



**МОНГОЛ УЛСЫН ИХ СУРГУУЛЬ
ХЭРЭГЛЭЭНИЙ ШИНЖЛЭХ УХААН,
ИНЖЕНЕРЧЛЭЛИЙН
СУРГУУЛЬ**

Ганболдын Уламбаяр

**ХӨВСГӨЛ НУУРЫН ТАЛБАЙН ӨӨРЧЛӨЛТӨД
ҮЗҮҮЛЭХ БАЙГАЛИЙН ХҮЧИН ЗҮЙЛС**

Магистрын зэрэг горилсон судалгааны ажил

Мэргээжил: Хүрээлэн буй орчин судлал /Индекс: ЕО5210201/

Улаанбаатар хот

2020 он

МОНГОЛ УЛСЫН ИХ СУРГУУЛЬ

**Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан,
Инженерчлэлийн Сургууль
Хүрээлэн буй орчин, ойн
инженерчлэлийн тэнхим**

Ганболдын Уламбаяр

**ХӨВСГӨЛ НУУРЫН ТАЛБАЙН
ӨӨРЧЛӨЛТӨД ҮЗҮҮЛЭХ БАЙГАЛИЙН
ХҮЧИН ЗҮЙЛС**

Магистрын зэрэг горилсон судалгааны ажил

Мэргэжил: Хүрээлэн буй орчин судлал /Индекс: ЕО5210201/

Удирдагч:

Доктор (Ph.D) А. Дашцэрэн

Доктор (Ph.D), Дэд профессор Ч.Сономдагва

Улаанбаатар хот

2020 он

Гарчиг

ABSTRACT.....	2
НЭГДҮГЭЭР БҮЛЭГ. ОРШИЛ.....	1
1.1. СУДАЛГААНЫ ҮНДЭСЛЭЛ.	2
1.2. СУДАЛГААНЫ ЗОРИЛГО, ЗОРИЛТ.....	3
1.3. СУДЛАГДСАН БАЙДАЛ.	3
1.4. СУДАЛГААНЫ АЧ ХОЛБОГДОЛ, ШИНЭЛЭГ ТАЛ.	4
1.5. СУДАЛГААНЫ АЖЛЫГ ХЭЛЭЛЦҮҮЛСЭН БАЙДАЛ.	4
ХОЁРДУГААР БҮЛЭГ. СУДАЛГААНЫ ТАЛБАЙ.....	5
2.1. ФИЗИК ГАЗАРЗҮЙ.....	6
2.1.1. Газарзүй	6
2.1.2. Геологи ба ашигт малтмал.	6
2.1.3. Байгалийн бүс бүслүүр болон газар ашиглалт.	6
2.1.4. Цэвдгийн ерөнхий байдал.	7
2.2. УУР АМЬСГАЛ, НӨХЦӨЛ	9
2.2.1. Агаарын температур.	9
2.2. Агаарын чийгшил.	11
2.2.3. Нарны цацраг.....	12
2.2.4. Хур тунадас.	12
ГУРАВДУГААР БҮЛЭГ. СУДАЛГААНЫ АРГАЗҮЙ, МАТЕРИАЛУУД.....	14
3.1. ОНОЛЫН ХЭСЭГ.	14
3.1.1. Мөстлөг.....	14
3.2. ЛАНДСАТ ЦУВРАЛ ХИЙМЭЛ ДАГУУЛУУДЫН ТУХАЙ.	14
3.2.1. Ландсат ТМ (Thematic Mapper).	15
3.2.2. Ландсат ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus).	16
3.2.3. Ландсат 8 OLI.	16

3.3. МӨСТЛӨГИЙН ТАЛБАЙГ ТООЦОХ АРГАЗҮЙ.	17
3.3.1. Мөстлөгийн талбайг тооцох аргазүй.	18
3.4. УСЫН ГАДАРГЫН ТАЛБАЙГ ТООЦОХ АРГАЗҮЙ.	21
3.4.1. Normalized difference water index (NDWI)	21
3.4.2. Automated Water Extraction Index (AWEI)	21
ДӨРӨВДҮГЭЭР БҮЛЭГ. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН.	24
4.1. МӨСТЛӨГИЙН ТАЛБАЙН ӨӨРЧЛӨЛТ.	24
4.2. УСАН ГАДАРГЫН ТАЛБАЙН ӨӨРЧЛӨЛТ.	29
4.3. НУУРЫН ТАЛБАЙН ӨӨРЧЛӨЛТ БА ЦАГ УУРЫН ХҮЧИН ЗҮЙЛИЙН ХАМААРАЛ	32
4.4. НУУРЫН ТАЛБАЙН ӨӨРЧЛӨЛТ БА ЦЭВДГИЙН ХАМААРАЛ.	36
4.5. НУУРЫН ТАЛБАЙН ӨӨРЧЛӨЛТ БА ОЛОН ХҮЧИН ЗҮЙЛИЙН ХАМААРАЛ	38
ДҮГНЭЛТ	40
АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ	41

Зургийн жагсаалт

Зураг 1. Судалгааны талбайн байршил.....	5
Зураг 2. Монгол орны цэвдгийн тархалтын зураг	8
Зураг 3. Судалгааны талбай орчмын цэвдгийн тархалтын зураг	9
Зураг 4. Мөстлөгийн талбайг харуулсан бүдүүвч зураг	14
Зураг 5. Мөстлөгийн талбай зураглах ерөнхий аргазүй.....	19
Зураг 6. Principal Component 1-ээс 6 хүртэл бодолт хийлгэсэн зургууд.....	20
Зураг 7. Ландсат 5 хиймэл дагуулаас гаргаж авсан дундын нил улаан туяаны хослол болон мөстлөгийн талбайг давхцуулсан байдал.	24
Зураг 8. Мөнхсарьдаг уулын мөстлөгийн талбай 1995 он.	25
Зураг 9. Мөнхсарьдаг уулын мөстлөгийн талбай 1999 он.	26
Зураг 10. Мөнхсарьдаг уулын мөстлөгийн талбай 2007 он.	26
Зураг 11. Мөнхсарьдаг уулын мөстлөгийн талбай 2010 он.	27
Зураг 12. Мөнхсарьдаг уулын мөстлөгийн талбай 2019 он.	27
Зураг 13. Мөнхсарьдаг уулын мөстлөгийн талбайн өөрчлөлт 1995-2019.....	28
Зураг 14. Зайнаас тандан судлалын аргаар тооцсон нуурын эргийн шугам болон хээрийн хэмжилтээр хэмжсэн нуурын эргийн шугамын зөрүү.	32
Зураг 15. Нуур орчмын цооногуудын байршил.....	36

