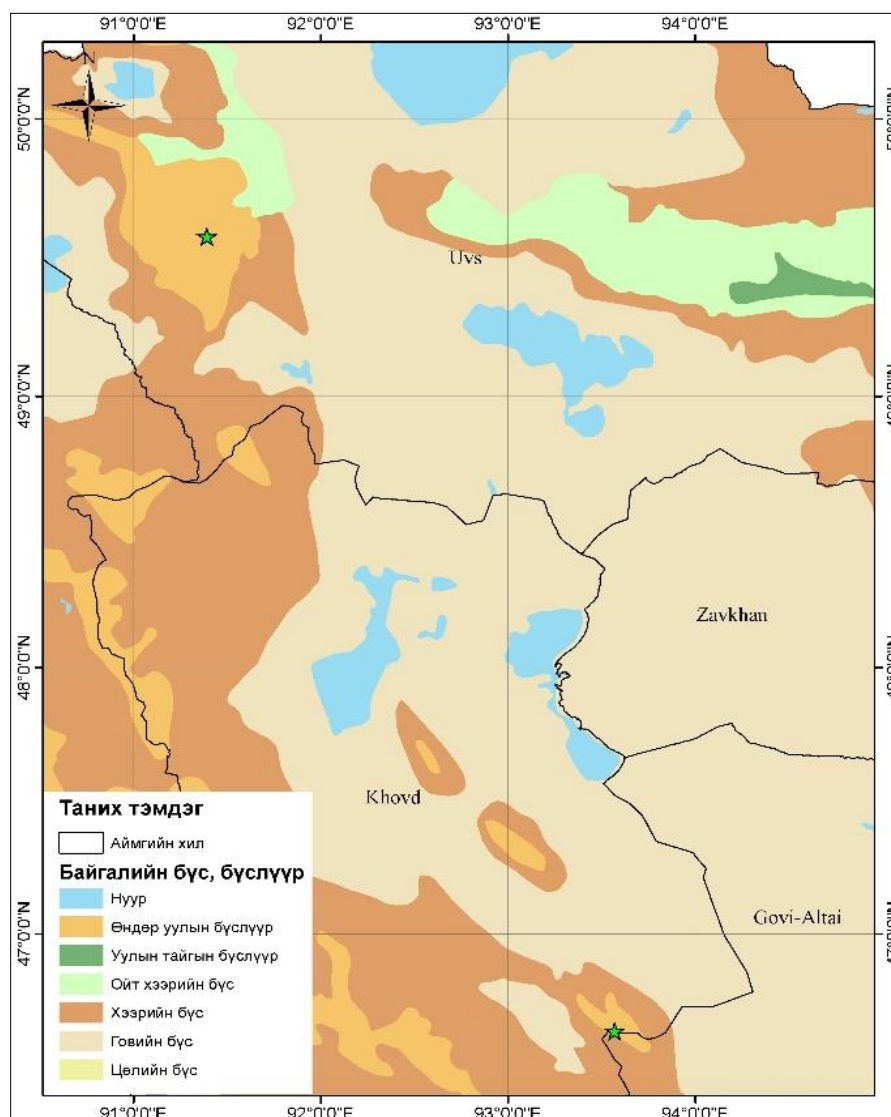
Хархираа, Түргэний уулс нь өндөр уулын бүслүүр, ойт хээр болон хээрийн бүсүүдэд хамрагдана. Харин Сутай хайрхан уулын хувьд өндөр уулын бүслүүр болон хээрийн бүсэд оршино (Зураг 3).

Монгол Улсын одоогийн мөрдөж байгаа Газрын тухай хуульд зааснаар газрыг:

1. Хөдөө аж ахуйн газар.
2. Хот суурины газар.
3. Замын шугам сүлжээний газар.
4. Ойн сан бүхий газар.
5. Усан сан бүхий газар.
6. Тусгай хэрэгцээний газар.

гэсэн үндсэн 6 ангилалд хуваадаг.

Дээрх ангиллаар авч үзвэл Хархираа, Түргэний уулс болон Сутай хайрхан уул нь хөдөө аж ахуйн газар болон усан сан бүхий газарт тус тус харьяалагдаж байна.



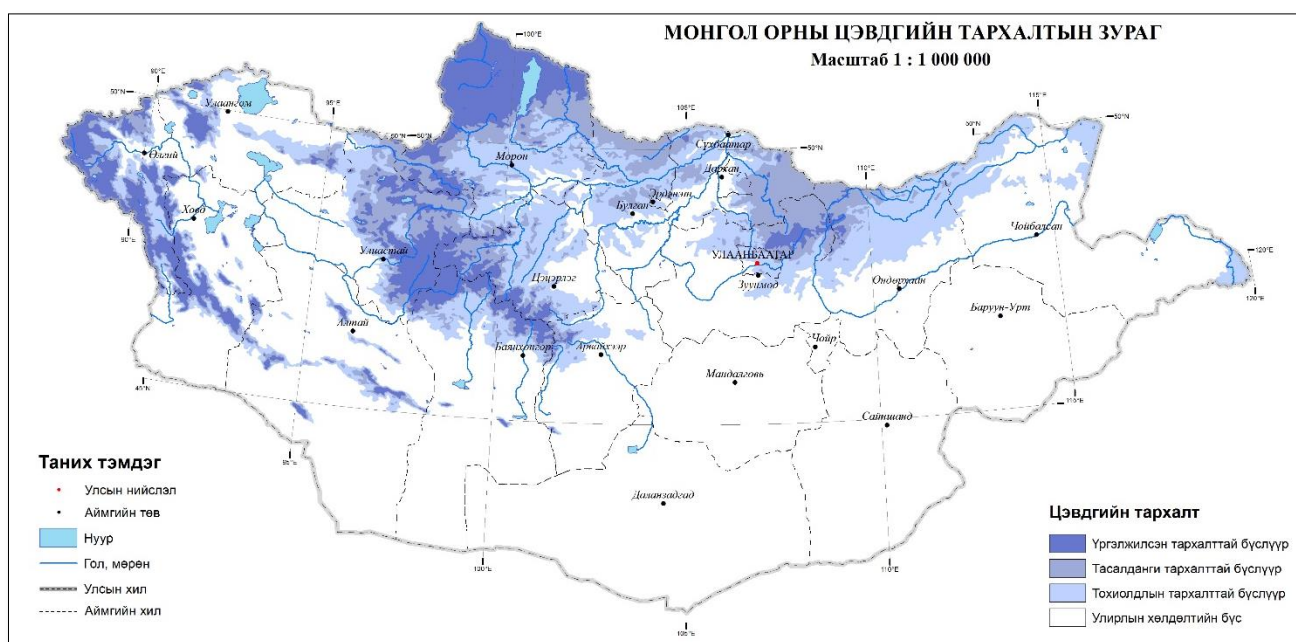
Зураг 3. Судалгааны талбай орчмын байгалийн бүс бүслүүрийн зураг.

2.1.4. Цэвдгийн ерөнхий байдал.

Цэвдэг (permafrost) гэдэг нь тэг буюу түүнээс доош градус дараалан хоёр буюу түүнээс дээш жил орших хөрс чулуулгийг хэлнэ (Hugh French, 2007). Энэхүү тодорхойлолт ёсоор цэвдэг нь нэг талаас температураар, нөгөө талаас хугацаагаар тус тус илэрхийлэгдэнэ. Монгол орны нутаг дэвсгэрийн 29.3%-д цэвдэг нь тасалданги болон, алаг цоог хэлбэрээр тархсан байна (Монгол орны цэвдгийн тархалтын 1:1000000 масштабтай зураг, 2016).

Цэвдгийг тархалтынх нь хувьд үргэлжилсэн, тасалданги, алаг цоог, тохиолдлын гэж хуваана. Үргэлжилсэн тархалттай бүслүүрт улирлын гэсэлтийн гүн дэх жилийн дундаж температур буюу цэвдгийн дээд хилийн жилийн дундаж температур -2°C -ээс бага, тасалданги тархалттай бүслүүрт -2°C ба -1°C -ийн хооронд, алаг цоог тархалттай бүслүүрт -1°C ба 0°C -ийн хооронд, тохиолдлын тархалттай бүслүүрт 0°C ба $+1^{\circ}\text{C}$ -ийн хооронд тус тус байдаг (Монгол орны цэвдгийн тархалт, өөрчлөлт, 2017).

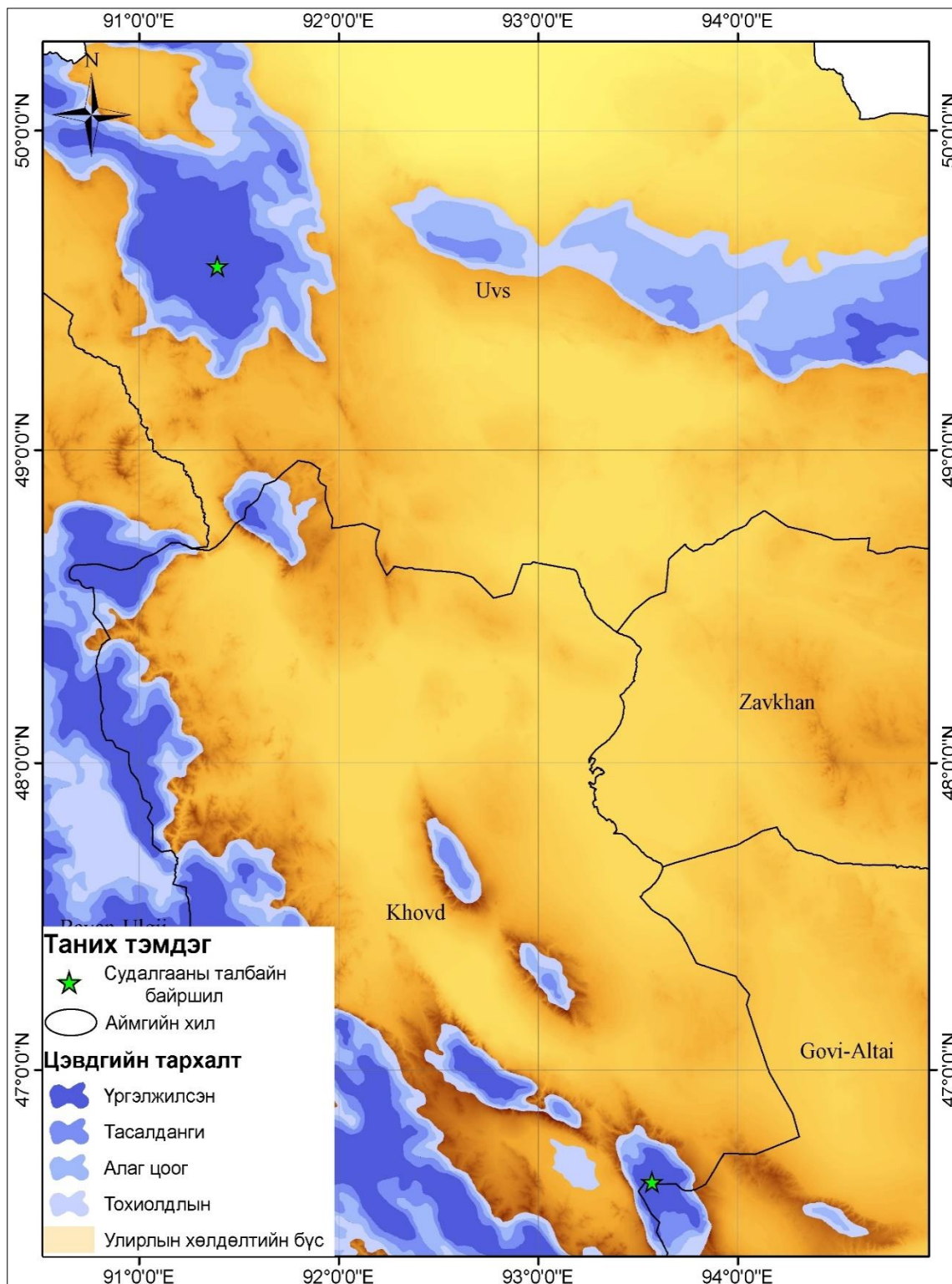
Агаарын температурын хамгийн бага утга хасах хэм рүү орох үед газар гадарга талаасаа хөлдөж эхэлдэг. Хасах температуртай хугацаа тогтвортой үргэлжлэхийн хэрээр газрын хөлдөлтийн гүн нэмэгдэх бөгөөд хэрэв энэ хугацаа нь улирлаар үргэлжлэх тохиолдолд улирлын хөлдөлт болдог. Хүйтэн сэрүүн бүс нутагт агаарын температурын хамгийн их утга эерэг болох үед газар дээд талаасаа гэсдэг. Нэмэх температуртай хугацаа уртсах тусам газрын гэсэлтийн гүн нэмэгдэж, хэрэв энэ хугацаа улирлаар хэмжигдвэл улирлын гэсэлт болдог. Хасах температуртай хугацаа богино үргэлжилбэл газрын гадарга гүехэн хөлдөх бөгөөд үүнийг богино хугацааны хөлдөлт гэнэ.



Зураг 4. Монгол орны цэвдгийн тархалтын зураг. Я.Жамбалжав болон бусад, 2016.

Цэвдэг нь өндөр өргөргийн бүс нутаг буюу туйл орчимд, мөн өндөр уулын бүс нутагт тус тус тархсан байдаг. Мөн цэвдгийн оршин байхад голлох нөлөө үзүүлдэг байгалийн хүчин зүйлс нь өргөрөг, өндөршил, чийг, зүг зовхис, газрын бүрхэвч, хөрсний бүтэц гэх мэт зүйлс орно (Дашцэрэн, 2014). Иймээс ч Монгол орны цэвдэг нь өндөр уулын бүс, ой чийг намагтай газруудаар ихэвчлэн тархсан байдаг (Зураг 4).

Энэ ч утгаараа тус судалгаагаар сонгон авсан судалгааны хоёр талбайн нь хоёулаа өндөр уулын бүсэд оршоод зогсохгүй цэвдэгт бүс нутагт багтах төдийгүй үргэлжилсэн тархалттай бүслүүрт багтаж байгааг та бүхэн доорх зургаас харж болно (Зураг 5).



Зураг5. Судалгааны талбай орчмын цэвдгийн тархалтын зураг.

2.2. УУР АМЬСГАЛ, НӨХЦӨЛ

2.2.1. Агаарын температур.

Монгол орон эх газрын гүнд, далайн төвшнээс дээш ихээхэн өндөрт оршдог явдал юуны өмнө агаарын температурт нөлөөлж өвлийн улирлыг урт, тогтмол хүйтэн, зуныг дулаан болгож хоногийн болон жилийн температурын 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 хойд туйлын эх газрын хүйтэн агаар нэвтрэн 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, нэлээд халуун болдог ажээ. Монгол оронд байгалийн нөхцөл өргөрөг бүсийн байдлаас болж зуны температур хойноос урагшлахад нэмэх 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 (*Бадарч, 1971*).

Хархираа, Түргэний уулсад ойр байрлах Улаангом цаг уурын станцын 2013 оны агаарын хоногийн дундаж температурын мэдээнээс харахад үнэмлэхүй хагийн их утга нь зун долоон сард буюу 24.9°C байсан бол үнэмлэхүй хамгийн бага утга нь өвөл нэг сард буюу -37.1°C тус тус байжээ. Харин Сутай хайрхан уултай ойр орших Тонхил станцад мөн онд үнэмлэхүй хамгийн их утга 7 сард 19.8°C байсан бол үнэмлэхүй хагийн бага утга нь өвөл 2 сард -22.9°C байжээ (Хүснэгт 1, График 1, 2).

Хүснэгт 1. Улаангом болон Тонхил станцуудын 2013 оны агаарын хоногийн дундаж температурын мэдээнээс тооцоолсон сар болон жилийн дундаж, үнэмлэхүй их, үнэмлэхүй бага хэмжилтийг харуулсан хүснэгт. Эх сурвалж: Ус цаг уур, орчны шинжилгээний газар.