Хүснэгтийн жагсаалт

Хүснэгт 1. Хатгал станцын 2013 оны агаарын хоногийн дундаж температур.	10
Хүснэгт 2. Хатгал тосгоны хур тунадасны жилийн доторх хуваарилалт.....	13
Хүснэгт 3. ТМ сканерын спектрийн болон орон зайн шийд.	15
Хүснэгт 4. ETM+ сканерын спектрийн болон орон зайн шийд.....	16
Хүснэгт 5. Ландсат 8 OLI сканерын спектрийн болон орон зайн шийд.....	17
Хүснэгт 6. Мөстлөгийн талбайн судалгаанд ашигласан мэдээ, материалын хүснэгт.....	18
Хүснэгт 7. Усан гадаргын талбайн судалгаанд ашигласан мэдээ, материалын хүснэгт.....	22
Хүснэгт 8. Мөнхсарьдаг уулын мөстлөгийн талбайн өөрчлөлтийн утгууд	28
Хүснэгт 9. Хөвсгөл нуурын усан гадаргын талбайн өөрчлөлтийн AWEI болон NDWI аргачлалаар тооцсон утгууд.	29
Хүснэгт 10. NDWI болон AWEI аргачлалаар тооцсон нуурын эргийн шугам болон хээрийн хэмжилтээр хэмжсэн эргийн шугамын зөрүү.....	31
Хүснэгт 11. Хөвсгөл нуурын талбайн өөрчлөлтийн утгууд ба харгалзах оны FDD-ийн утгууд.	33
Хүснэгт 12. Хөвсгөл нуурын талбайн өөрчлөлтийн утгууд ба харгалзах оны TDD-ийн утгууд.	34
Хүснэгт 13. 1990, 1994, 1998, 2013, 2015 онуудын хоорондох нуурын талбай, цаг уурын хүчин зүйлүүдийн утгууд тэдгээрийн хазайлтын утгууд.	38

Графикийн жагсаалт

График 1. Хатгал станцын 2013 оны агаарын сарын температурын дундаж, үнэмлэхүй их, үнэмлэхүй бага утгуудыг харуулсан график.....	11
График 2. Мөстлөгийн талбайн өөрчлөлт	29
График 3. NDWI болон AWEI аргачлалаар тооцсон нуурын талбайн өөрчлөлт.....	30
График 4. Нуурын талбайн өөрчлөлт ба FDD.	33
График 5. Нуурын талбайн өөрчлөлт ба TDD.....	34
График 6. Нуурын талбайн өөрчлөлт ба хур тунадас.....	35
График 7. Нуурын талбайн өөрчлөлт ба Хатгал цооногийн идэвхтэй үе давхаргын зузааны өөрчлөлт.	37
График 8. Нуурын талбайн өөрчлөлт ба Борсог цооногийн идэвхтэй үе давхаргын зузааны өөрчлөлт.	37
График 9. Нуурын талбайн хазайлт болон олон хүчин зүйлийн хамаарал.	39

ТАЛАРХАЛ

Энэхүү судалгааг хийж гүйцэтгэх явцад өөрийн үнэтэй цаг хугацааг зориулан зөвлөгөө, санал, шүүмж өгч, судалгааны ажлыг удирдан ажилласан Шинжлэх Ухааны Академи, Газарзүй Геоэкологийн хүрээлэнгийн Цэвдэг судлалын салбарын 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. Судалгааны ажлыг гүйцэтгэх хугацаанд заавар зөвлөгөө өгч олон зүйлсийг зааж зөвлөсөн ШУА-ийн Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэнгийн Цэвдэг судлалын салбарын эрдэм шинжилгээний дэд ажилтан магистр Х.Тэмүүжин, эрдэм шинжилгээний тэргүүлэх ажилтан, доктор Я.Жамбалжав, эрдэм шинжилгээний дэд ажилтан магистр Г.Цогт-эрдэнэ болон Хөвсгөл нуур орчмын цооногийн мэдээ материалаар туслалцаа үзүүлсэн ахмад цэвдэг судлаач Н.Шархүү нарт талархан эрдмийн их ажилд нь амжилтын дээдийг хүсье.

ABSTRACT

The change in the lake area was estimated by the NDWI and AWEI indices from data from the Landsat satellite between 1990 and 2019, and this estimate was confirmed in 2019 by points marked along the shoreline of the lake. Thus, the AWEI method was more suitable for our study, so we used the AWEI method in our research. The Khuvsgul Lake is located in a region with a continuous distribution of permafrost and is the region with the ice rich permafrost zone. The area of Khuvsgul Lake has been increasing in recent years, and precipitation around Khuvsgul Lake has not significantly increased since the 1960s. The area of the lake has increased by an average of 1.6 km² per year over the last three decades. In 2013, it covered the largest area of 2,786.3 km², while the smallest area in 2000 was 2,780.8 km². Considering the dependence of air temperature and precipitation on the change in the lake area, the correlation coefficient was less than $R=0.29$. Glacier and permafrost degradation has intensified in recent years due to global warming. The glacier area of Munkhsaridag mountain is steadily declining, and the major tributaries of Khuvsgul Lake flow from Munkhsaridag mountain. In order to calculate the permafrost effect, the area of the lake was compared to the two permafrost monitoring boreholes near Khuvsgul Lake showed the correlation coefficient greater than $R=0.52$. Climatic factors, such as air temperature and precipitation, have an indirect effect on Khuvsgul Lake.

Keywords: *Permafrost, lake area, Munkhsaridag mountain, glacier, AWEI, active layer thickness*

НЭГДҮГЭЭР БҮЛЭГ. ОРШИЛ

Монгол орон төдийгүй Ази тивийн цэвэр усны нөөцийн багагүй хэсэг болох 380.7 км^3 ус нь Хөвсгөл нуурыг бүрдүүлдэг (Даваа, 2017). Энэ нь манай орны нийт нуур, цөөрөмд агуулагдах усны 76.1%, гадаргын нийт усны 68.7%-ийг дангаараа эзэлдэг (Цэрэнсодном, 2000). Дээрх үзүүлэлтүүд нь түүнийг судлах гол шалтгаан болдог бөгөөд Хөвсгөл нуурын талбай нь сүүлийн жилүүдэд нэмэгдсэн үзүүлэлттэй гарсан нь нуурын талбайн хэмжээ тэлэхэд түүнд аливаа нэг хүчин зүйл нөлөөлж байгаагийн тод илрэл юм. Хөвсгөл нуур нь манай орны цэвдгийн үргэлжилсэн тархалттай бүс нутагт оршино. Цэвдэг нь 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 (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.

Мөстлөг гэдэг нь олон жил хуримтлагдсан хур цас, түүний хатуурсан массыг хэлнэ (Kotlvakov, 1998). Иймээс ч мөстлөг нь өөртөө тодорхой хэмжээний цэвэр усны нөөцийг агуулж байдаг. Энэ нь түүнийг судлах гол үндэслэл болж өгдөг. Судалгааны талбай болох Хөвсгөл нуур нь манай орны хойд захын мөстлөг бүхий Мөнхсарьдаг уулын урд орших ба нуурын томоохон цутгалууд энэхүү уулаас эх авч Хөвсгөл нуурт цутгана. Иймд энэхүү судалгаагаар Хөвсгөл нуурын талбайн өөрчлөлтөд үзүүлэх байгалийн хүчин зүйлсийг тодорхойлох үүднээс доорх судалгааг хийж гүйцэтгэв.

1.1. СУДАЛГААНЫ ҮНДЭСЛЭЛ.

Хөвсгөл нуурын талбайн өөрчлөлтийг 1992, 2000, 2008 онууд (*Оюунгэрэл, 2010*) болон 2011, 2015 онуудаар (*Болортуул, 2016*) харьцуулахад 1992 онд нуурын талбай 2732,3 км² байхад 2008 онд 2792,1 км² болж даруй 2 хувиар өссөн байна. Харин 2011 онд 2785,0 км², 2015 онд 2791.5 км² болж өөрчлөгдсөн байна. Хөвсгөл нуурын усны түвшний (Хөвсгөл-Хатгал ус судлалын харуулын мэдээгээр) олон жилийн дундаж нь 410 см, 1992 онд 416 см, 2008 466 см болж нэмэгдсэн бөгөөд 2011 онд 447 см, 2015 онд 428 см болж буурах хандлагатай болсон байна. Гэвч Хатгал орчмын хур тунадасны хэмжээ 1960-аад оноос хойш нэмэгдээгүй бөгөөд 1980 оны дунд үеэс буурсан байна. Өмнө нь хийгдсэн зарим судалгаанд нуурын усны түвшин нэмэгдэж байгааг нуур орчмын мөнх цэвдэг гэсэж байгаатай холбоотой байж болох талаар дурдсан байдаг. Гэвч нуур орчмын цэвдгийн горимын мониторингийн судалгаа тогтмол хийгдээгүй нь нуурын усны түвшин, талбайн өөрчлөлтийг цэвдгийн гэсэлт хайлалттай шууд холбон тайлбарлах боломжгүй болгож байна (Батима, Даваа нар). Мөн цэвдэг нь 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. Цэвдгийн экосистемд үзүүлэх нөлөө их тул түүний оршин тогтнолд нөлөөлж байгаа байгалийн хүчин зүйлсийг тодорхойлох нь шинжлэх ухаан болон практикт өндөр ач холбогдолтой учир судалгааны ажлын хүрээнд дээрх судлаачдыг мэдээ материалын хангалтгүй байдлаас шалтгаалан таамаглал төдий орхигдуулсан цэвдгийн хүчин зүйлийн нөлөөг Хөвсгөл нуурын талбайн өөрчлөлттэй харьцуулан судлахыг оролдлоо.

1.2. СУДАЛГААНЫ ЗОРИЛГО, ЗОРИЛТ.

Дээр дурдсанчлан Хөвсгөл нуур нь манай орон төдийгүй дэлхийн цэвэр усны чухал нөөц газар юм. Энэхүү судалгаагаар Хөвсгөл нуурын 1990-2019 онуудын хоорондох талбайн өөрчлөлтийг тооцоолж түүнд нөлөөлж болзошгүй байгалийн болон цаг уурын хүчин зүйлүүдийг авч үзэн, хамгийн их нөлөөлж буй хүчин зүйлийг тодорхойлох зорилготой бөгөөд энэхүү зорилгын хүрээнд дараах зорилтуудыг дэвшүүлсэн. Үүнд:

- Хөвсгөл нуурын сүүлийн 30 жилийн хугацааны усан гадаргын талбайн өөрчлөлтийг тооцоолж түүнд нөлөөлж болзошгүй байгалийн хүчин зүйлс (Мөнхсарьдаг уулын мөстлөгийн талбайн өөрчлөлт, цэвдгийн өөрчлөлт) болон цаг уурын хүчин зүйлстэй (агаарын температур, хур тунадас) харьцуулах.
- Харьцуулсан хүчин зүйлсийн хамгийн сул болон хамгийн их хамаарал бүхий хүчин зүйлийг тодорхойлж, хамгийн их хамаарал бүхий хүчин зүйлийн өөрчлөлтийн шалтгааныг тодорхойлох.