Үзүүлэлт	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Жил
Улаангом													
Дундаж	-30.9	-27.6	-9.4	5.2	10.5	16.9	20.3	18.1	8.9	0.8	-5.9	-17.5	-0.9
Үнэмлэхүй их	-24.2	-20.5	0.5	15.0	16.1	23.2	24.9	21.7	16.5	7.4	2.0	-8.8	24.9
Үнэмлэхүй бага	-37.1	-32.0	-21.2	-4.6	4.9	12.3	16.5	13.3	2.1	-6.4	-12.4	-30.1	-37.1
Тонхил													
Дундаж	-12.8	-13.2	-0.7	2.6	7.7	12.1	14.4	13.7	7.0	1.8	-8.7	-12.6	0.9
Үнэмлэхүй их	-5.2	-4.8	6.2	11.8	13.0	17.6	19.8	18.0	13.7	11.4	-0.7	-4.0	19.8
Үнэмлэхүй бага	-22.2	-22.9	-8.7	-10.6	0.2	6.0	9.4	9.5	-4.5	-7.0	-14.7	-22.5	-22.9

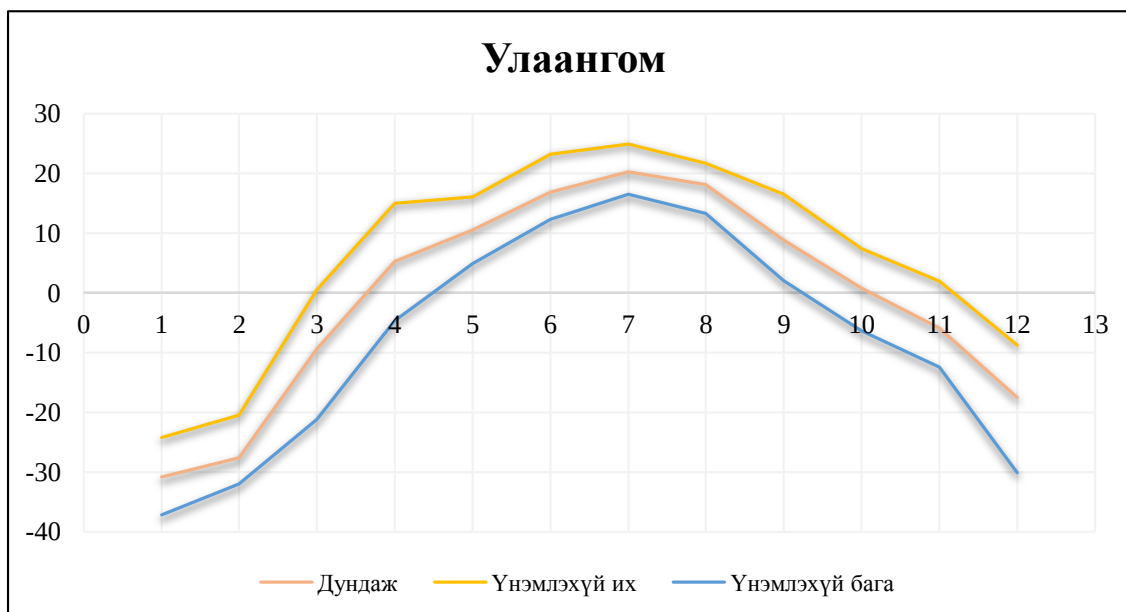


График 1. Улаангом станцын 2013 оны агаарын сарын температурын дундаж, үнэмлэхүй их, үнэмлэхүй бага утгуудыг харуулсан график.

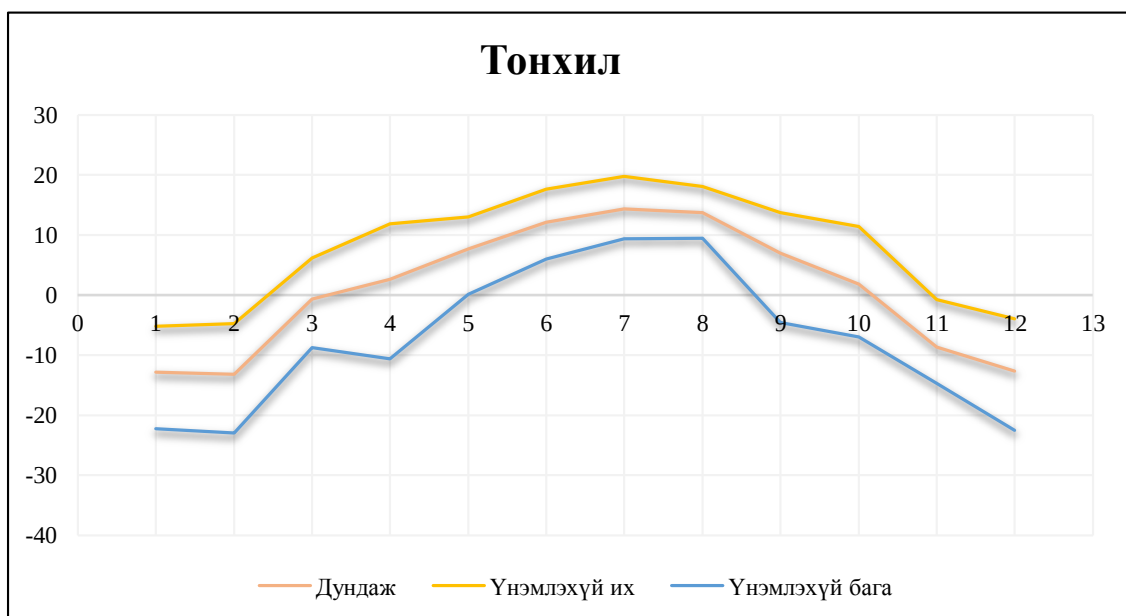


График 2. Тонхил станцын 2013 оны агаарын сарын температурын дундаж, үнэмлэхүй их, үнэмлэхүй бага утгуудыг харуулсан график.

2.2.2. Агаарын чийгшил.

Агаарын чийг бол тухайн газар нутгийн уур амьсгал хэр зэрэг чийгтэйг илэрхийлэх чухал элемент юм. Монгол орны агаарын чийгийн горим жилийн дулаан, хүйтэн хагаст эрс ялгаатайгаас гадна газрын үнэмлэхүй 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 адилаартар 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 нэлээн 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 нэлээд 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 нэлээд 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 зүйлийн дотор нарны цацраг дээгүүр байр эзэлнэ. Өөрөөр хэлбэл нарны цацраг нь агаар, газрын гадарга хоёрын хоорондох дулааны солилцоо, агаарын 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 ойролцоогоор 2600-аас 3300 цагийн хооронд хэлбэлзэхдээ бараг адил өргөрөгт орших Дундад Азийнхаас даруй 100-аас 300 цагаар илүү байдаг. Нарны гийгүүлэлтийн хугацаа нарны өндрөөс шалтгаалах ба нарны өндөр жилийн сар, улирал болон өргөрөг, бүсийн байдлаас болж нутаг бүрд 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 (*Бадарч, 1971*).

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 байдаг. Атлантын ба Хойд 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 нэлээд хувийг тус орныг хүрээлж тогтсон захын уулст унагааж дотогшоо улам бүр хуурай болж ирдэг явдал манай оронд хур тунадас бага байдгийн гол шалтгаан болно. Хур тунадасны хуваарилалт хотгор гүдгэрийн байдлаас нэлээд 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 (*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 чийглэг хүйтэн агаар зүүн Сибирийн эх нутгийг дайран чийгээ алдаж улам хөрсөөр арктикийн 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 унаж газрын гадаргад тогтох цасан бүрхүүлийн зузаан дунджаар 5-10 сантиметрээс илүүгүй байхаас гадна ой модтой уулын ар хажуу, жалга гуунаас 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 горим бүр тогтворжин 7-р сар гэхэд Монголын аль ч нутагт тунадас хамгийн их унах болно.

Хүснэгт 2. Улаангом хотын хур тунадасны жилийн доторх хуваарилалт. Эх сурвалж: Ус цаг уур, орчны шинжилгээний газар.

Үзүүлэлт	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Жилд
Хур тунадас (мм)	2.3	2.2	3.9	3.8	7.3	22.3	39.5	22.6	15.1	4.6	8.5	4.1	132.1

Дээрх хүснэгтээс харахад Улаангом хотод хур тунадас долоон сард хамгийн их унаж нэг болон хоёр сард хамгийн бага ордог нь харагдаж байна. Мөн зуны гурван сард жилийн нийт хур тунадасны 64 орчим хувь нь ордог болохыг харж байна.

ГУРАВДУГААР БҮЛЭГ. СУДАЛГААНЫ АРГАЗҮЙ, МАТЕРИАЛУУД

3.1. ОНОЛЫН ХЭСЭГ.

3.1.1. Мөстлөг

Мөстлөг гэдэг нь олон жил хуримтлагдсан хур цас, түүний хатуурсан массыг хэлнэ (Kotlvakov, 1931). Иймээс ч мөстлөг нь өөртөө тодорхой хэмжээний цэвэр усны нөөцийг агуулж байдаг. Энэ нь түүнийг судлах гол үндэслэл болж өгдөг. Мөстлөгийн судалгаанд түүний судлах ёстой үндсэн таван хүчин зүйл (мөстлөгийн масс баланс, мөстлөгийн талбай, мөстлөгийн алдарлын бүс, мөстлөгийн хуримтлалын бүс, тэнцлийн шугам) байдаг ба энэхүү судалгаагаар дээрх таван хүчин зүйлсийн масс балансаас бусад дөрвийг нь нарийвчилан судалсан. Учир нь мөстлөгийн масс балансыг судлахад тухайн мөстлөгт суулгасан цаг уурын станцын мэдээ, эсвэл өмнө нь өрөмдөж суулгасан мөстлөгийн шонгуудын хэмжилтийн мэдээ зэрэг хэрэг болдог. Бидэнд дээрх мэдээлэл байхгүй учир мөстлөгийн эрчмийг тодорхойлохын тулд масс балансыг орхиж бусад дөрвөн хүчин зүйлийг судлах шаардлага тулгарсан болно.

Мөстлөгийн хуримтлал гэж мөстлөгийн массыг нэмэгдүүлж байгаа (цас орох, цан үүсэх, салхиар зөөгдөх хуримтлал гэх мэт) бүх хүчин зүйлсийг хэлнэ. Харин мөстлөгийн алдрал гэж мөстлөгийн массыг бууруулж (хайлах, цасан нуранги, гүний алдрал гэх мэт) буй бүх хүчин зүйлсийг хэлнэ. Мөстлөгийн тэнцлийн шугам гэж мөстлөгийн алдрал болон хуримтлал нь тэг байх тэр шугамыг хэлэх бөгөөд өөрөөр хэлбэл алдралын бүс болон тэнцлийн шугамын хил гэж ойлгож болно (Kotlvakov, 1931) (Зураг 6).



Зураг 6. Энэхүү судалгаанд тооцоолсон дөрвөн хүчин зүйлсийг харуулсан ерөнхий зураг.

3.2. ЛАНДСАТ ЦУВРАЛ ХИЙМЭЛ ДАГУУЛУУДЫН ТУХАЙ.

3.2.1. Ландсат ТМ (Thematic Mapper).

Ландсат ТМ нь спектрийн 7 сувагтай бөгөөд үзэгдэх гэрэл, ойрын болон дундын нэл улаан туяаны сувгуудын орон зайн шийд нь 30 метр, дулааны сувгийн орон зайн шийд нь 120 метр юм. ТМ сканерын спектр болон орон зайн шийдийг Хүснэгт 3-т үзүүлэв. Дүрс мэдээллийг хүлээн авахдаа толин сканерын зарчим бүхий 16 детекторыг ашиглах бөгөөд зураглагдах талбайн өргөн нь 185 км, цаг хугацааны шийд нь 16 хоног, тоон мэдээллийн градац нь 0-255 буюу 8 бит байна (Амарсайхан, 2014).

Хүснэгт 3. ТМ сканерын спектрийн болон орон зайн шийд.

Суваг	Спектрийн шийд (микрон)	Орон зайн шийд (метр)
1	0.45 – 0.52	30
2	0.52 – 0.60	30
3	0.63 – 0.69	30
4	0.76 – 0.90	30
5	1.55 – 1.75	30
6	10.4 – 12.5	120
7	2.08 – 2.35	30

3.2.2. Ландсат ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus).

Энэхүү сканер нь өмнөх Ландсат ТМ сканерын сайжруулсан хэлбэр бөгөөд 16 хоногийн цаг хугацааны шийдтэй систем нь 5 жил ашиглагдахаар төлөвлөгдөж байсан. ТМ-тэй харьцуулбал спектрийн 8 сувгийн мэдээг хүлээн авдаг бөгөөд дулааны сувгийн орон зайн шийд нь 60 м юм (Хүснэгт 4).

Хүснэгт 4. ETM+ сканерын спектрийн болон орон зайн шийд.

Суваг	Спектрийн шийд (микрон)	Орон зайн шийд (метр)
1	0.45 – 0.52	30
2	0.52 – 0.60	30
3	0.63 – 0.69	30
4	0.76 – 0.90	30
5	1.55 – 1.75	30
6	10.4 – 12.5	60
7	2.08 – 2.35	30
Панхроматик	0.52 – 0.90	15

Ландсат 7 ЕТМ-ийн спектрийн болон орон зайн шийдийг Хүснэгт 4-т үзүүлэв. Тоон мэдээллийг хүлээн авах хадгалах болон хуваарилах зарчим нь ТМ-ийн адил бөгөөд радиометрийн шийд нь 8 бит байна (*Амарсайхан, 2014*).

3.2.3. Ландсат 8.

Энэ нь урьд өмнө хөөргөсөн Ландсат цуврал дагуулуудын хамгийн сайжруулсан хэлбэр бөгөөд 16 хоногийн цаг хугацааны шийдтэй. Уг дагуулыг 5.25 жилийн хугацаатай ашиглахаар төлөвлөж байгаа боловч дагуул дээрх түлшний хэмжээ нь 10 жилд хангалттай хүрэлцэхээр байгаа юм. Ландсат ЕТМ-тэй харьцуулбал олон бүсчлэлийн 11 сувгийн мэдээг хүлээн авах бөгөөд радиометрийн шийд нь 12 бит болон түүнээс дээш байна. Ландсат 8 дагуулын спектрийн болон орон зайн шийдийг Хүснэгт 5-д харуулав (*Амарсайхан, 2014*).

Суваг	Спектрийн шийд (микрон)	Орон зайн шийд (метр)
1	0.43 – 0.45	30
2	0.45 – 0.51	30
3	0.53 – 0.59	30
4	0.64 – 0.67	30
5	0.85 – 0.88	30
6	1.57 – 1.65	30
7	2.11 – 2.29	30
Панхроматик	0.50 – 0.61	15
9	1.36 – 1.38	30
10	10.60 – 11.19	100*(30)
11	11.50 – 12.51	100*(30)

3.3. МӨСТЛӨГИЙН ТАЛБАЙ БОЛОН ХУРИМТЛАЛЫН БҮСИЙН ТАЛБАЙГ ТООЦОХ АРГАЗҮЙ.

Мөстлөгийн судалгаанд талбай, эзлэхүүнээс гадна хуримтлал (accumulation zone) болон алдралын (ablation zone) бүс мөн тэнцлийн шугам (equilibrium line)-ыг тогтоох нь чухал ач холбогдолтой. Учир нь тэнцлийн шугамын шилжилтийн хэмжээгээр масс ихсэж, багасаж байгаа талаар мэдээллийг авч, ерөнхий дүгнэлт гаргаж болно. Өөрөөр хэлбэл тэнцлийн шугам дээш шилжвэл тухайн мөстлөгийн масс багасах, эсрэгээрээ

доош шилжвэл мөстлөгийн масс нэмэгдэх зүй тогтол ажиглагддаг. Гэхдээ энэ нь зөвхөн уулын мөстлөгт ажиглагддаг зүй тогтол юм.

2006 онд судлаач Эрдэнэтуяа болон Даваа нар Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгийн талбайг тодорхойлсон. Гэхдээ дээрх эрдэмтдийн ашигласан аргазүй нь NDSI (Normalized Difference Snow Index) буюу цасны нормчилсон индексийг ашиглаж мөстлөгийн талбайг тооцсон. Энэхүү арга нь мөстлөгийн талбайг тодорхойлох хялбар арга ч гэсэн бодолт хийсний дараа заавал water mask хийж усны талбай буюу гол болон нуурын талбайг хасаж өгөх шаардлагатай болдог. Учир нь NDSI-ээр бодолт хийсний дараа утга нь -1-ээс 1-ийн хооронд байх бөгөөд тэгээс дээш утга нь мөстлөг гэж авч үздэг. Гэвч тухайн тэгээс дээш утга дотор усны талбай давхар орсон байдаг.

Энэхүү судалгаанд арай өөр арга ашигласан нь NDPCSI (Normalized Difference Principal Component Snow Index) юм. Монголд өмнө нь энэ аргыг ашиглан судалгаа хийж байгаагүй юм. Уг арга нь өмнөх NDSI-ын аргыг бодвол мөстлөгийн талбайг шууд тодорхойлдоогоороо давуу талтай бөгөөд дараа нь нуур болон голын талбайг хасах шаардлагагүй юм. Тооцоолон гаргасан талбайд сургалтгүй ангилал хийсний дараа мөстлөгийн талбайг зураглан гаргана. Ингэж зураглахдаа 1990, 2000, 2010, 2016 онуудын Ландсат хиймэл дагуулын мэдээг ашиглан мөстлөгийн талбай болон хуримтлалын бүсийг тооцсон.

Тус судалгаанд мөстлөгийн талбай болон хуримтлалын бүсийг тооцоход Ландсат хиймэл дагуулын мэдээг ашигласан. Ийнхүү тооцоолохдоо Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, Landsat 8 OLI зэрэг сенсоруудын мэдээ мөн SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)-ны DEM (Digital Elevation Model) буюу өндрийн тоон загвар болон Ус Цаг Уур Орчны Шинжилгээний Газраас авсан агаарын температурын мэдээг тус тус ашигласан (Хүснэгт 5).

Хүснэгт 5. Судалгаанд ашигласан мэдээ, материалын хүснэгт..