1.3. СУДЛАГДСАН БАЙДАЛ.

Хөвсгөл нуурын талбайн өөрчлөлтийн хэмжээг урьд өмнө нь судлан гаргаж байсан олон тооны ном, тайлан, эрдэм шинжилгээний бүтээлүүд дээр хэвлэгдсэн байдаг ч Мөнхсарьдаг уулын мөстлөгийн талбайн өөрчлөлт болон цэвдгийн өөрчлөлттэй уялдуулан судалсан судалгааны ажил өнөөг хүртэл хийгдээгүй байсан.

Эдгээр бүтээлүүдээс үзэхэд шинжлэх ухааны доктор (Sc.D) Б.Оюунгэрэл (2010) Хөвсгөл нуурын талбайн өөрчлөлтийг 1992, 2000, 2008 онуудыг харьцуулахад 1992 онд нуурын талбай 2732,3 км² байхад 2008 онд 2792,1 км² болж даруй 2 хувиар өссөн, ХНЭГСГЗ-ны мэргэжилтэн Б. Болортуул (2016) хийсэн судалгаандаа 2011 онд 2785,0 км², 2015 онд 2791.5 км² болж өөрчлөгдсөн гэж тус тус тогтоосон байдаг.

Хөвсгөл нуурын усны түвшин нэмэгдэж байгааг нуур орчмын мөнх цэвдэг гэсэж байгаатай холбоотой байж болох талаар дурдсан байдаг. Гэвч нуур орчмын цэвдгийн мониторингийн судалгаа тогтмол хийгдээгүй нь нуурын усны түвшин, талбайн өөрчлөлтийг цэвдгийн гэсэлт хайлалттай шууд холбон тайлбарлах боломжгүй болгож байна гэж тэмдэглэсэн байдаг (Батима, Даваа нар).

1.4. СУДАЛГААНЫ АЧ ХОЛБОГДОЛ, ШИНЭЛЭГ ТАЛ.

Дээр дурдсанчлан Хөвсгөл нуур нь Монгол улсаа төдийгүй Ази тивд томоохонд тооцогддог цэвэр усны нөөц газар бөгөөд тухайн нутаг орчмын ард иргэдийн ундны усыг хангаад зогсохгүй экосистемд эерэг нөлөө үзүүлдэг. Энэ ч утгаараа Хөвсгөл нуурын талбайд нөлөөлөх байгалийн хүчин зүйлс, бүтэц бүрэлдэхүүнийг судлах нь эргээд нуурын экосистемийг хамгаалахад чухал ач холбогдолтой юм.

Энэ судалгааны шинэлэг тал нь гэвэл өмнөх үеийн судлаачид нуурын талбайн өөрчлөлтийг уур амьсгалын өөрчлөлт болон хур тунадас, нуурт цутгах голуудын усны түвшин зэрэгтэй харьцуулсан судалгаа явуулж байсан бол энэхүү судалгаа нь Хөвсгөл нуур орчимд тархсан цэвдгийн өөрчлөлтийн нөлөө болон Мөнхсарьдаг уулын мөстлөгийн өөрчлөлттэй уялдуулан судалж байгаагаараа энэхүү судалгаа нь судалгааны талбайн хувьд анхдагч судалгаа болох юм.

1.5. СУДАЛГААНЫ АЖЛЫГ ХЭЛЭЛЦҮҮЛСЭН БАЙДАЛ.

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

Эрдэм шинжилгээний өгүүлэл:

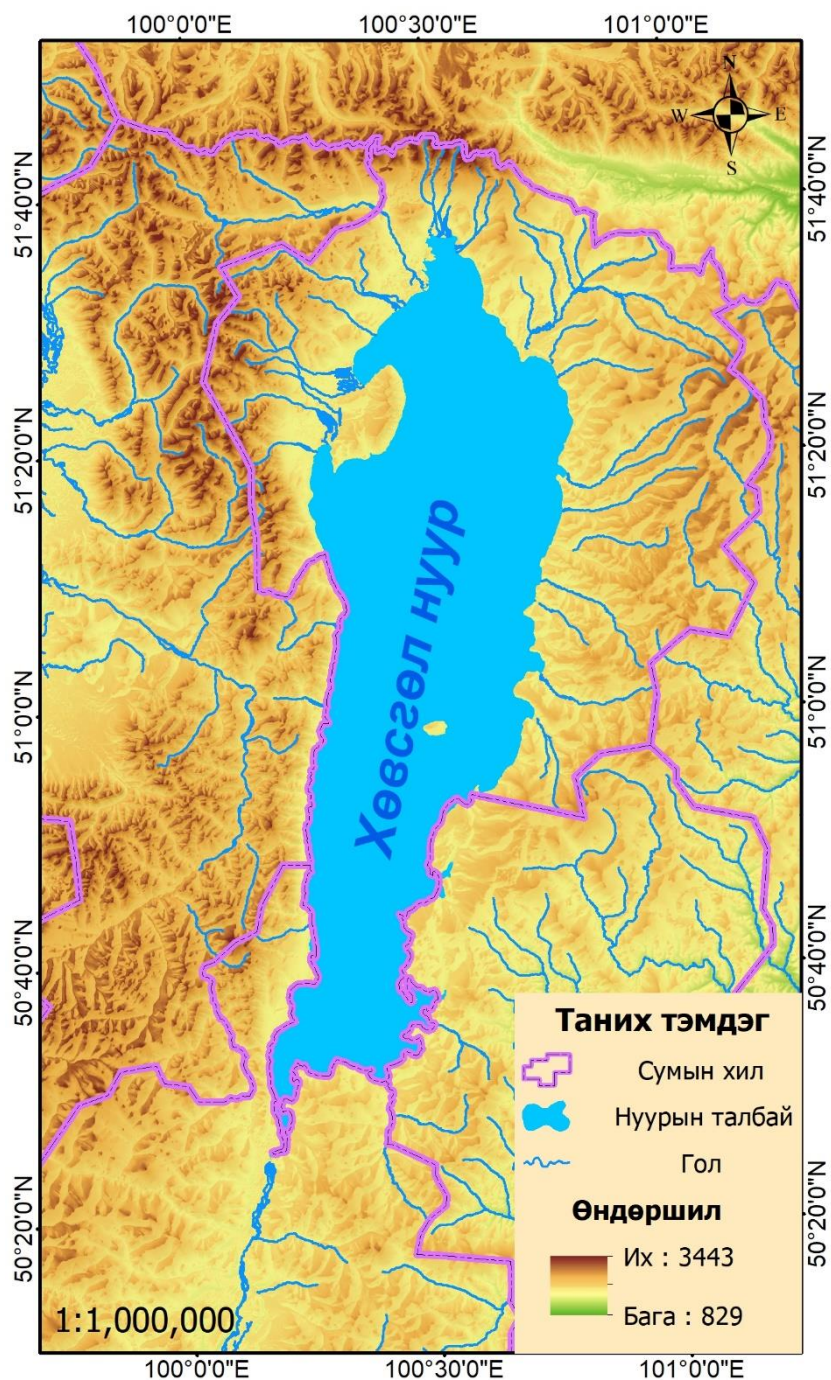
- **Г.Уламбаяр**, А.Дашцэрэн, Ч.Сономдагва, Х.Тэмүүжин, Я.Жамбалжав, Г.Цогт-эрдэнэ, Н.Шархүү “Хөвсгөл нуурын талбайн өөрчлөлтөд үзүүлэх байгалийн хүчин зүйлс” Хүрээлэн буй орчин судлал, ойн инженерчлэлийн тэнхимийн эрдэм шинжилгээний хурлын эмхэтгэл-2020, Улаанбаатар хот.