Мэдрэгч	ID	Огноо	Орон зайн нягтшил (метр)
Ландсат 8 OLI	LC81410262016243LGN00	2016.08.31	30
Ландсат 7 ETM+	LE71410262010274SGS00	2010.10.02	30
Ландсат 7 ETM+	LE71420251998254SGS00	1998.09.11	30
Ландсат 5 TM	LT51420251992221BJC00	1992.08.10	30
Ландсат 8 OLI	LC81390282016253LGN00	2016.09.10	30

Ландсат 7 ETM+	LE71400282010235SGS00	2010.08.23	30
Ландсат 7 ETM+	LE71400282000240SGS00	2000.08.28	30
Ландсат 5 TM	LT51390281991216XXX03	1991.08.04	30
SRTM DEM (Digital Elevation Model)			90
Агаарын жилийн дундаж температур		1973-2013	

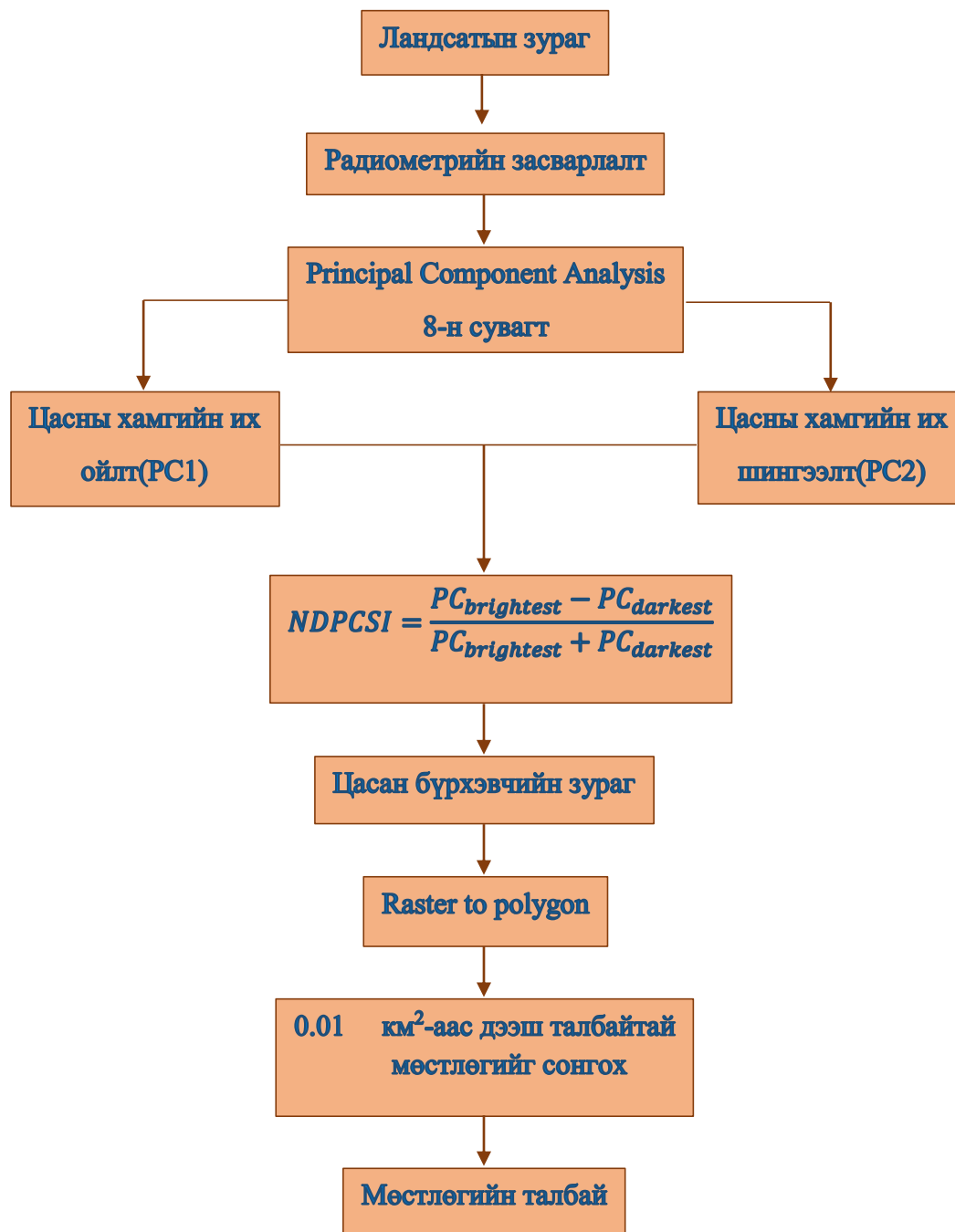
3.3.1. Мөстлөгийн талбайг тооцох аргазүй.

Дээрх хиймэл дагуулуудын зургуудыг эхний хэмжээнд ENVI 5.1 програм ашиглан радиометрийн засвар хийж бэлтгэсэн. Ийнхүү засварласан зургуудыг ARCGIS 10.2 програмын Principal Component (PC) хэрэглүүрийн тусламжтай тооцоолон гаргасан. Principal Component Analysis нь олон хэмжээст мэдээллийн хэмжээсийг чухал, хэрэгтэй мэдээллүүдийг алдалгүйгээр багасгаж өгдөг маш сайн аргазүй юм. Гэхдээ тооцоолол хийхийн өмнө аль долгионы уртууд (wavelengths) мөстлөгийн талбайг ангилахад чухал гэдгийг мэдэж авсан байх шаардлагатай (Pope and Rees, 2014).

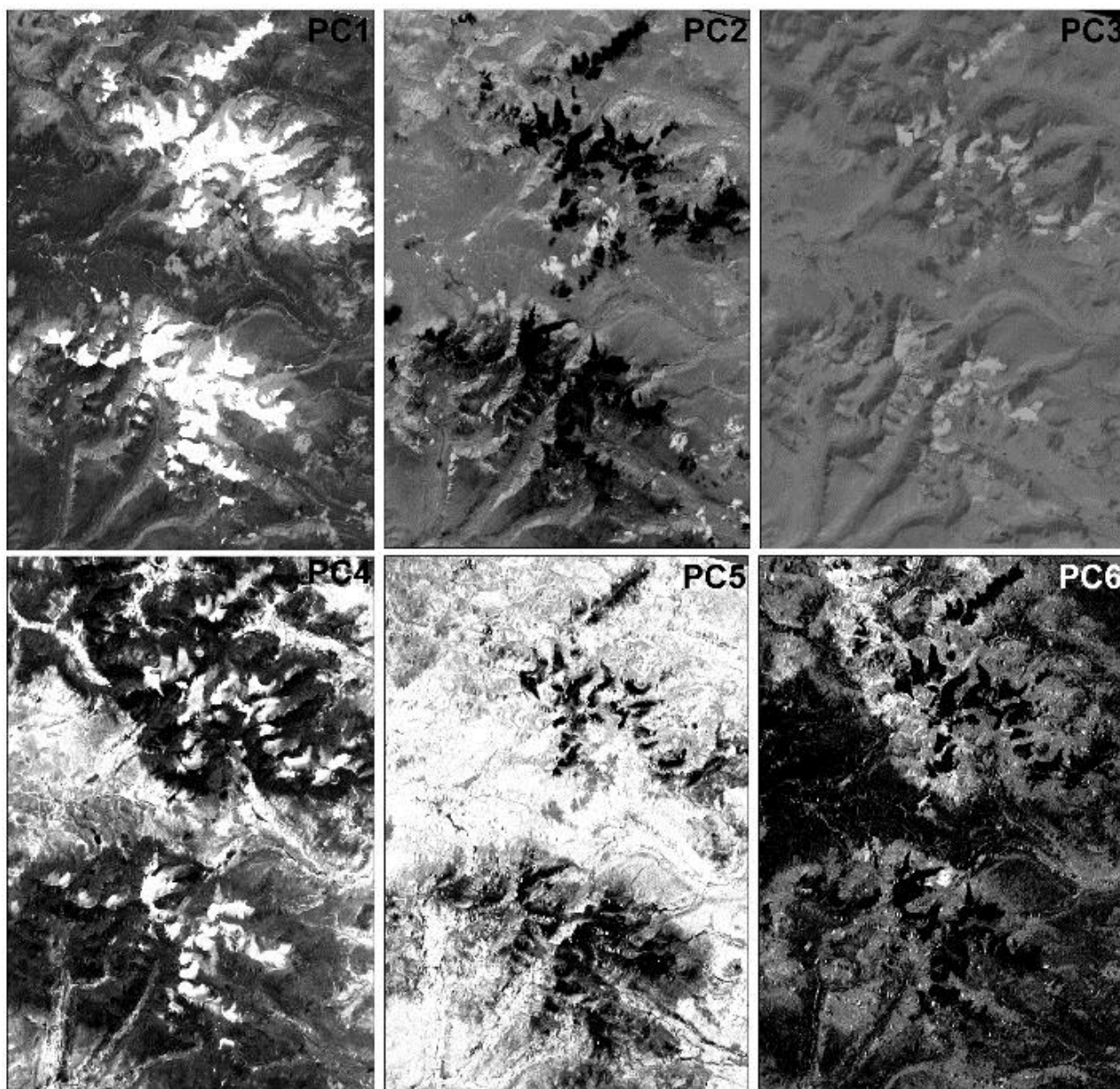
Ийнхүү бодолт хийхдээ бид Ландсат хиймэл дагуулийн 1-ээс 7 гэсэн сувгуудад бодолтоо хийсэн ба энэхүү бодолт хийх үйл явц нэлээд удаан үргэлжилдэг. Үүний дараа доорх томъёог ашиглан NDPCDI-ийн зургийг гаргаж авсан (Зураг 7).

$$NDPCSI = \frac{PC_{brightest} - PC_{darkest}}{PC_{brightest} + PC_{darkest}} \quad (1)$$

Дээрх томъёогоор бодохын тулд PC 1 болон PC 2-ыг ашигласан болно. Учир нь PC 1 нь цаснаас ойх ойлтыг хамгийн сайн гаргах бөгөөд PC 2 нь эсрэгээрээ цасанд шингэх шингэлтийг хамгийн сайн ялгаж өгсөн байдаг (Sibandze, 2014) (Зураг 8).



Зураг 7. Мөстлөгийн талбайг зураглах ерөнхий аргазүй.



Зураг 8. Principal Component 1-ээс 6 хүртэл бодолт хийлгэсэн зургууд, (PC1-brightest, PC2-darkest).

3.3.2. Хуримтлалын бүсийг тооцох аргазүй.

Хуримтлалын бүсийг тогтоохдоо зураг 6-д үзүүлсэн аргазүйгээр тооцоолсон цасан бүрхэвчийн зурагт сургалтгүй ангилал хийн гаргаж авсан. Цасан бүрхэвчийн зургийн утга нь хасах 1-ээс нэмэх 1-ийн хооронд хэлбэлзэх бөгөөд бид нэмэх 0.4-өөс дээш утгыг хуримтлалын бүс гэж авч үзэн, ангилсан.

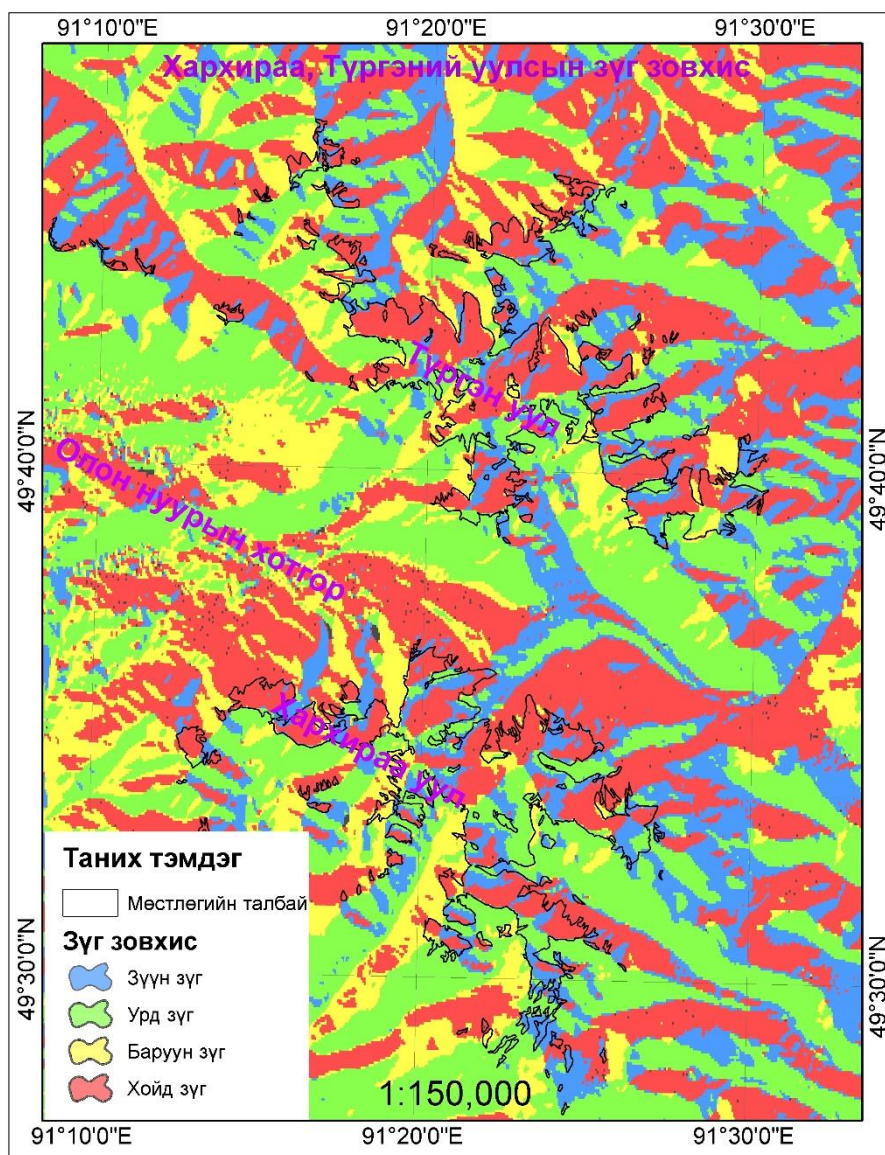
Олон улсад дээрх аргаар гарган авсан цасан бүрхэвчийн зургийг хэд хэд ангилсан байдаг. Жишээ нь: Pore болон Rees нар 2014 онд 10 ангилсан, Matheiu болон бусад 2009 онд 4 ангилсан, Caleb Pan 2015 онд 2 ангилсан байдаг. Бид энэхүү судалгаанд Caleb Pan-

ын аргазүйг ашигласан ангиллыг хийсэн. Учир нь тус судлаачийн судалгааны талбай Монгол улстай ойрхон буюу Киргизастан болон Тажикстаны нутагт орших Тэнгэр уул (Tien Shan)-ын салбар уулсад тархсан мөстлөгт судалгаагаа хийсэн. Энэ нь бидний Caleb Rap-ны аргазүйг нь сонгож авах гол үндэслэл болсон.

3.4. ЗҮГ ЗОВХИСЫГ ЯЛГАХ АРГАЗҮЙ.

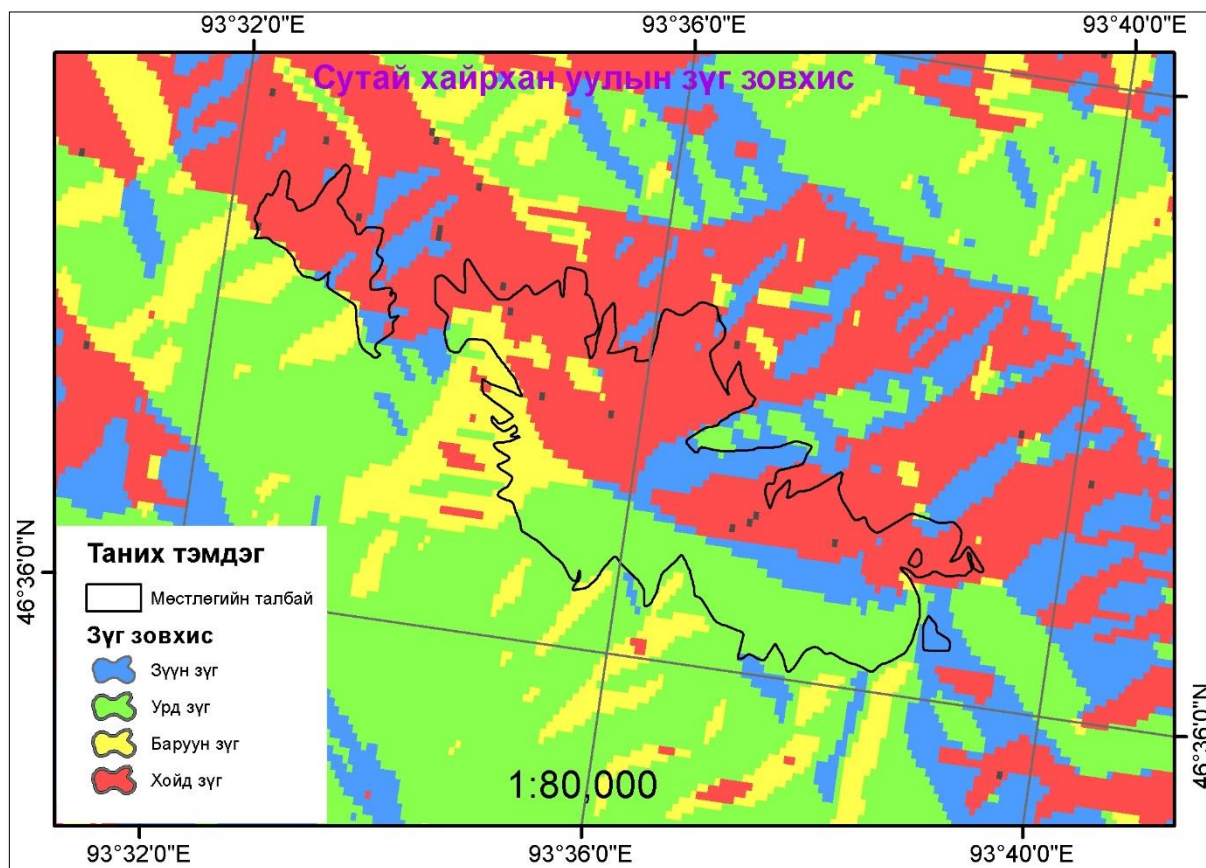
Судалгааны талбайд тархсан мөстлөгийн тархалтыг зүг зовхист хуваарилагдах байдлаар нь тооцож үзэхийн тулд бид эхлээд мөстлөг тархсан талбай орчмын зүг зовхисыг тооцож гаргах шаардлагатай болсон.

Ийнхүү тооцож гаргахын тулд бид SRTM-ын 90 метрийн нарийвчлалтай DEM буюу өндрийн тоон загварыг ARCGIS 10.2 програм хангамжийн Aspect хэрэглүүрийн



Зураг 9. Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөг зүг зовхист хуваарилагдах байдлын зураг.

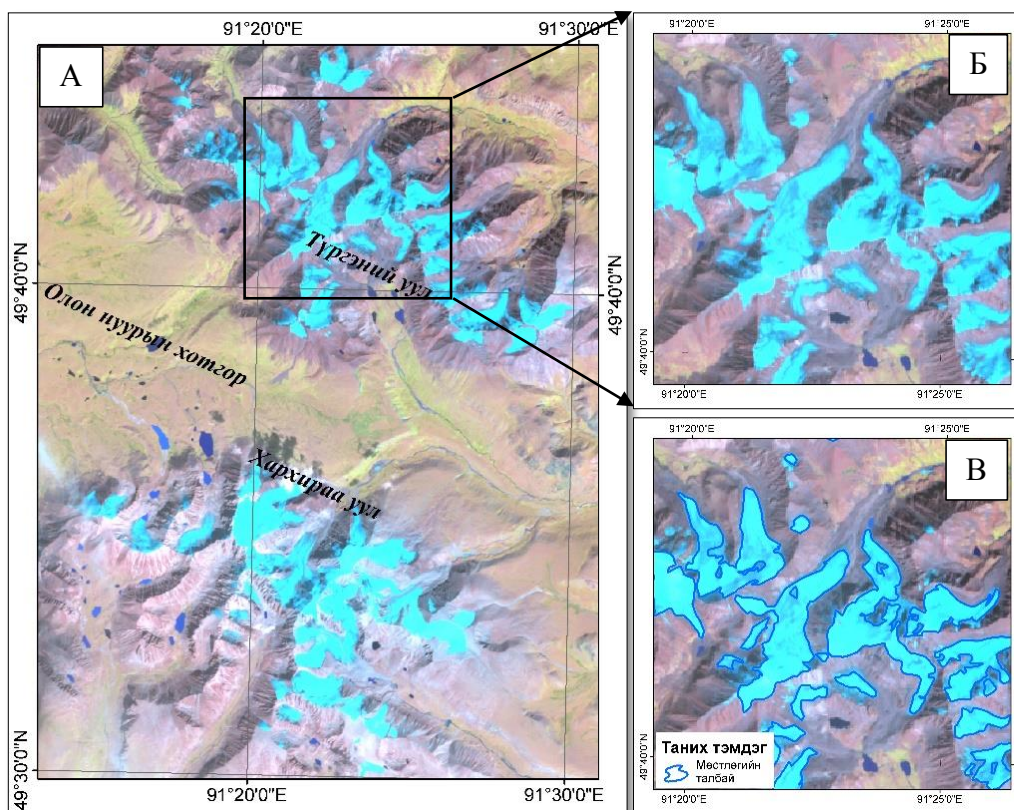
тусламжтай бодолт хийлгэн тооцоолж гаргасан. Ингэж тооцоолохдоо 45 градусаас 135 градус хүртэл зүүн зүг, 135 градусаас 225 градус хүртэл урд зүг, 225 градусаас 315 градус хүртэл баруун зүг, 315-аас 45 градус хүртэл хойд зүг гэж тус тус авч үзсэн (Зураг 9, 10).



Зураг 10. Сутай хайрхан уулын мөстлөг зүг зовхист хувиарлагдах байдлын зураг.

4.1. ҮР ДҮНГИЙН ШАЛГАЛТ.

Зураг 11-аас харахад тооцоолон гаргасан мөстлөгийн талбай болон Ландсат 5 ТМ-ын 5, 4, 3-р сувгуудыг ашиглан гаргасан дундын нил улаан туяаны хослол хоёрын таарц сайн байгаа нь харагдаж байна.



Зураг 11. А-Ландсат 5 хиймэл дагуулаас гаргаж авсан дундын нил улаан туяаны хослолын зураг. Б-Мөстлөгийн талбайн таарцыг шалгахад сонгож авсан талбай. В-Дундын нил улаан туяаны хослол болон мөстлөгийн талбайг давхиүүлсан байдал.

Хүснэгт 6. Тооцоолон гаргасан мөстлөгийн талбайд харгалзах пикселийн тоо болон дундын нил улаан туяаны хослолын мөстлөгтэй талбайн пикселийн тооны хоорондын зөрүүг харуулсан хүснэгт.

Хархираа, Түргэний уулс			
Он	Тооцоолон гаргасан мөстлөгийн талбайн пикселийн тоо	Дундын нил улаан туяаны мөстлөгтэй талбайн пикселийн тоо	Хоорондын зөрүү
1992	122942	125887	2945
1998	102539	104671	2132
2000	51806	52940	1134
2016	49824	49958	134
Сутай хайрхан уул			
1991	16082	16258	176
2000	13624	13760	136
2010	13234	13450	216
2016	13454	13510	56

Мөстлөгийн талбайн алдаа нь хэт бага талбайг хасах, мөн буруу ангилал хийх, өөр өөр нягтаршилтай зураг ашиглах зэргээс болж гардаг (Nuth, 2013).

Энэхүү гарсан алдааг доорх томъёогоор тооцож гаргадаг. Үүнд: E_i -полигон болгосон мөстлөгийн талбайн утга, E_{i1} -зургийн нягтаршлийг мөстлөгийн пикселийн тоогоор үржиж гаргасан талбай (Racoviteanu, 2015; Bolch, 2010).

$$E = \sqrt{E_i - E_{i1}^2} \quad (2)$$

Ийнхүү дээрх томъёог ашиглан мөстлөгийн талбайн алдааг тооцож үзэхэд Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгийн талбайн алдаа 1992 онд $\pm 2.4 \text{ км}^2$, 1998 онд $\pm 4 \text{ км}^2$, 2010 онд $\pm 0.9 \text{ км}^2$, 2016 онд $\pm 0.6 \text{ км}^2$ тус тус байсан бол Сутай хайрхан ууланд 1991 онд $\pm 0.6 \text{ км}^2$, 2000 онд $\pm 0.7 \text{ км}^2$, 2010 онд $\pm 0.7 \text{ км}^2$, 2016 онд $\pm 0.5 \text{ км}^2$ гэж гарсан.

Мөн мөстлөгийн талбайн алдаа нь тооцоолж гаргасан мөстлөгийн талбайн 5%-аас бага байвал маш сайн, 5-аас 10% байвал сайн, 10-аас 15% байвал дунд, 15%-иас дээш байвал муу гэж тус тус үздэг (Lynch, 2016). Харин энэхүү судалгаанд Хархираа, Түргэн уулын хувьд 1992 онд 2.1%, 1998 онд 4.2%, 2010 онд 2.0%, 2016 онд 1.4% байсан бол Сутай хайрханд 1991 онд 4.4%, 2000 онд 5.3%, 2010 онд 5.9%, 2016 онд 4.1% тус тус гарсан.

Энэхүү судалгаагаар тооцоолж гаргасан мөстлөгийн талбайн алдааны хувь нь 1.4-өөс 5.9% байсан учир цаашид судалгаагаа үргэлжлүүлэхэд хангалттай гэж үзсэн.

**4.2. МӨСТЛӨГИЙН ТАЛБАЙ БОЛОН ХУРИМТЛАЛЫН БҮСИЙН ТАЛБАЙН
ӨӨРЧЛӨЛТ.**

Энэхүү судалгаагаар бид Хархираа, Түргэний уулс болон Сутай хайрхан уулын мөстлөгийн талбайн өөрчлөлтийг он оноор тооцож хооронд нь харьцуулалт судалгаа хийхээр оролдсон.

Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгийн талбайн өөрчлөлтийг 1992, 1998, 2010, 2016 онд тус тус тооцоолон гаргасан бол Сутай хайрхан уулын мөстлөгийн талбайг 1991, 2000, 2010, 2016 онуудад зураглан гаргасан.

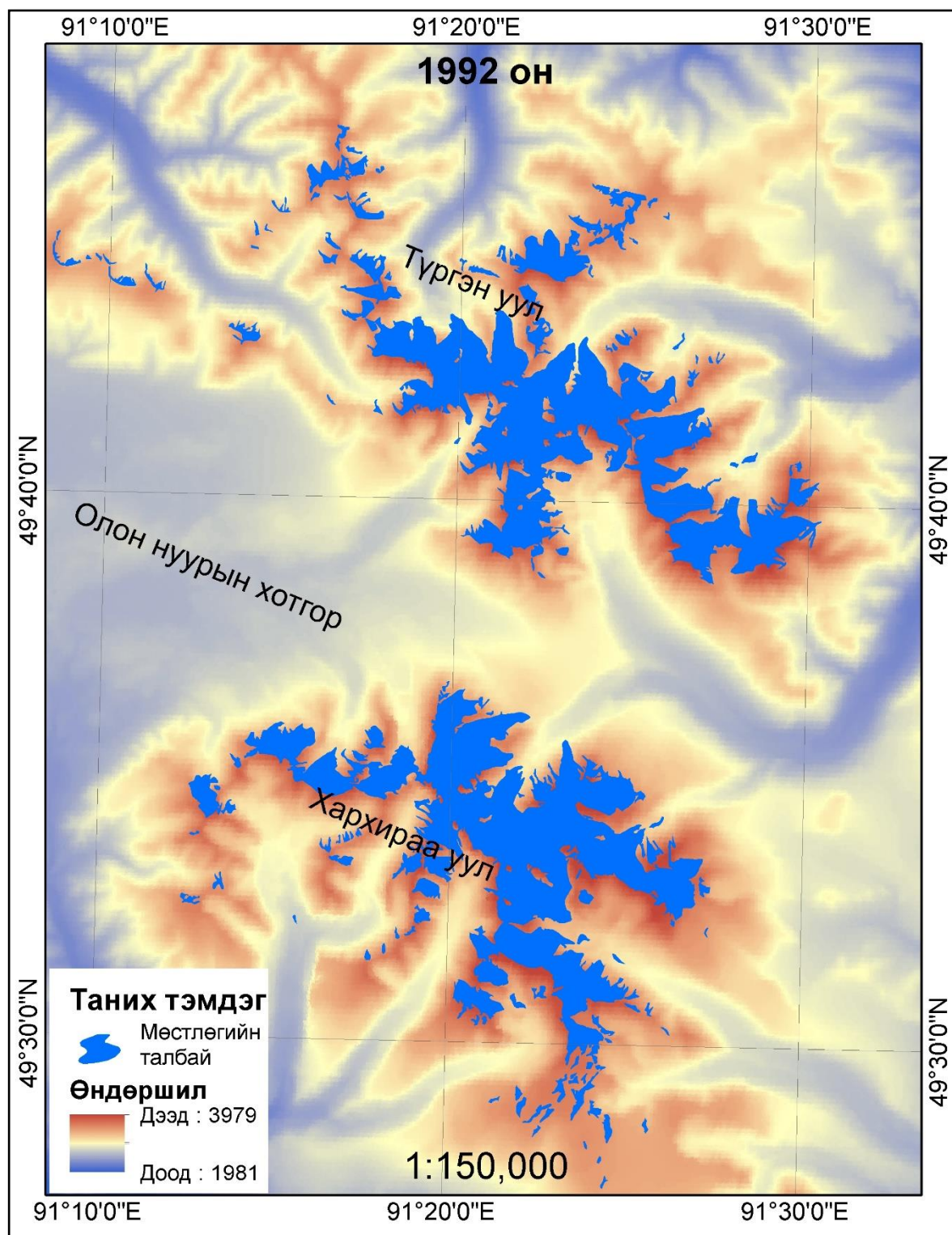
Хүснэгт 7. Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгийн талбайн өөрчлөлтийг харуулсан хүснэгт.

Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгийн талбайн өөрчлөлт (км ²)					
	1992	1998	2010	2016	Нийт
Нийт талбай	112.5	95.8	47.1	43.7	68.8
Хуримтлалын бүс	48.2	27.8	20.1	10.2	38
Алдралын бүс	64.3	68	27	33.5	30.8
ELA	3491м	3538м	3544м	3558м	67м
Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгийн талбайн өөрчлөлт (%)					
		1992-1998	1998-2010	2010-2016	1992-2016
Нийт талбай		-14.9%	-50.9%	-7.1%	-61.2%
Хуримтлалын бүс		-42.4%	-27.7%	-49.1%	-78.8%

Хүснэгт 8. Сутай хайрхан уулын мөстлөгийн талбайн өөрчлөлтийг харуулсан хүснэгт.

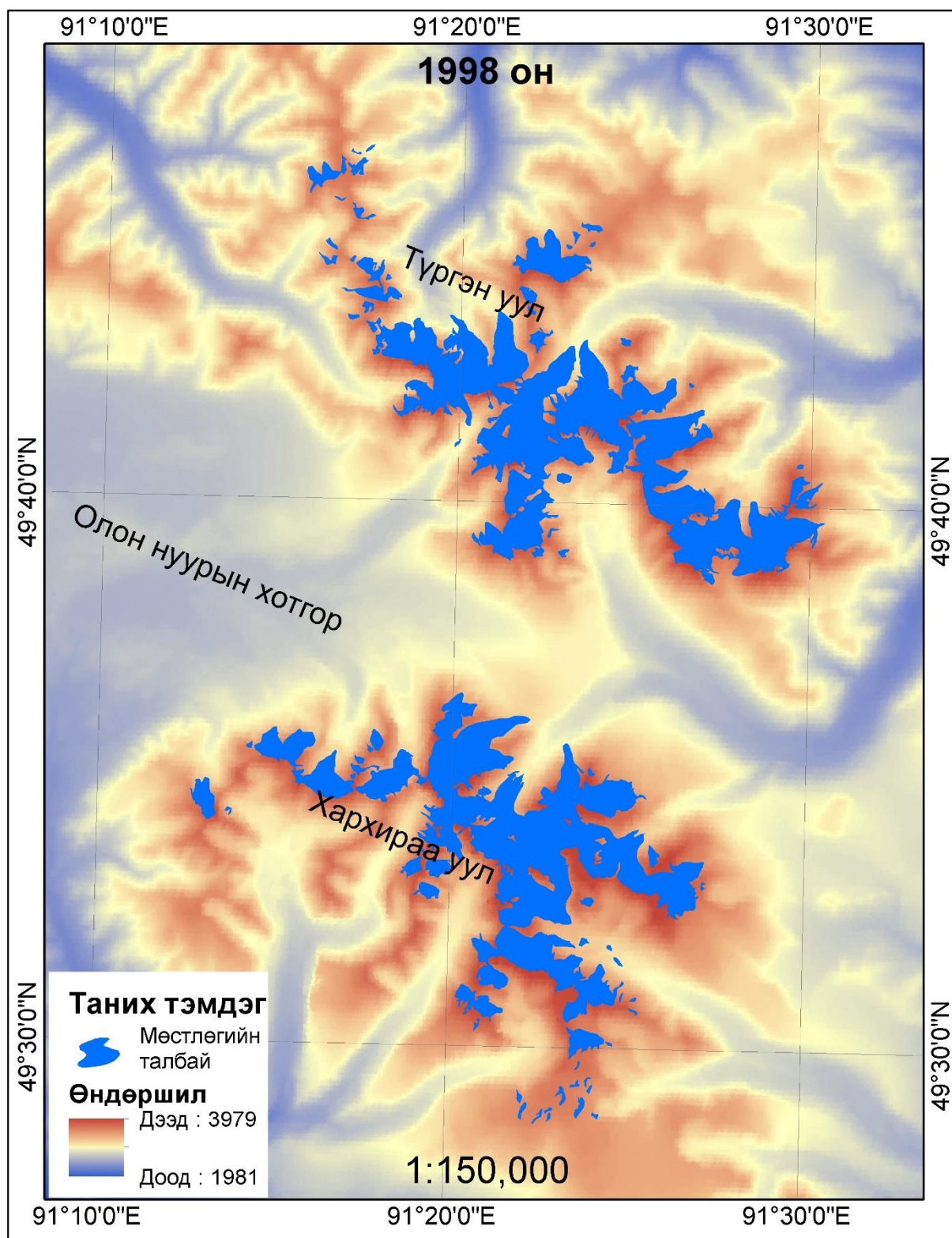
Сутай хайрхан уулын мөстлөгийн талбайн өөрчлөлт (км ²)					
	1991	2000	2010	2016	Нийт
Нийт талбай	14.6	12.4	12.1	12.1	2.5
Хуримтлалын бүс	9.3	9	8.8	8	1.4
Алдралын бүс	5.3	3.4	3.3	4.1	1.2
ELA	3786м	3805м	3821м	3833м	47м
Сутай хайрхан уулын мөстлөгийн талбайн өөрчлөлт (%)					
		1991-2000	2000-2010	2010-2016	1991-2016
Нийт талбай		-15.1%	-2.6%	0.6%	-17.2%
Хуримтлалын бүс		-3.7%	-2.5%	-9.2%	-17.2%

1992 онд Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгийн нийт талбай 112.5 км² байсан бөгөөд 133 ширхэг мөстлөг тархсан байжээ (Зураг 12).