Эрдэм шинжилгээний илтгэл:

- **Г.Уламбаяр**, “Хөвсгөл нуурын талбайн өөрчлөлтөд үзүүлэх байгалийн хүчин зүйлс” МУИС-ХШУИС-ХБООИТэнхимийн оюутны эрдэм шинжилгээний бага хурал, 2020.04.21, Улаанбаатар хот.
- **Г.Уламбаяр**, “Хөвсгөл нуурын талбайн өөрчлөлтөд үзүүлэх байгалийн хүчин зүйлс” МУИС-ХШУИС-ийн оюутны эрдэм шинжилгээний бага хурал, 2020.05.01, Улаанбаатар хот.

ХОЁРДУГААР БҮЛЭГ. СУДАЛГААНЫ ТАЛБАЙ

Хөвсгөл нуур нь Монгол орны хойд захын аймаг болох Хөвсгөл аймгийн нутагт оршдог. Эргэн тойрон сүрлэг өндөр уулсаар хүрээлэгдсэн, өмнөх бүлэгт дурдсанчлан усны нөөцөөр Монголд төдийгүй төв Азид томоохонд тооцогддог. Засаг захиргааны нэгжийн хувьд Хөвсгөл аймгийн Алаг-Эрдэнэ, Рэнчинлхүмбэ, Ханх, Чандмань-Өндөр зэрэг сумдын нутгийг дамнан оршино (Зураг 1).



Зураг 1. Судалгааны талбайн байршил.

2.1. ФИЗИК ГАЗАРЗҮЙ.

2.1.1. Газарзүй

Хөвсгөл нуур арлуудыг оролцуулахгүйгээр усан гадаргын талбай нь 2612 хавтгай дөрвөлжин км, урт нь хойноос урагш 133.4 км, өргөн нь 39.5 км гонзгой зууван хэлбэртэй бөгөөд далайн төвшнөөс дээш 1624.0 м өндөрт оршино.

Эргэн тойрон өндөр уулаар хүрээлэгдсэн. Хөвсгөл нуурын баруун талын уулс хурц шовх оргил, хэрчигдсэн хянга хяртай, эгц цавчим хажуутай ба ихэнх уулс нь 2500 метрээс дээш өндөртэй. Хамгийн өндөр цэг нь Мөнхсарьдаг болно. Нуурын зүүн эргийн уулс харьцангуй нам, 1700-2100 метрийн дундаж өндөртэй мөлгөр бөөрөнхий оройтой, тэгш өндөрлөг маягийн хэлбэртэй, битүү ой модоор хучигдсан байдаг. Зүүн хойд хэсэгт Хэвэн залуу Үүрийн сарьдаг хэмээх 2400-2500 гаруй өргөгдсөн ян сарьдаг бүхий уулс бий (*Оюунгэрэл, 2004*).

2.1.2. Геологи ба ашигт малтмал.

Монгол улсын ашигт малтмалын зургаас харахад Хөвсгөл нуурын орчим тэр дундаа баруун, баруун урд хэсгээрээ нүүрс, фосфоритын нөөц ихтэйгээс гадна төмрийн нөөцтэй. Хатгал сумаас урагш хайрга, бал чулуу, шөрмөсөн чулуу зэрэг ашигт малтмалын арвин нөөц бүхий баялаг газар юм (*Монгол Улсын ашигт малтмалын зураг, 2002*).

Геологийн бүтцийн хувьд Хөвсгөл нуурын ай савд эртний кембрийн өмнөх үеэс кайнозойн эринийг багтаасан хамгийн олон янз тунамал, галт уулын болон магмын чулуу тархсан байдаг нь тодорхойлогджээ. Хөвсгөл нуур орчмын баруун хойт хэсгийн гнейсүүдийн найрлага ижил байдаг. Хөвсгөл нуурын зүүн хэсэгт гүний метаморф хийгээд архейн болон түрүү үеийн протерозойн хурдас болох гнейс, кристалл, занар, амфиболит, гантиг, кварцит элбэг тархсан байдаг. Кайнозойн эрил бол үндсэндээ гарал үүслээрээ төрөл бүрийн дөрөвдөгчийн хурдсууд бөгөөд эдгээр нь Хөвсгөл нуур болон голын хурдсыг бүрдүүлж байна (*Кузнецов нар, 1976*).

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*).