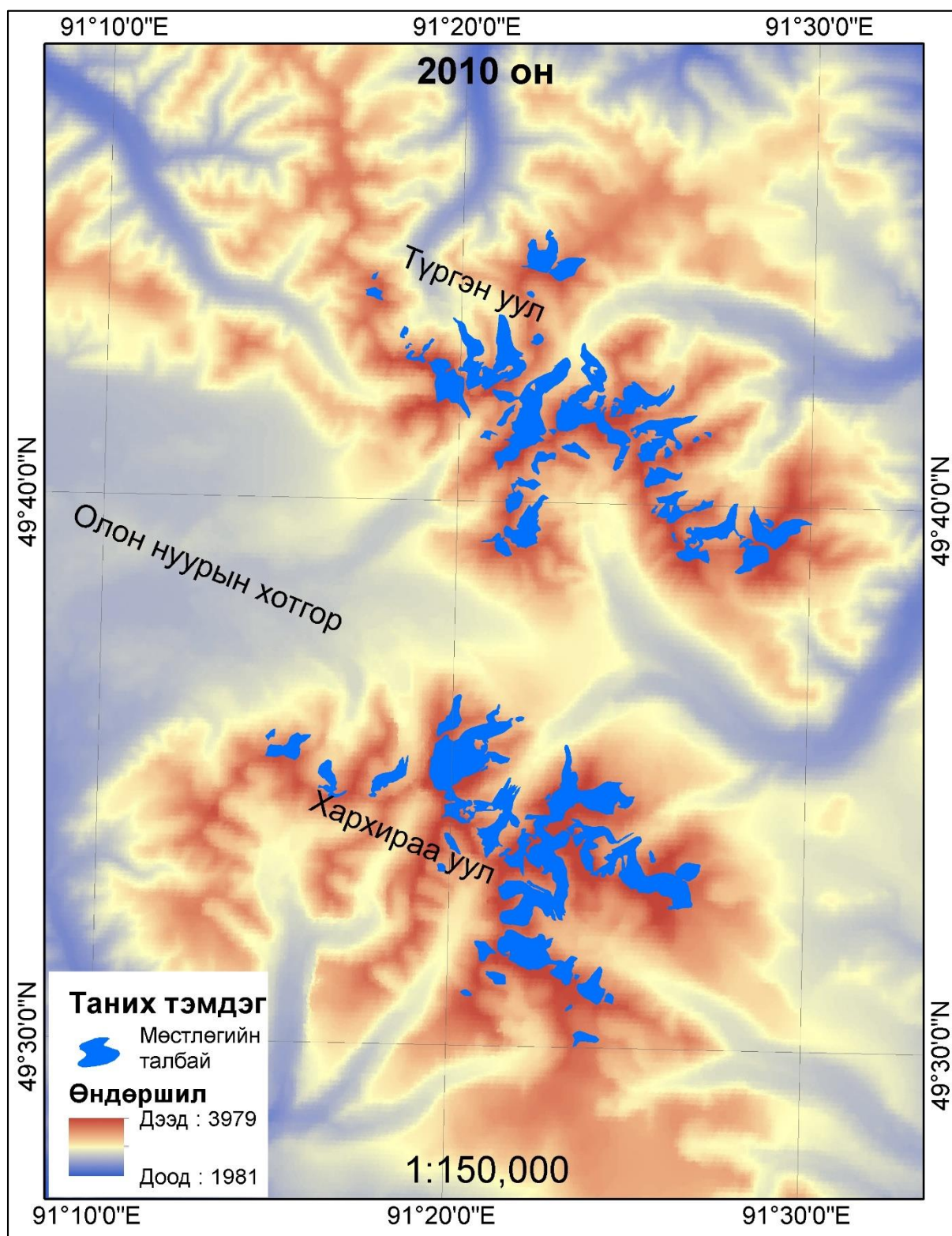
Зураг 12. Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгийн талбай 1992 он.

Харин 1998 онд Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгийн нийт талбай 93 км² болж буурсан бөгөөд 71 ширхэг мөстлөг тархсан байжээ (Зураг 13).



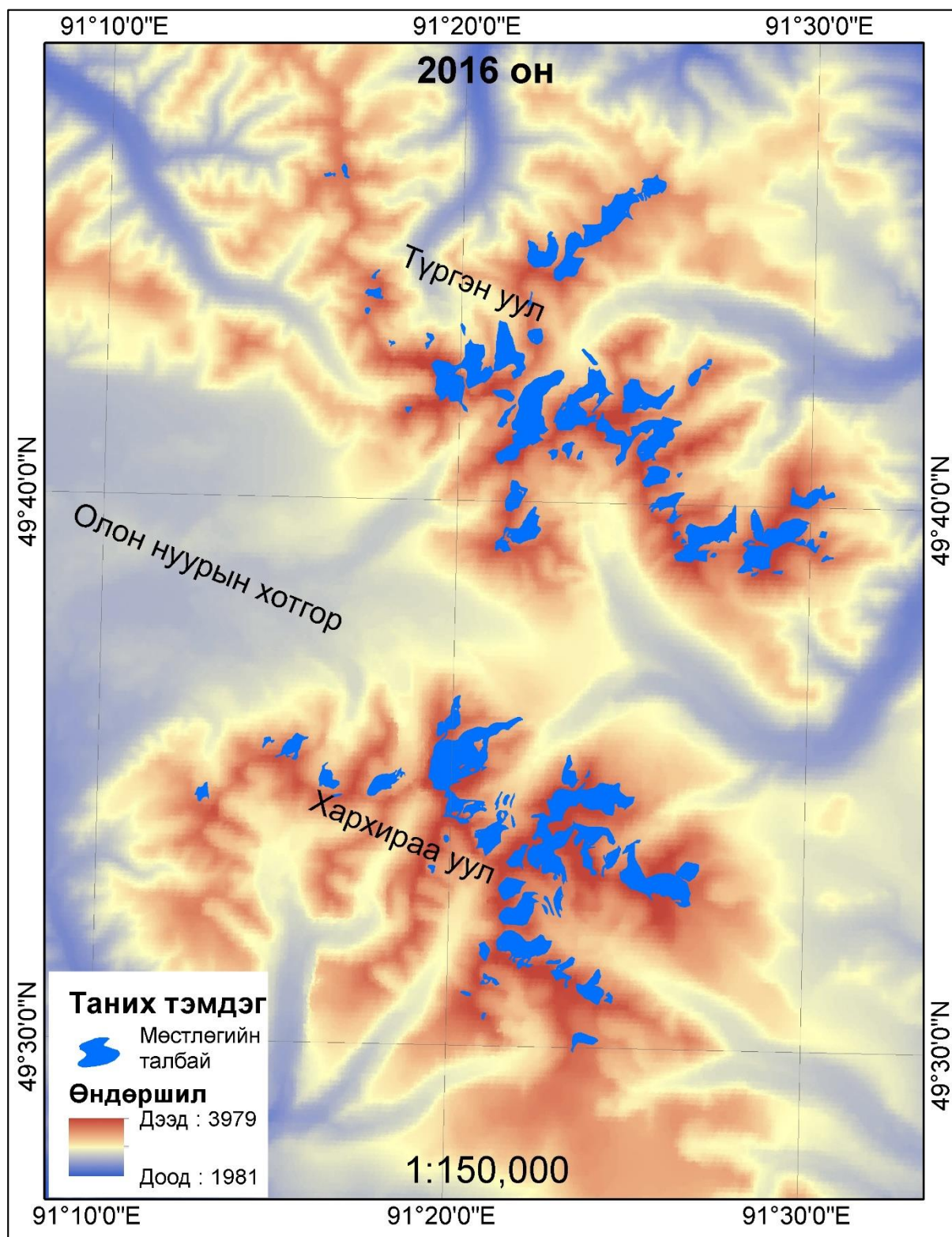
Зураг 13. Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгийн талбай 1998 он.

2000 оны хувьд Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгийн нийт талбай 47.4 км^2 болж, мөстлөгийн тоо ч мөн 53 болж буурсан үр дүн гарсан (Зураг 14).



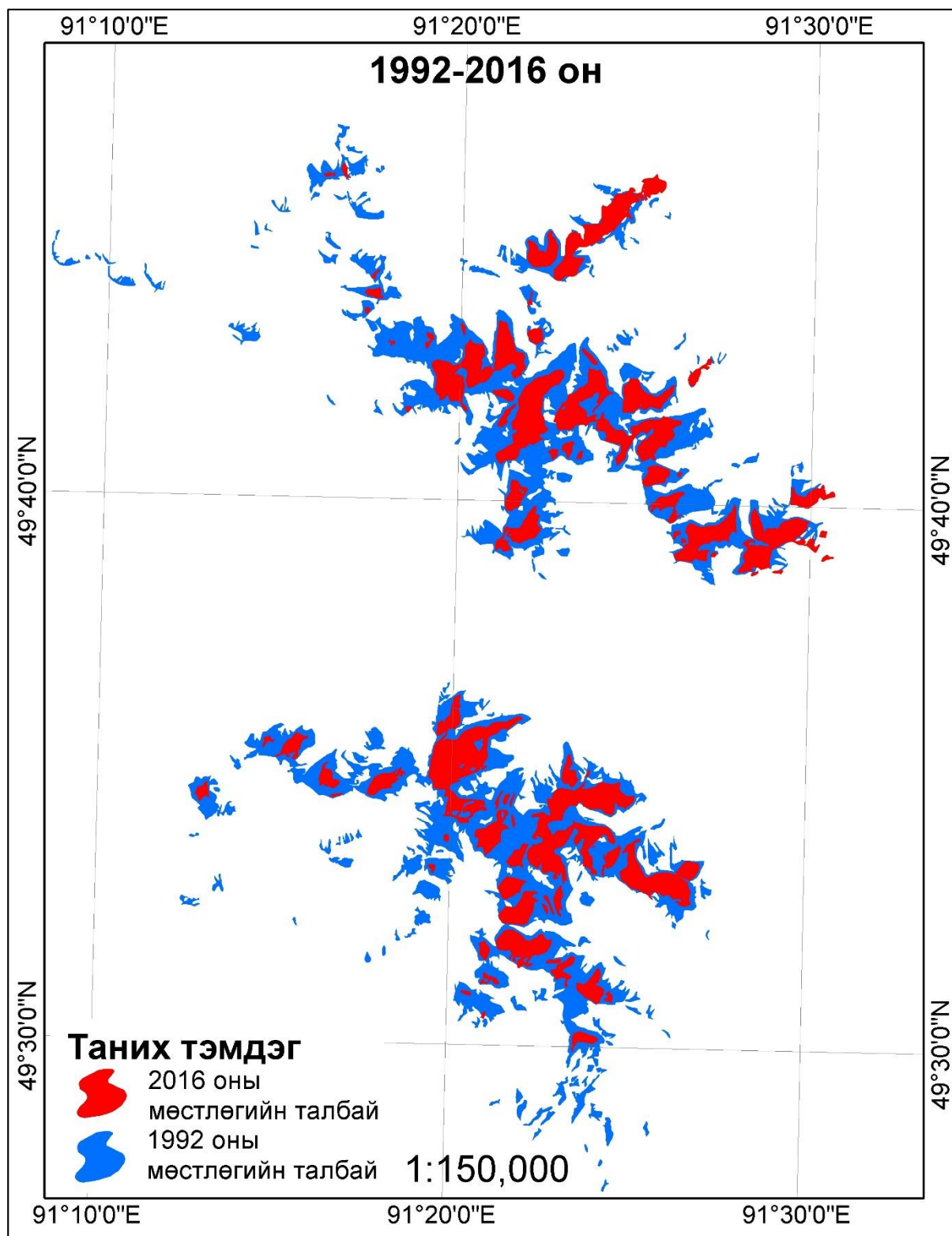
Зураг 14. Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгийн талбай 2010 он.

2016 онд Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгийн нийт талбай 43.7 км^2 байсан бол мөстлөгийн тоо 77 ширхэг байжээ (Зураг 15).

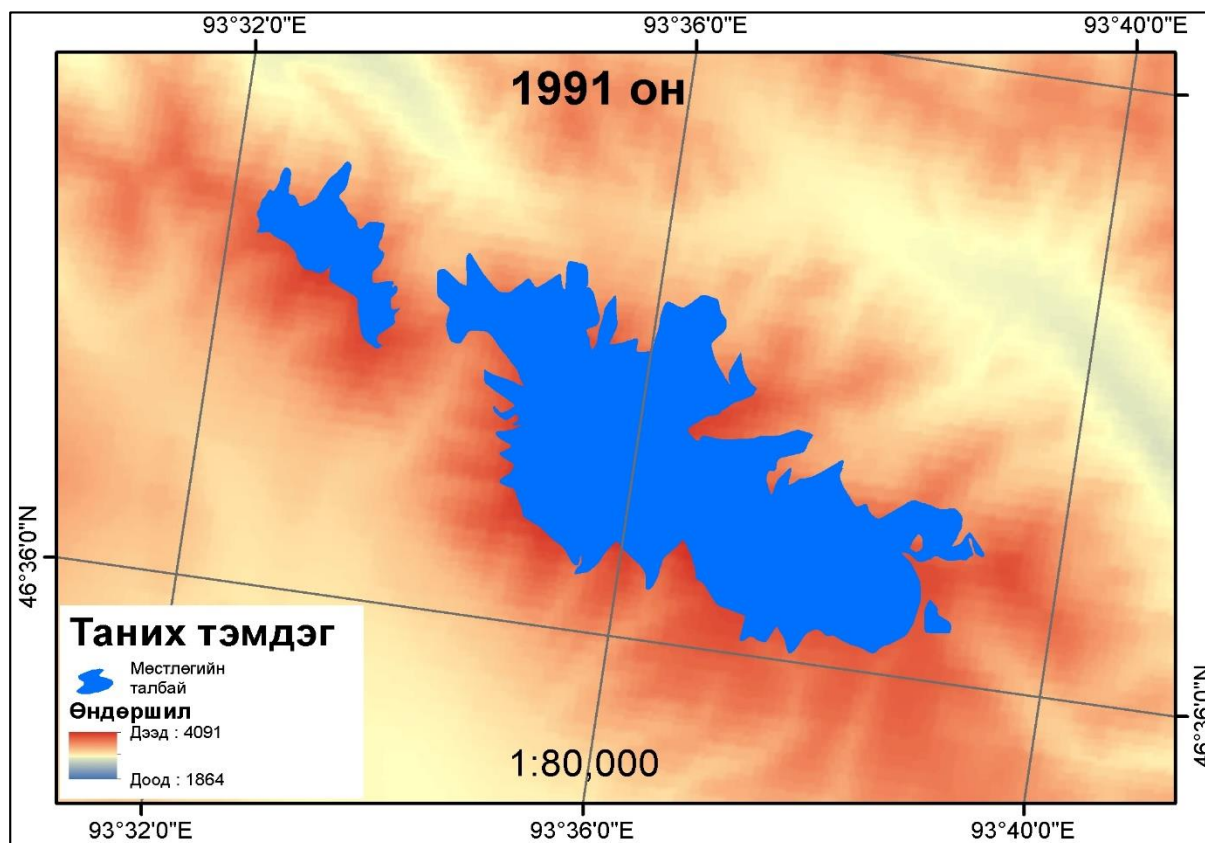


Зураг 15. Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгийн талбай 2016 он.

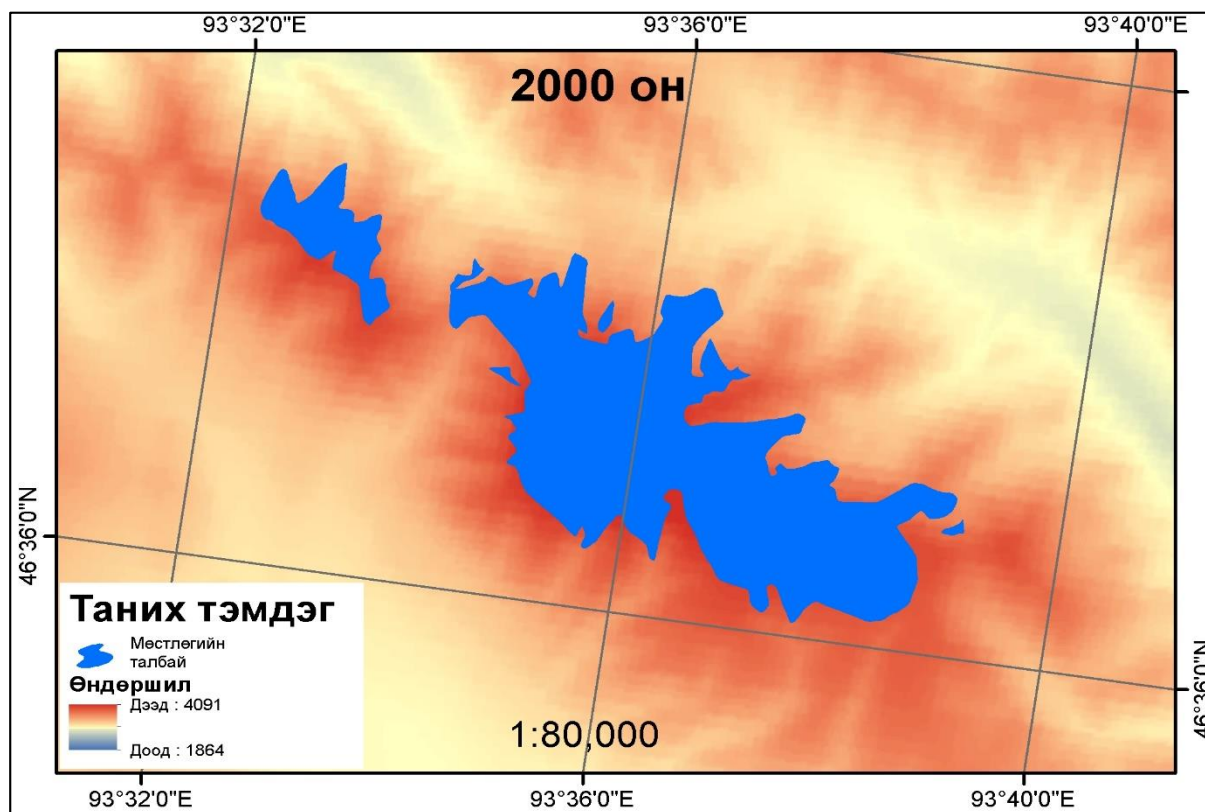
Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгийн нийт талбай 1992-оос 2016 оны хооронд 68.8 км²-аар багассан бөгөөд үүнийг хувиар илэрхийлбэл 61.2%-иар буурсан байна. (Зураг 16).