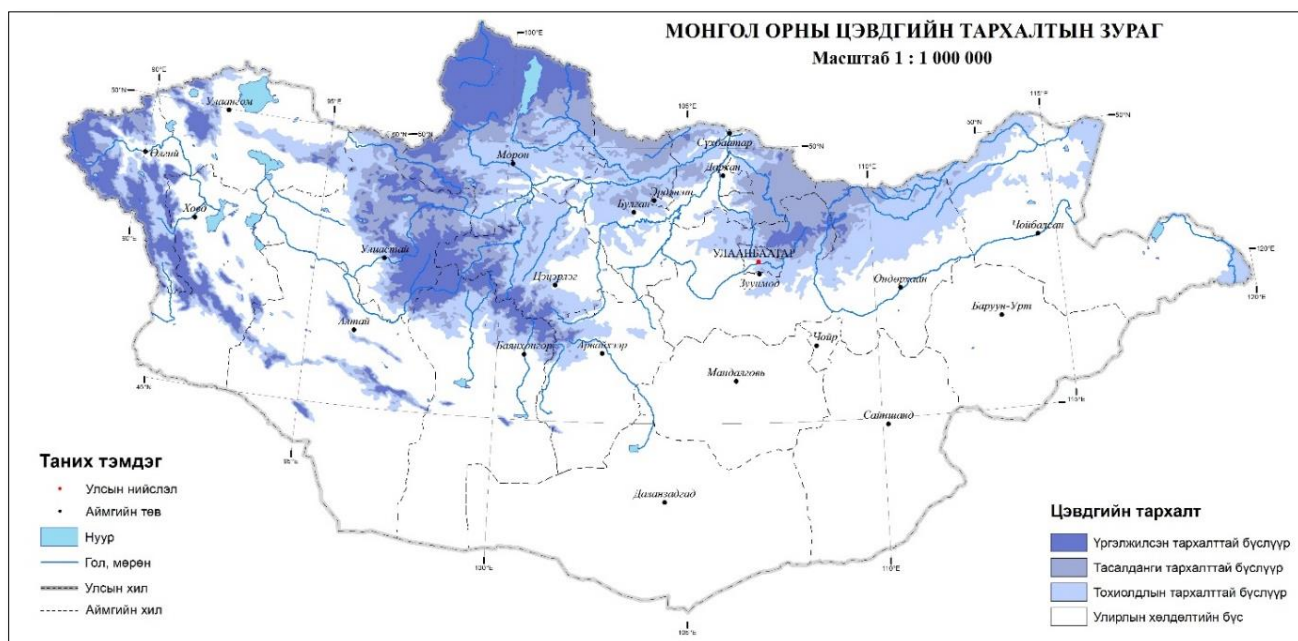
Хөвсгөл орчмын өндөр уул, тайга хосолсон муж нь байгалийн цогцолборын хувьд ихээхэн өвөрмөц юм. Тус мужид нэг талаас Азийн хэв шинжийн байгалийн цогцолборууд харилцан түрж нэвтрэлцсэнээс гадна өмнөд Сибирийн байгалийн нэг хэсэг байдгаараа онцлогтой. Хөвсгөлийн муж нь тус орны хойт хэсэгт улсын хилийн дагуу орших бөгөөд өмнө талаараа Хангайн мужтай, зүүн өмнө талаараа Орхон-Сэлэнгийн савын дундаж, нам уулсын мужтай тус тус хиллэнэ. Хөвсгөлийн муж нь монгол орны байгалийн мужийн нэг томоохон төлөөлөгч болох бөгөөд гадаргын хувьд ян сарьдаг бүхий өндөр уул нурууд, дундаж өндөр уулс, тэдгээрийн хооронд орших томоохон буурц хотгор, гол мөрдийн хөндий хосолсон өвөрмөц тогтоцтой юм. Иймд Хөвсгөл орчмын өндөр уул, тайга хосолсон муж нь хил залгаа мужуудаас морфоструктурын онцлог, ландшафтын хэвшинжийн хослолоор илт ялгагдах бөгөөд дотроо Хөвсгөлийн баруун хэсгийн тайгат өндөр уул, хотгорын тойрог, Хөвсгөлийн зүүн хэсгийн тайгат дундаж уулсын тойрог гэсэн 2 тойрогт хуваагдана. Тойргийг ялган тогтоох үндэслэл нь гадаргын онцлог, уул нуруудын чиглэл, ландшафтын нэгэн төрөл байдал давамгайлах шинж болно. Уулс нь гол төлөв уртрагийн дагуу чиглэлтэй бөгөөд гурван том тектоник хотгороор /Хөвсгөл нуурын, Дархадын хотгорын, Бүсийн голын/ Хөвсгөлийн баруун хэсгийн өндөр уулс, Шишхэд орчмын дундаж уулс, Хөвсгөлийн зүүн хэсгийн тэгш өндөрлөг гэсэн гадаргын өөр өөр хэлбэр, бүтэц бүхий хэсэгт хуваагдана (ХАГЗБЕТСТ, 2014)

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 (Жамбалжав нар, 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 (Жамбалжав, 2017).