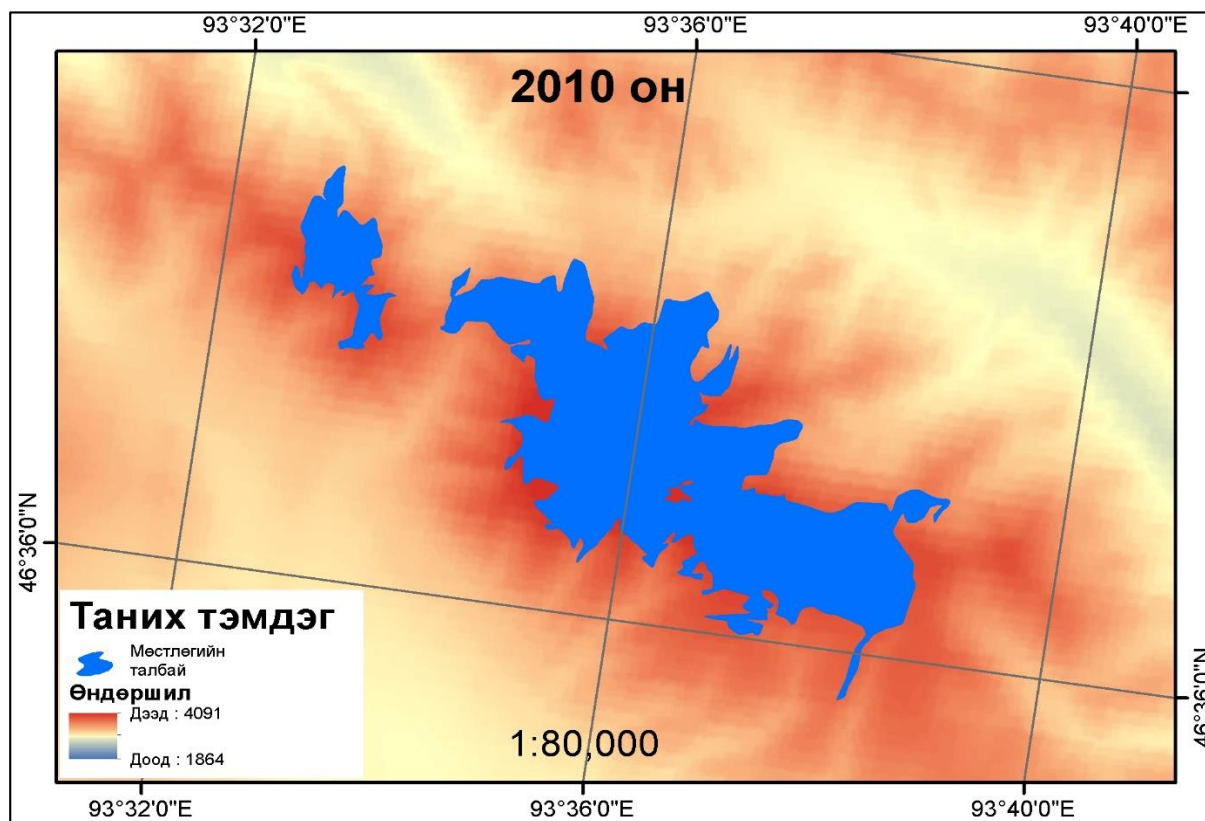
Зураг 16. Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгийн талбайн өөрчлөлт 1992 оноос 2016 оны хооронд.



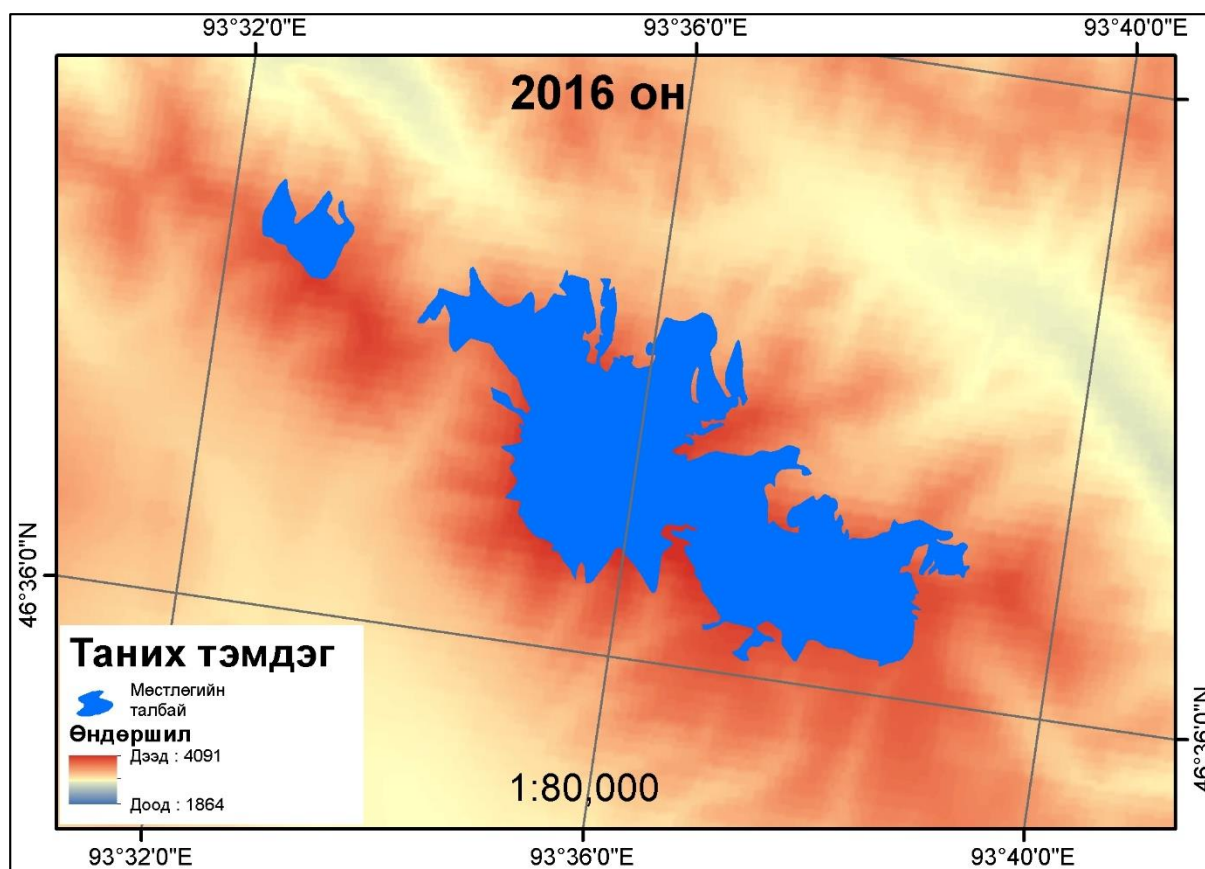
Зураг 17. Сутай хайрхан уулын мөстлөгийн талбай 1991 он.



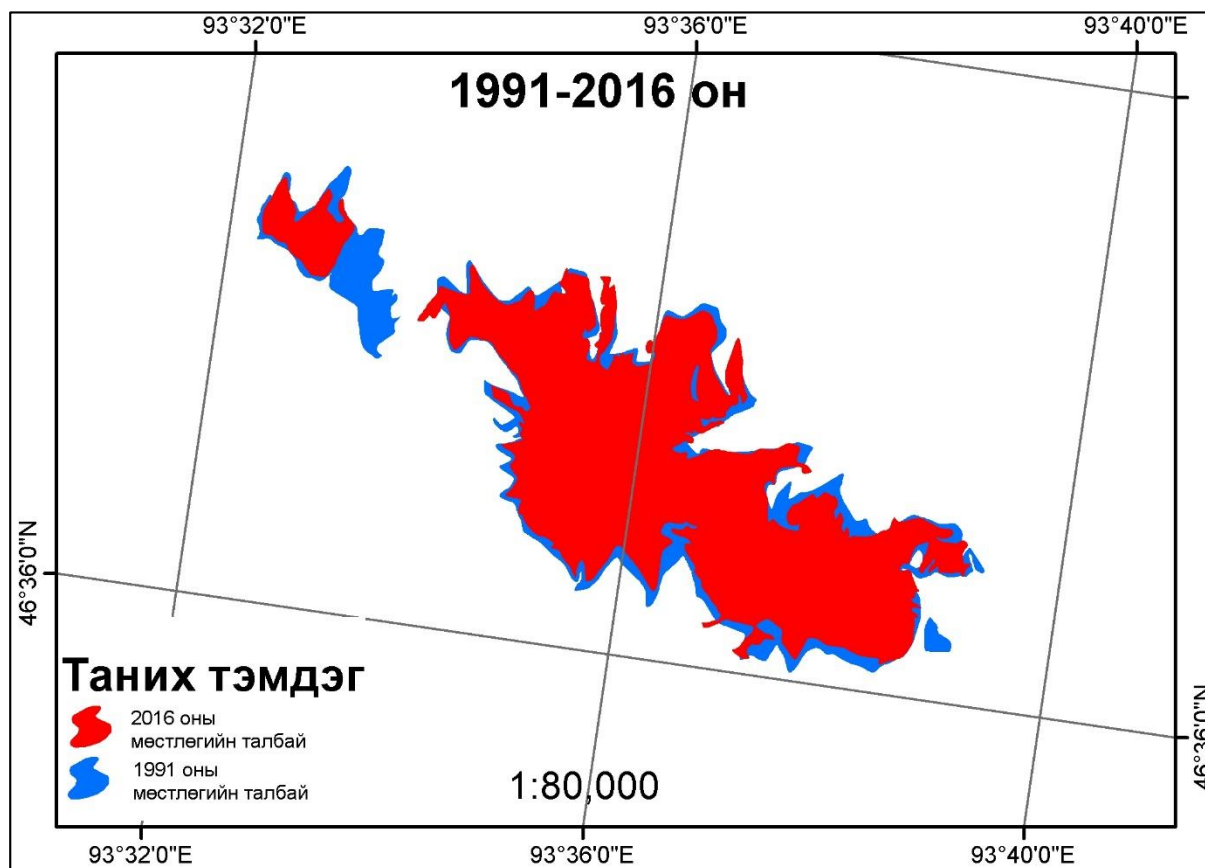
Зураг 18. Сутай хайрхан уулын мөстлөгийн талбай 2000 он.



Зураг 19. Сутай хайрхан уулын мөстлөгийн талбай 2010 он.



Зураг 20. Сутай хайрхан уулын мөстлөгийн талбай 2016 он.



Зураг 21. Сутай хайрхан уулын мөстлөгийн талбайн өөрчлөлт 1991 оноос 2016 оны хооронд.

Судалгааны үр дүнгээс харахад Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөг нь 1992 онд 112.5 км², 1998 онд 93 км², 2010 онд 47.4 км², 2016 онд 43.7 км² болж тус тус буурсан байна. Энэ бууралтыг хувиар илэрхийлбэл 1992 оноос 1998 оны хооронд 16.9%-иар, 1998 оноос 2010 оны хооронд 49.3%-иар, 2010 оноос 2016 оны хооронд 7.8%-иар тус тус буурсан байна. Нийт 1992-оос 2016 оны хооронд мөстлөгийн талбай нь 61.2%-иар буурсан гэсэн үр дүн гарсан. Мөн хамгийн эрчимтэй буурсан жил нь 1998-аас 2010 оны хооронд ажиглагдаад байна (Хүснэгт 7, Зураг 12-ээс 16).

Харин Сутай хайрхан уулын хувьд 1991 онд мөстлөгийн талбай 14.6 км², 2000 онд 12.4 км², 2010 онд 12.1 км², 2016 онд мөн 12.1 км² болж тус тус өөрчлөгдсөн. Хувиар авч үзвэл 1991 оноос 2000 оны хооронд 15.1%-иар, 2000 оноос 2010 оны хооронд 2.6%-иар, 2010 оноос 2016 оны хооронд 0.6%-иар тус тус буурсан бөгөөд нийт 1991 оноос 2016 оны хооронд Сутай хайрхан уулын мөстлөгийн талбай 16.9%-иар буурсан гэсэн үр дүн гарсан. Мөн хамгийн их буурсан жил нь 1991 оноос 2000 оны хооронд ажиглагдсан (Хүснэгт 8, Зураг 17-аас 21).

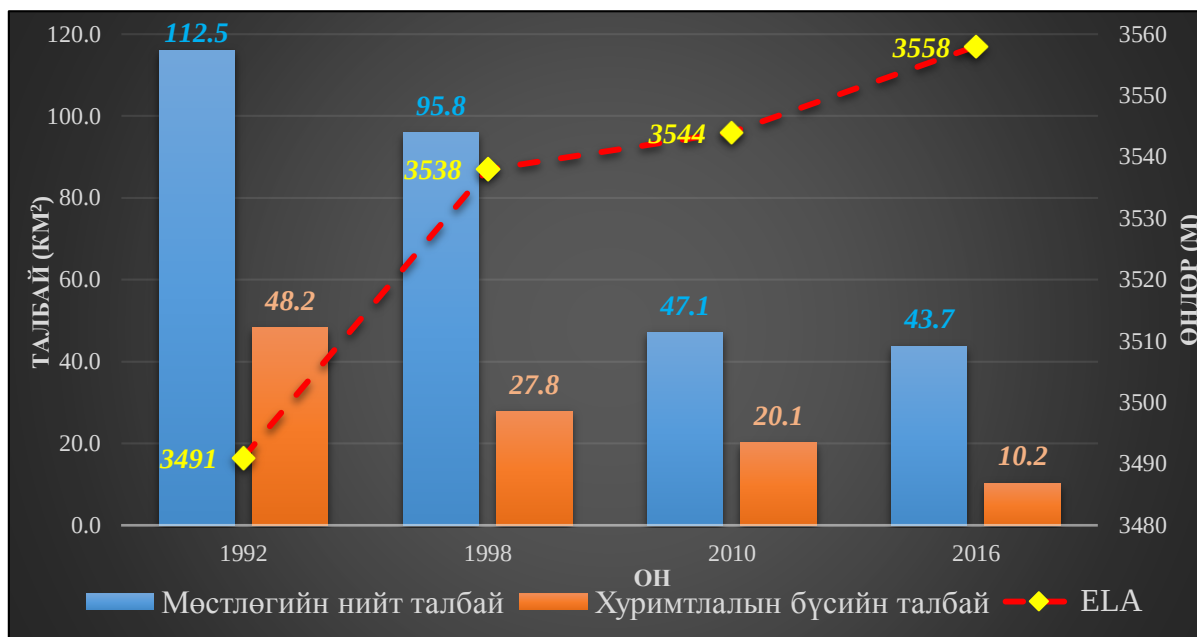


График 3. Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгийн талбай, хуримтлалын бүс болон тэнцлийн шугамын өндрийн өөрчлөлтийг харуулсан график.



График 4. Сутай хайрхан уулын мөстлөгийн талбай, хуримтлалын бүс болон тэнцлийн шугамын өндрийн өөрчлөлтийг харуулсан график.

Хүснэгт 9. Хархираа, Түргэн болон Сутай хайрхан уулсын тэнцлийн шугамын өндрийн өөрчлөлтийг харуулсан хүснэгт.

Тэнцлийн шугамын өндрийн өөрчлөлт он оноор (метр)					
	1992-1998	1998-2010	2010-2016	Нийт	Нэг жилд
Хархираа, Түргэн	47м	6м	14м	67м	2.8м
	1991-2000	2000-2010	2010-2016	Нийт	Нэг жилд
Сутай хайрхан уул	19м	16м	12м	47м	1.8м

Дээрх хүснэгтээс харахад Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгийн тэнцлийн шугамын өндрийн өөрчлөлт нь 1992-оос 1998 оны хооронд 47 метр, 1998-аас 2010 оны хооронд 6 метр, 2010-аас 2016 оны хооронд 14 метр тус тус байсан ба нийт 1992-оос 2016 оны хооронд 67 метрээр дээш шуугдсан буюу жилд дунджаар 2.8 метрээр дээш шуугдаж байсан гэсэн үр дүн гарсан. Харин Сутай хайрхан уулын хувьд 1991-ээс 2000 оны хооронд 19 метр, 2000-аас 2010 оны хооронд 16 метр, 2010-аас 2016 оны хооронд 12 метрээр тус тус дээш шуугдсан бөгөөд нийт 1991-ээс 2016 оны хооронд 47 метрээр дээш шуугдаж, жилд дунджаар 1.8 метрээр шуугдаж байна гэсэн зүй тогтол харагдаж байна (Хүснэгт 9).

Мөн Хархираа, Түргэний уулсад мөстлөгийн талбай нь оноос онд бууралттай гарсан ба Сутай хайрхан уулын хувьд 2010-аас 2016 оны хооронд бараг бууралтгүй гарсан. Гэвч дээрх онуудад хуримтлалын бүсийн талбайн хэмжээ 0.8 км²-аар буурсан байна. Энэ нь талбайн хэмжээ буураагүй ч мөстлөгийн эзлэхүүний хэмжээ буурсан гэж ойлгож болно (График 3, 4).