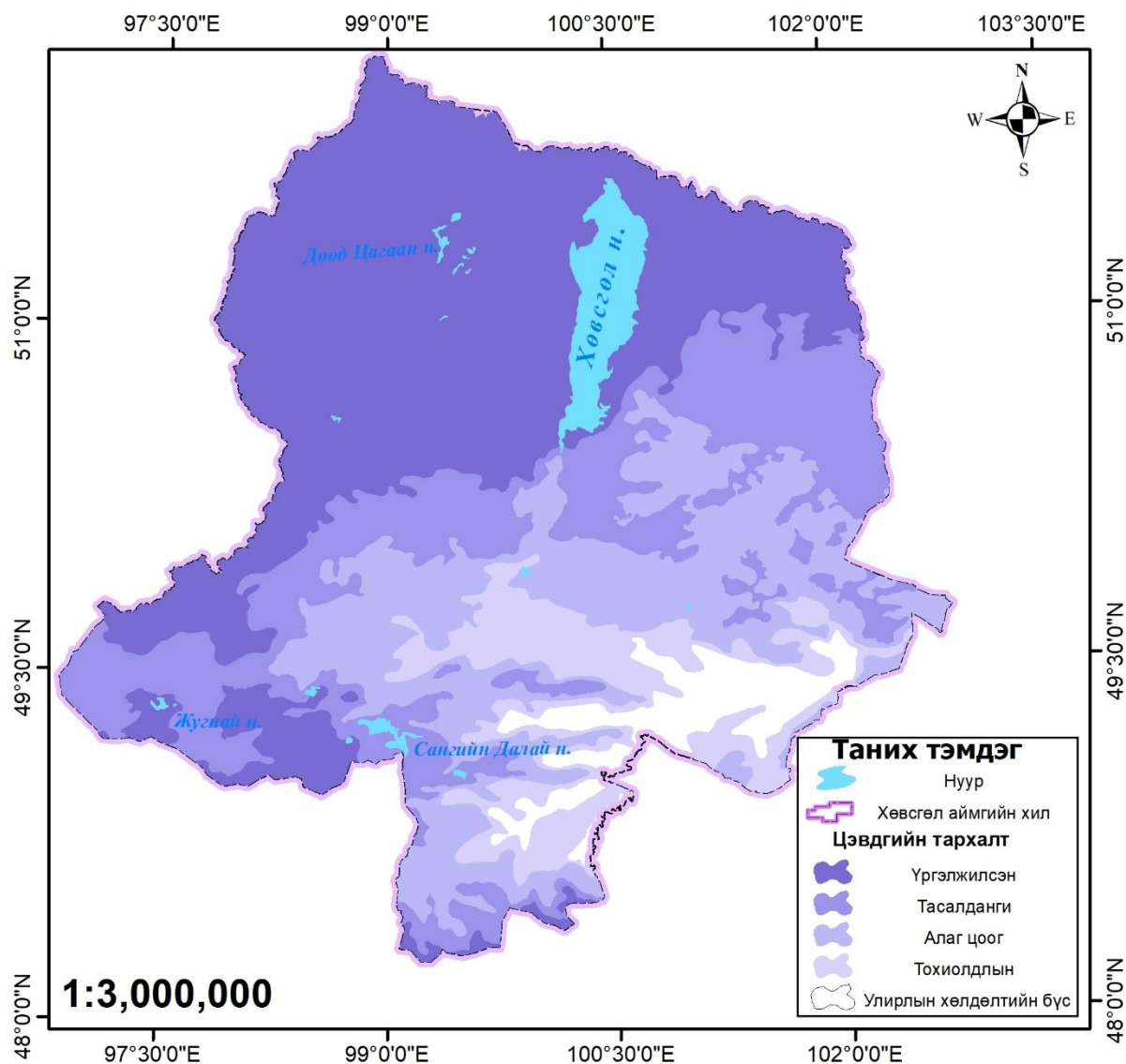
Агаарын температурын хамгийн бага утга хасах хэм рүү орох үед газар гадарга талаасаа хөлдөж эхэлдэг. Хасах температуртай хугацаа тогтвортой үргэлжлэхийн хэрээр газрын хөлдөлтийн гүн нэмэгдэх бөгөөд хэрэв энэ хугацаа нь улирлаар үргэлжлэх тохиолдолд улирлын хөлдөлт болдог. Хүйтэн сэрүүн бүс нутагт агаарын температурын хамгийн их утга эерэг болох үед газар дээд талаасаа гэдэг. 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 2. Монгол орны цэвдгийн тархалтын зураг

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 2).

Судалгааны талбай орчим нь Монгол орны хойд захад орших ба цэвдгийн тархалтын өндрийн болон өргөргийн зүй тогтол тодорхой илэрхээс гадна газрын гадаргын бүрхэвч цэвдгийн тархалтад чухал ач холбогдолтой. Хөвсгөл аймгийн цэвдгийн зургаас харахад судалгааны талбайн цэвдгийн үргэлжилсэн тархалттай бүс нутагт багтана (Зураг 3).



Зураг 3. 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*).

Хөвсгөл нуурт ойр байрлах Хатгал цаг уурын станцын 2013 оны агаарын хоногийн дундаж температурын мэдээнээс харахад үнэмлэхүй хамгийн их утга нь зун долоон сард буюу 31.8°C байсан бол үнэмлэхүй хамгийн бага утга нь өвөл нэг сард буюу -47.6°C тус тус байжээ (*Хүснэгт 1, График 1*).

Хүснэгт 1. Хатгал станцын 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
Хатгал													
Дундаж	-23.1	-20.4	-12.6	-3	4.9	9.9	11.9	10.4	4.3	-4	-13.3	-20.2	-4.6
Үнэмлэхүй их	-0.4	10.9	15.5	23.2	27.5	29.7	31.8	30.4	25.3	20.7	12.2	6.9	31.8
Үнэмлэхүй бага	-47.6	-44.5	-41.5	-29	-17.6	-8.6	-4.7	-6.7	-22.5	-37.6	-39.8	-44.2	-47.6