4.2.1. Мөстлөгийн талбай зүг зовхисоор өөрчлөгдсөн байдал.

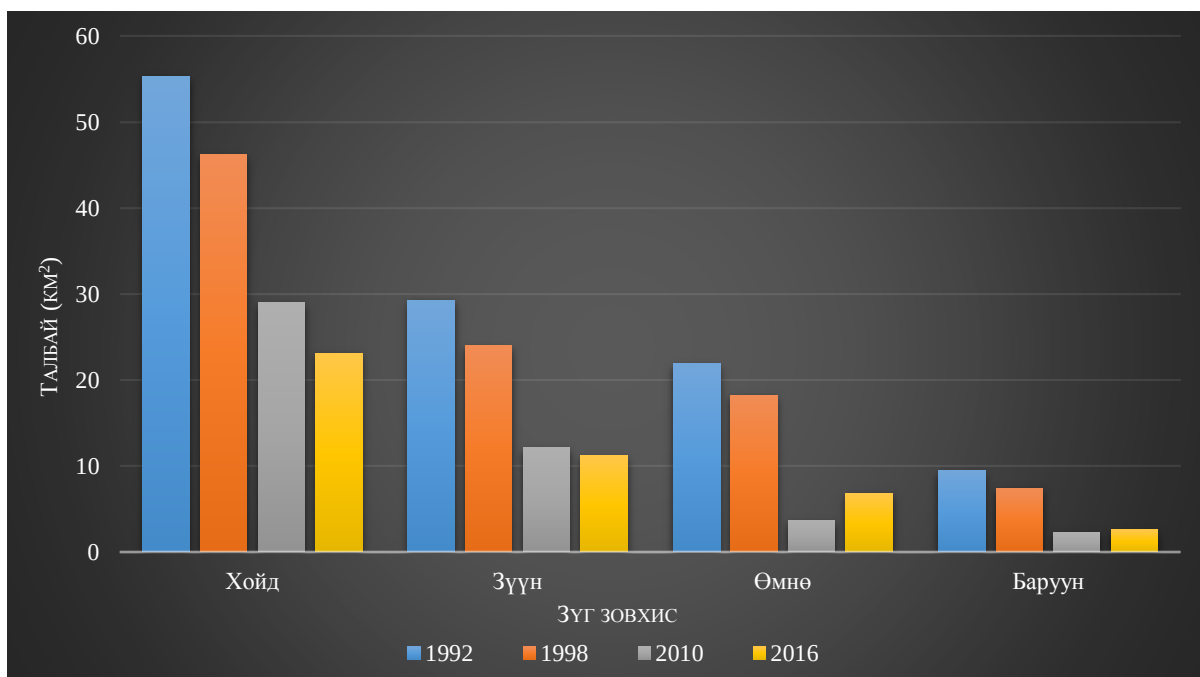


График 5. Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгийн талбай зүг зовхист хуваарилагдах байдал он оноор.

Хүснэгт 10. Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгийн талбай зүг зовхист хуваарилагдах байдлыг харуулсан хүснэгт.

Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгийн талбайн өөрчлөлт зүг зовхисоор (км²)					
	1992	1998	2010	2016	Нийт
Хойд	55.3	46.2	29	23.1	22.2
Зүүн	29.3	24.0	12.1	11.2	18.1
Өмнө	21.9	18.2	3.6	6.8	15.1
Баруун	9.5	7.4	2.3	2.6	6.9
Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгийн талбайн өөрчлөлт зүг зовхисоор (%)					
		1992-1998	1998-2010	2010-2016	Нийт
Хойд		-16.5%	-37.2%	-20.3%	-58.2%
Зүүн		-18.0%	-49.4%	-7.9%	-61.8%
Өмнө		-16.7%	-80.1%	88.7%	-68.7%
Баруун		-21.9%	-68.9%	12.6%	-72.7%

Дээрх графикаас харахад Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөгийн талбайг зүг зовхисын хувьд авч үзвэл нийт мөстлөгийн тавь орчим хувь нь хойд зүгт тархсан байх бөгөөд үлдсэн нь зүүн, баруун болон өмнө зүгт тархсан байна (График 5). Харин мөстлөгийн алдралыг зүг зовхисоор 1992-оос 2016 оны хооронд авч үзвэл хойд зүгийн мөстлөгийн талбай 22.2 км², зүүн зүгийн талбай 18.1 км², өмнө зүгийн мөстлөг 15.1 км²,

баруун зүгийн мөстлөг 6.9 км²-аар тус тус буурсан байна. Харин дээрх бууралтыг хувиар авч үзвэл хойд зүгийн мөстлөгийн талбай 1992-оос 2016 оны хооронд 58.2 хувиар, зүүн зүгийн мөстлөг 61.8 хувиар, өмнө зүгийн мөстлөг 68.7 хувиар, баруун зүгийн мөстлөг хамгийн их буюу 72.7 хувиар буурсан гэсэн үр дүн гарсан байна (Хүснэгт 10).

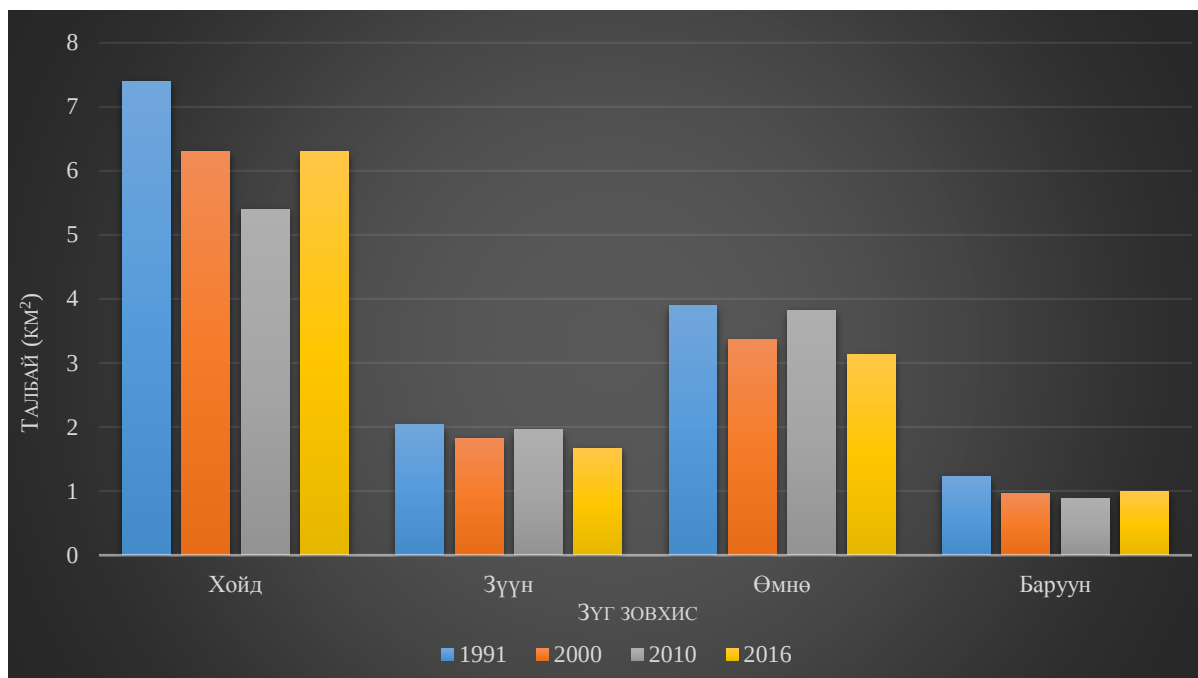


График 6. Сутай хайрхан уулын мөстлөгийн талбай зүг зовхист хуваарилагдах байдал он оноор.

Хүснэгт 11. Сутай хайрхан уулын мөстлөгийн талбай зүг зовхист хуваарилагдах байдлыг харуулсан график.

Сутай хайрхан уулын мөстлөгийн талбайн өөрчлөлт зүг зовхисоор (км ²)					
	1991	2000	2010	2016	Нийт
Хойд	7.4	6.3	5.4	6.3	1.1
Зүүн	2.0	1.8	2.0	1.7	0.3
Өмнө	3.9	3.4	3.8	3.1	0.8
Баруун	1.2	1.0	0.9	1.0	0.2
Сутай хайрхан уулын мөстлөгийн талбайн өөрчлөлт зүг зовхисоор (%)					
		1991-2000	2000-2010	2010-2016	Нийт
Хойд		-14.9%	-14.3%	16.7%	-14.9%
Зүүн		-10.0%	7.2%	-15.1%	-18.0%
Өмнө		-13.6%	13.8%	-18.3%	-19.7%
Баруун		-22.3%	-8.4%	12.8%	-19.8%

График 6-аас харахад Сутай хайрхан уулын мөстлөгийн талбай нь аль ч онд хойд зүгт тавиас илүү хувь нь тархсан байх бөгөөд дараа нь өмнө зүг, зүүн зүг байх ба хамгийн

бага мөстлөг тархсан зүг нь баруун байна. Мөн 1991-ээс 2016 оны хооронд мөстлөгийн талбай нь хойд зүгт 1.1 км^2 , зүүн зүгт 0.3 км^2 , өмнө зүгт 0.8 км^2 , баруун зүгт 0.2 км^2 -иар тус тус буурсан байна. Харин энэхүү бууралтыг хувиар авч үзвэл хойд зүгт мөстлөгийн талбай 1991-ээс 2016 оны хооронд 14.9 хувиар, зүүн зүгт 18 хувиар, өмнө зүгт 19.7 хувиар, баруун зүгт 19.8 хувиар тус тус буурсан байна (Хүснэгт 11).

Энэхүү судалгаагаар хоёр судалгааны талбайд адил зүй тогтол ажиглагдсан нь аль аль уулсын мөстлөгийн алдралын эрчим нь баруун зүгт их явагдаж байна гэсэн зүй тогтол юм.

Монгол орны зонхилох салхи нь баруун хойд зүгээс зүүн өмнөд зүг рүү байх бөгөөд жилийн давтагдлын хувь 85% байна (Цэгмид, 1967). Энэхүү салхины онцлогоос болж дээрх судалгааны талбайнуудад баруун зүгт тархсан мөстлөг эрчимтэй алдралд орох боломжтой. Учир нь салхи нь өөрөө ууршилтийг явуулах гол хүчин зүйлийн нэгт тооцогддог бөгөөд мөстлөгийн масс балансын судалгаанд мөн салхиар зөөгдөх алдрал масс балансын өөрчлөлтөд багагүй хувийг эзэлдэг билээ.

4.3. ДҮН ШИНЖИЛГЭЭ.

Мөстлөг нь цэвэр уур амьсгалын бүтээгдэхүүн бөгөөд энэ ч утгаараа мөстлөгийн алдрал нь шууд уур амьсгалаас шалтгаалан өөрчлөгдөж байдаг. Ялангуяа түүний алдралд голлох нөлөө үзүүлдэг хүчин зүйл нь агаарын температур юм. Доорх графикт судалгааны талбайтай ойр орших цаг уурын станцын агаарын жилийн дундаж температурын өөрчлөлтийг олон жилээр харуулсан байна.

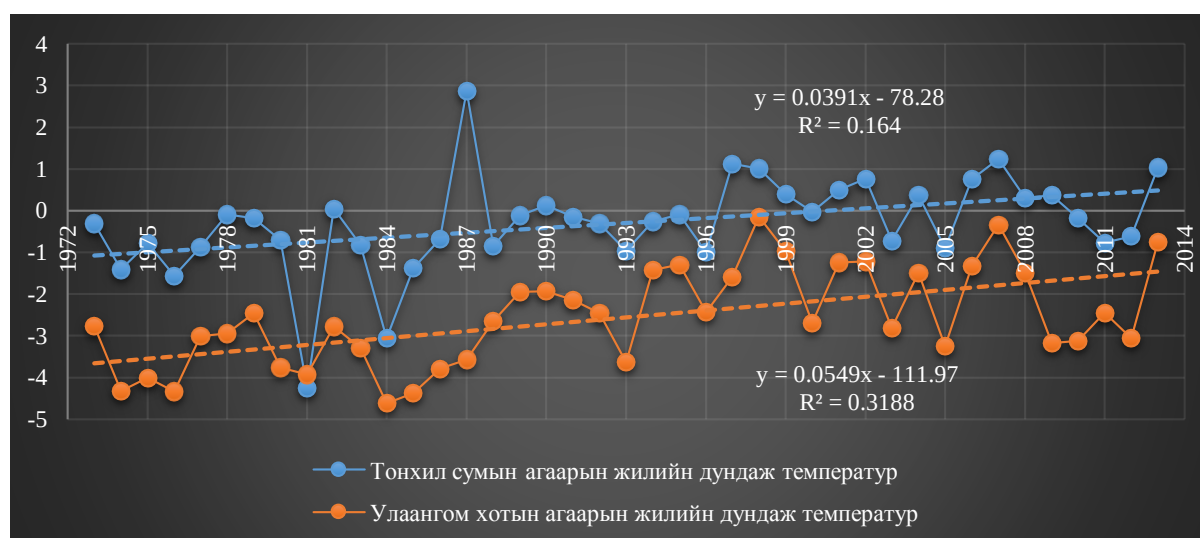


График 7. Тонхил болон Улаангом цаг уурын станцын агаарын жилийн дундаж температурын өөрчлөлт.

Графикаас харахад аль аль станцын агаарын жилийн дундаж температурын явц өссөн хандлагатай байна (График 7). Энэ нь тус судалгаагаар гарсан үр дүнтэй нийцэж байгаа буюу мөстлөгийн талбайн багасаж байгаагийн нэг шалтгаан юм.

Хүснэгт 12. Судалгааны талбай тус бүрийн мөстлөгийн өндрийн ялгааг харуулсан хүснэгт.

Нэр	Мөстлөгийн хилийн дундаж өндөр	Мөстлөгийн доод хилийн өндөр
Хархираа, Түргэний уулс	3491 метр	2929 метр
Сутай хайрхан уул	3654 метр	3156 метр

Хүснэгт 12-оос бид Хархираа, Түргэний уулс болон Сутай хайрхан уулсын мөстлөгийн дундаж болон доод хилийн өндрүүдийг харуулав. Аль ч өндрийн хувьд авч үзсэн Сутай хайрхан уулын мөстлөг нь Хархираа, Түргэний уулын мөстлөгөөс бараг 200 метрээр өндөрт оршдог нь илэрхий байна. Энэхүү өндрийн ялгаатай байдал нь бичил уур амьсгалын нөхцөл үүсгэж улмаар дээрх судалгааны талбайнуудад тархсан мөстлөгийн алдралын эрчмийн ялгаатай байдалд нөлөө үзүүлж байгаа юм.

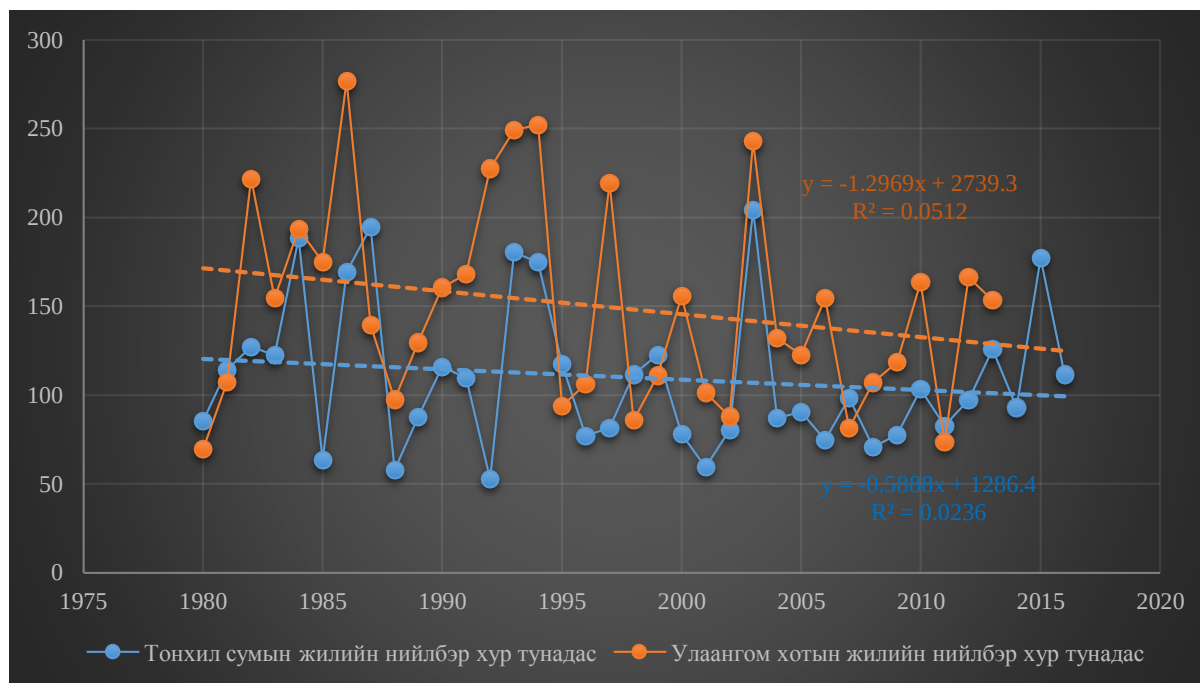


График 8. Тонхил болон Улаангом станцуудын жилийн нийлбэр хур тунадасны олон жилийн өөрчлөлт.

Мөн мөстлөгийн талбайн алдралын эрчмийн ялгаатай байгаагийн өөр нэг шалтгаан нь хур тунадас байж болно. Учир нь Улаангом станцад хэмжигдсэн жилийн нийлбэр хур тунадас Тонхил станцыг бодвол илүү эрчимтэй буурч байгааг дээрх графикаас ажиглаж болно (График 8). Энэ нь бидний судалгаагаар гарсан үр дүнтэй тохирч байна. Өөрөөр хэлбэл энэхүү судалгаагаар гарсан үр дүн болох Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөг нь Сутай хайрхан уулын мөстлөгөөс илүү хурдацтай буурч байгаа нь Улаангом станцын хур тунадасын унах хэмжээний хандлага Тонхил станцын хандлагаас илүү хурдацтай буурч байгаа нь хоорондоо нийцэж байна.

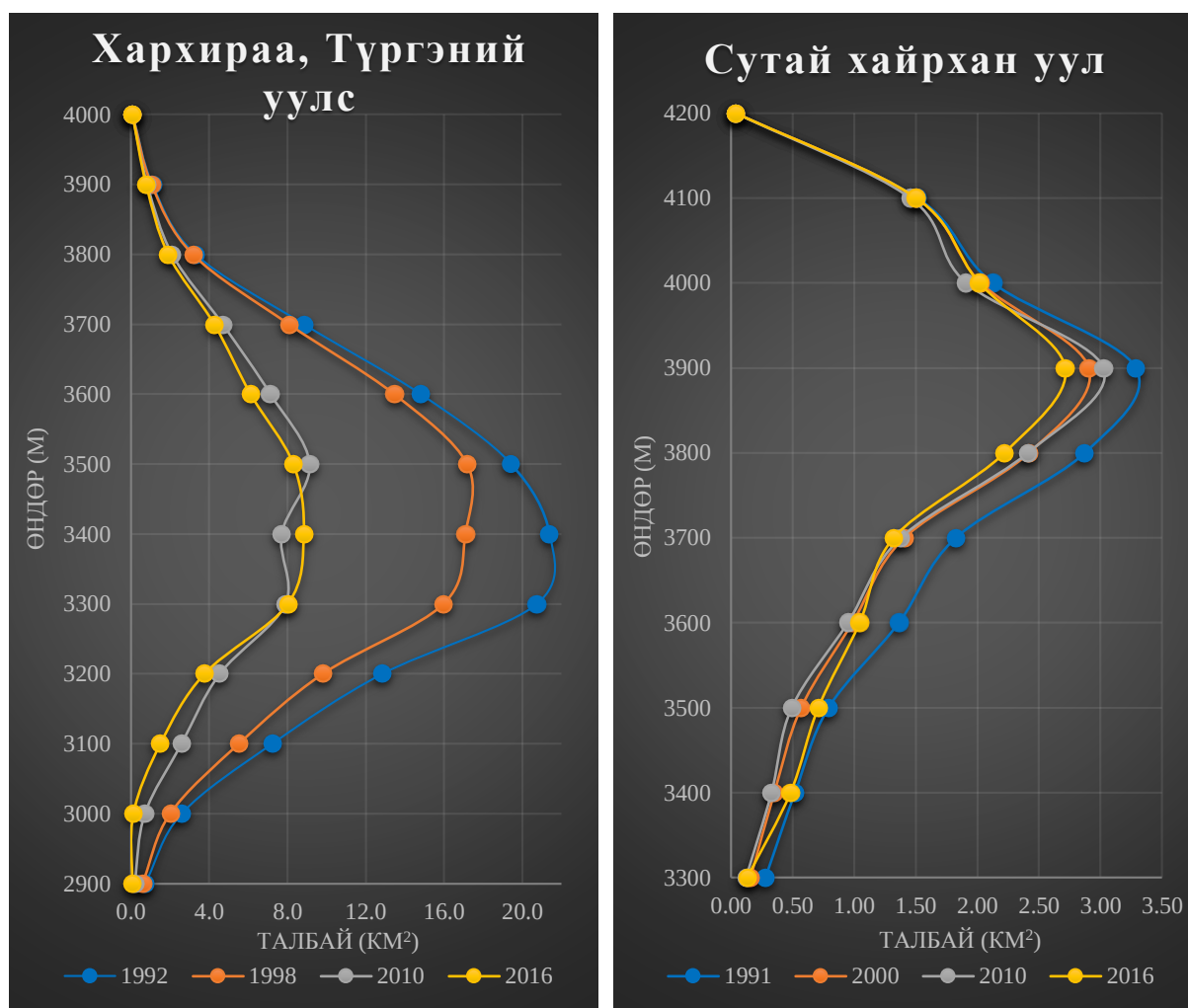


График 9. Хархираа, Түргэний уулс болон Сутай хайрхан уулын мөстлөгийн талбай өндрөөр өөрчлөгдсөн байдал.

График 9-өөс харахад Хархираа, Түргэн уулын мөстлөгийн талбай нь 3100 метрээс 3700 метр хүртэл зонхилон тархсан байх бөгөөд энэ ч утгаараа тухайн өндрүүдийн хооронд мөстлөгийн талбай их алдралд орсон байна. Харин Сутай хайрхан уулын хувьд

мөстлөгийн талбайн алдрал 4000 метрээс доош харьцангуй жигд буурсан байна. Энэ нь мөстлөгийн алдралд өндрийн нөлөө ямар чухал болохыг харуулж байна.

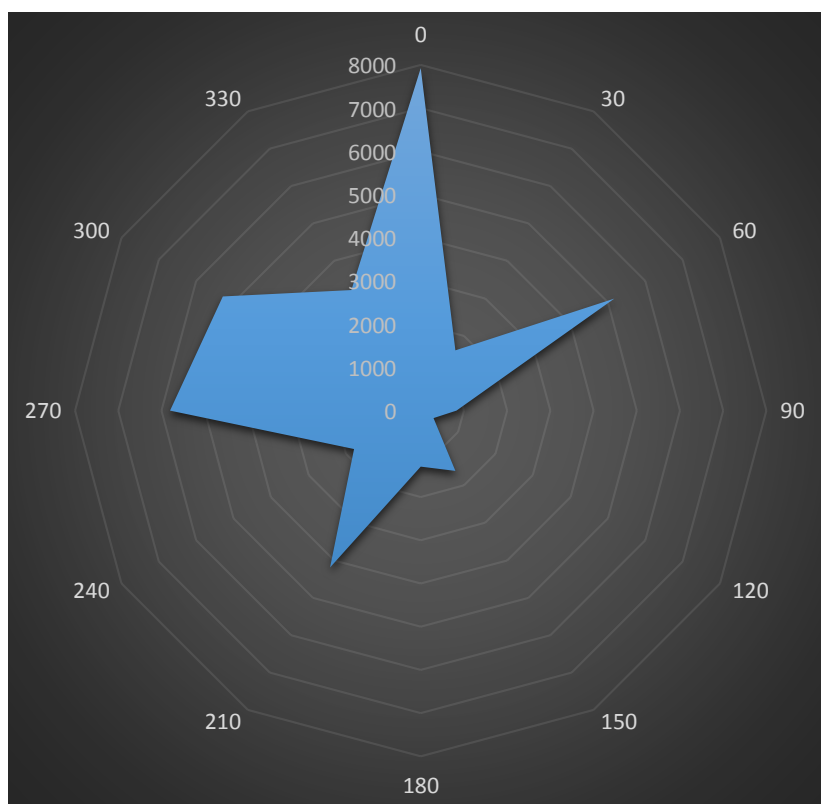


График 10. Тонхил станцын салхины зүг чигийн давтагдлын тоо 1990-2016.

Тонхил станцын олон жилийн салхины зүг чигийн давтагдлын графикаас харвал баруун болон баруун хойд зүгээс салхилах салхины тоо бусад зүгээс харьцангуй их байгаа нь харагдаж байна (График 10). Энэ нь Сутай хайрхан уулын мөстлөгийн талбайн баруун тал нь илүү их эрчимтэй алдарч байгаагийн үндэс болж болох юм. Учир нь салхи нь өөрөө ууршилтыг явуулах гол хүчин зүйл болоод зогсохгүй мөстлөгийн масс нь мөн салхиар зөөгдөж байх боломжтой юм.

График 11-д харуулснаар энэхүү судалгааны үр дүн, өмнөх судлаачдын үр дүн хоорондоо багагүй зөрүүтэй байгаа нь нэгдүгээрт сонгон авсан зургийн цаг хугацааны ялгаатай байдал, хоёрдугаарт сонгож авсан аргазүйн өөр учраас дээрх графикт харагдаж байгаа шиг мөстлөгийн талбай нь хоорондоо ялгаатай харагдаж байна.

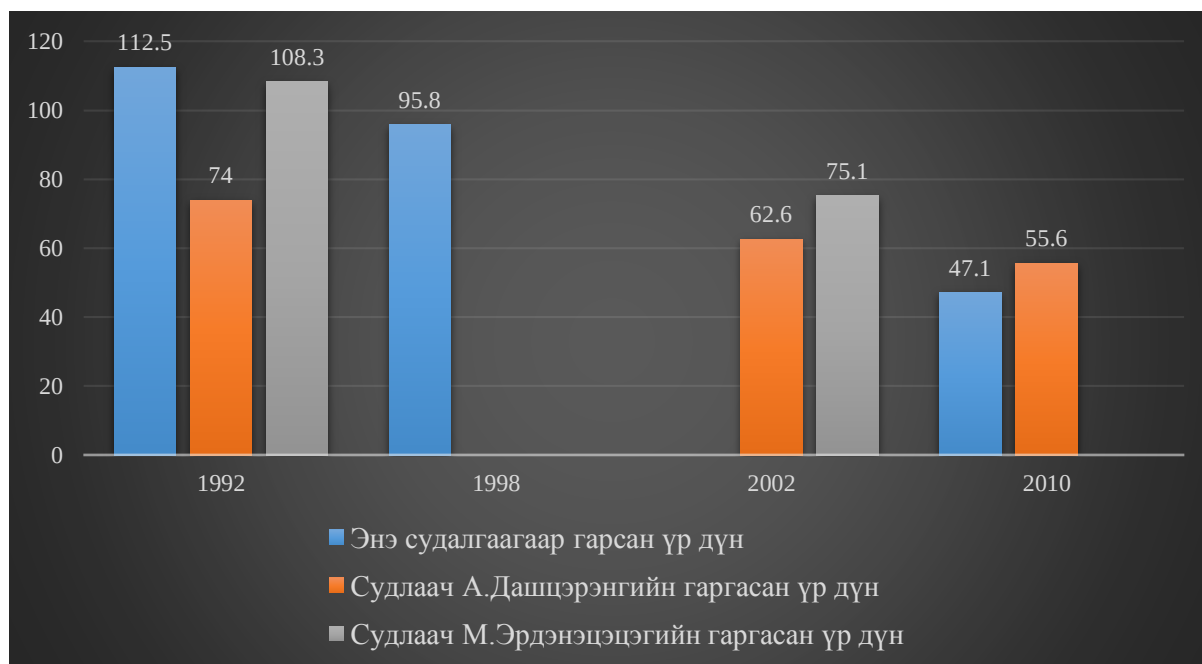


График 11. Энэхүү судалгаагаар гарсан үр дүнг өмнөх судлаачдын үр дүнтэй харьцуулсан график.

ДҮГНЭЛТ

Хархираа, Түргэн болон Сутай хайрхан уулсын мөстлөгийн талбайн өөрчлөлтийг он оноор гаргаж, мөн мөстлөгийн талбайн алдралын эрчмийг тодорхойлохыг энэхүү судалгаагаар зорьсон болно. Судалгаанаас дараах дүгнэлтүүд гарч байна:

- Мөстлөгийн талбайн хувьд Хархираа, Түргэний уулсын мөстлөг 1992 оноос 2016 оны хооронд нийт 68.8 км²-аар буюу 61.2%-иар буурсан бол Сутай хайрхан уулын мөстлөг нь 1991 оноос 2016 оны хооронд 2.5 км²-аар буюу 20.3%-иар буурсан байна.
- Энэхүү алдралын ялгаатай байгаа байдалд нэгт дээрх хоёр уулсын мөстлөгийн өндрийн ялгаатай байдал, хоёрт хур тунадасны бууралтын хандлага ойролцоох станцуудад өөр өөр байгаа нь нөлөөлсөн гэж таамаглаж байна.
- Тэнцлийн шугамын хувьд Хархираа, Түргэний уулсад нийт судалгааны хугацаанд 67 метр, Сутай хайрхан уулын хувьд 47 метрээр тус тус дээш шуугдсан байна.
- Зүг зовхисын хувьд авч үзвэл дээрх уулсын мөстлөгийн талбай нь хойд зүгт 50-иас дээш хувь нь тархсан байх бөгөөд энэ ч утгаараа хойд зүгийн мөстлөг нь талбайн хувьд их алдарсан байх боловч алдралын эрчмийн хувьд баруун зүгийн мөстлөг нь аль аль уулсын хувьд эрчимтэй алдарч байна. Учир нь Тонхил станцын мэдээгээр баруун зүгээс ирэх салхины давтагдлын тоо бусад зүгээс хамаагүй их байсан нь баруун зүгийн мөстлөг илүү эрчимтэй буурахад нөлөөлсөн байх магадлалтай.

Дээрх дүгнэлтүүдээс харахад мөстлөгийн алдрал нь уур амьсгалын хүчин зүйлсээс тэр дундаа агаарын температураас шалтгаалдаг нь харагдаж байна. Мөн мөстлөгийн алдрал нь судалгааны талбай тус бүрд ялгаатай байгаа нь мөстлөгийн хилийн өндөр, хур тундасны хуваарилалттай шууд холбоотой юм. Харин баруун хажууд тархсан мөстлөг эрчимтэй алдарч байгаа нь салхины нөлөөнөөс болсон гэж дүгнэж байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

1. Амарсайхан Д, Саандарь М, 2015. *“Зайнаас тандах судлал, газарзүйн мэдээллийн системийн зарчмууд”*. Улаанбаатар.
2. Амарсайхан Д, Адъяасүрэн Ц. 2014. *“Зайнаас тандах судлал, газарзүйн мэдээллийн системийг байгалийн нөөцийн менежментэд ашиглах нь”*. Улаанбаатар.
3. Бадарч Н. *“Монгол орны уур амьсгал”* Улаанбаатар 1971 он.
4. Байгаль Орчин, Ногоон Хөгжлийн яам, 2014. *“Хархираа, Түргэн голын дэд сав газрын усны нөөцийн нэгдсэн менежментийн төлөвлөгөө боловсруулахад зориулсан судалгааны эмхэтгэл”*.
5. Байгаль Орчин, Ногоон Хөгжлийн Яам, 2014. *“Монгол орны уур амьсгалын өөрчлөлтийн үндэсний хоёрдугаар илтгэл”*. Улаанбаатар.
6. Даваа Г, Дашдэлэг Н, 2017. *“Монгол Алтайн бүс нутгийн байгаль, нийгэм-эдийн засгийн өнөөгийн байдал, цаашдын хандлага”*.
7. Жамбалжав Я, Гансүх Я, Тэмүүжин Х. *“Монгол орны цэвдгийн тархалтын зураглал боловсруулах ажлын тайлан”*. Улаанбаатар 2016 он.
8. *“Монгол орны ашигт малтмалын зураг”*. Улаанбаатар 2002 он.
9. Цэгмид Ш. 1967. *“Монгол орны физик газарзүй”*.
10. Bolch T, Menounos B, Wheate R. 2010. *“Landsat-based inventory of glaciers in Western Canada 1985–2005”*,. Remote Sens Environ. 114:127–137. doi:10.1016/j.rse.2009.08.015.
11. Caleb G. Pan, Allen Pope, Ulrich Kamp, Avirmed Dashtseren, Michael Walther & Margarita V. Syromyatina. 2017. *“Glacier recession in the Altai Mountains of Mongolia in 1990–2016”*. Physical Geography, 0435-3676 (Print) 1468-0459 (Online), 2017.
12. Dashtheren A, Ishikawa M, Iijima Y, Jambaljav Ya. *“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.
13. Erdenetuya M, Davaa G, 2006. *“Glacier change estimation using Landsat TM data. Remote Sensing and Apstial information Science”*, Volume 36, Tokyo.

14. Lynch CM, Barr ID, Mullan D, Ruffell A. 2016. “*Rapid glacial retreat on the Kamchatka Peninsula during the early 21st century*”. Cryosphere. 10:1809–1821. doi:10.5194/tc-10-1809-2016.
15. Nuth C, Kohler J, König M, Von Deschwanden A, Hagen JO, Kääb A, Moholdt G, Pettersson R. 2013. “*Decadal changes from a multi-temporal glacier inventory of Svalbard*”. Cryosphere. 7:1603–1621. doi:10.5194/tc-7-1603-2013.
16. Phila Sibandze, Paidamwoyo Mhangara. 2014. “*A comparison of Normalised Difference Snow Index and Normalised Difference Principal Component Snow Index techniques in distinguishing snow from related land cover types*”. Remote sensing Vol 62. Page 15-22.
17. Pope, A., and Rees, W.G. 2014. “*Impact of spectral, and radiometric properties of multispectral imagers on glacier surface classification*”. Remote Sensing of Environment, 141, 1-13.
18. Pope, A., Pan, C., Kamp, U., and Scambos, T. 2015. “*An updated glacier inventory for Tajikistan using Landsat 8*”. American Geophysical Union, San Francisco, CA.
19. Racoviteanu AE, Arnaud Y, Williams MW, Manley WF. 2015. “*Spatial patterns in glacier characteristics and area changes from 1962 to 2006 in the Kanchenjunga-Sikkim area, Eastern Himalaya*”. Cryosphere. 9:505–523. doi:10. 5194/tc-9-505-2015.