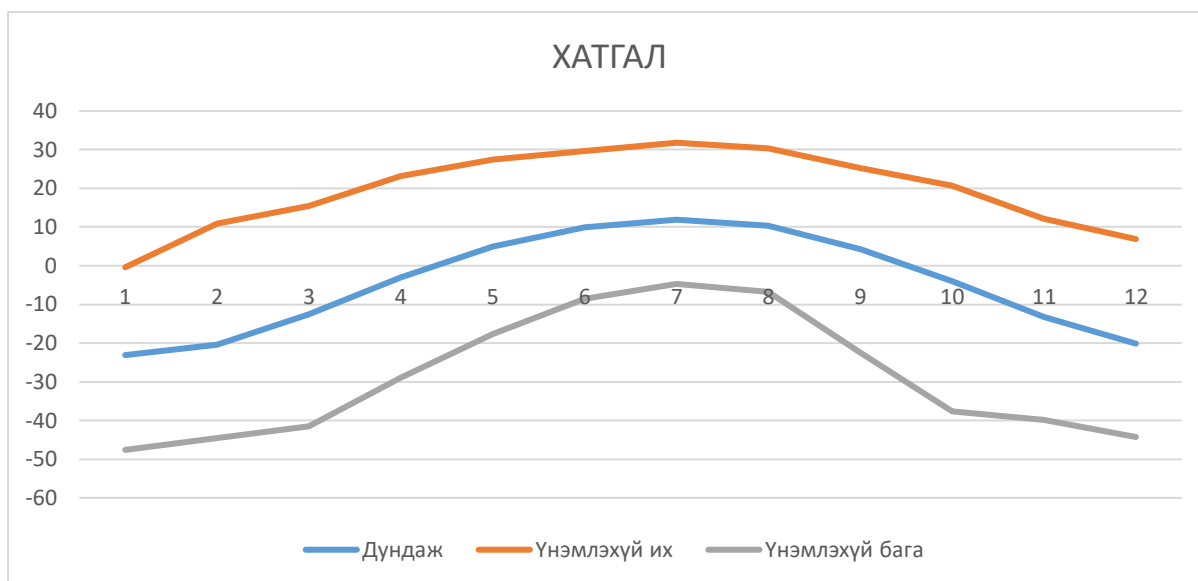


График 1. Хатгал станцын 2013 оны агаарын сарын температурын дундаж, үнэмлэхүй их, үнэмлэхүй бага утгуудыг харуулсан график.

.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 адилавар 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. Хатгал тосгоны 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 тундас (мм)	1.4	1.11	2.3	8	17.8	51.6	89.3	74.4	37.3	9.5	5.6	1.4	299.6

Дээрх хүснэгтээс харахад Хатгал тосгоны хур тунадас долоон сард хамгийн их унаж нэг болон хоёр сард хамгийн бага ордог нь харагдаж байна. Хур тунадасны 80-85% орчим нь жилийн дулаан улиралд /VI-IX сард/ үүнээс зөвхөн 7, 8 дугаар сард 60-70% нь орно.

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, 1998). 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 мөстлөгийн талбайг нарийвчлан судалсан. Учир нь бусад хүчин зүйлийг 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 тэдгээр хүчин зүйлүүдийг тооцоолоогүй орхисон болно.



Зураг 4. Мөстлөгийн талбайг харуулсан бүдүүвч зураг

3.2. ЛАНДСАТ ЦУВРАЛ ХИЙМЭЛ ДАГУУЛУУДЫН ТУХАЙ.

1972 оны 7-р сарын 23-нд АНУ эх дэлхийг сансрын уудмаас тандах зорилгоор олон сувгийн MSS (Multispectral Scanner) сканер бүхий анхны Landsat дагуулыг хөөргөсөн юм. Энэ нь эх дэлхийн гадарга болон байгалийн нөөцийг судлах зорилготой, тоон мэдээлэл хүлээн авах төхөөрөмж бүхий анхны дагуул байсан юм. Дагуулын тойрог замыг туйл орчим, тойрог хэлбэрээр, олон давтамжтай, нарны цагтай цуг гэсэн үзүүлэлтээр сонгон авсан бөгөөд туйл орчмын тойрог зам нь хуурай газар, далай

тэнгисийн дийлэнх хэсгийг зураглахад чухал үүрэгтэй байсан ба 913 км өндрөөс дэлхийн бөмбөрцгийг хойд өргөргийн 82°N, өмнөд өргөргийн 82°S хооронд бүрэн зураглаж чадсан юм. Тойрог хэлбэрийн замыг сонгосон явдал нь зураглагдаж буй бүх нутгийн масштаб ижил байхад оршиж байсан ба газар нутгийн тухайн цэг дээгүүр 18 хоногт дахин өнгөрдөг байсан байна.

Анхны Landsat дагуул 1978 оны 1-р сарын 6 хүртэл тойрог замд ажилласан ба энэ хүртэлх хугацаанд АНУ Landsat 2 (1975), Landsat 2 (1978) дагуулыг тус тус хөөргөсөн байлаа. Гэвч эдгээр дагуулууд нь Landsat 1-ийн адил найдвартай сайн ажиллаж чадсангүй. 1982 онд MSS болон TM зэрэг сканеруудтай шинэ төрлийн Landsat 4 дагуулыг хөөргөсөн боловч, уг дагуул нь системийн тэжээлийн хангамж, төгс бус сканы үйлдэл зэргээс шалтгаалан сайн ажиллаж чадаагүй байна. Иймээс, АНУ 1984 онд 705 км өндрөөс эх дэлхийг тандах (нарны цаг нь 9 цаг 45 минут) 16 хоногийн цаг хугацааны шийд бүхий, 4 сувгийн мэдээ хүлээн авах MSS, 7 сувгийн мэдээ хүлээн авах TM зэрэг сканеруудтай Landsat 5 дагуулыг хөөргөсөн юм. 1993 оны 10 сард шинэ үеийн Landsat 6 дагуул хөөрсөн боловч амжилттай болсонгүй. 1999 оны 4 сарын 15-нд АНУ Landsat 7 дагуулыг хөөргөсөн бөгөөд уг дагуул дээрх ETM+ сканер нь Landsat 5 дагуул дээрх TM сканерын сайжруулсан хэлбэр байсан ба олон бүсчлэлийн 7 сувгийн мэдээ авахаас гадна, оронзайн өндөр (15 м) шийд бүхий панхроматик мэдээг хүлээн авдаг байна.

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 ETM-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 OLI.

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 ETM-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*).

Хүснэгт 5. Ландсат 8 OLI сканерын спектрийн болон орон зайн шийд.

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 ТАЛБАЙГ ТООЦОХ АРГАЗҮЙ.

Мөстлөгийн судалгаанд талбайн өөрчлөлтийг тооцоолох нь чухал ач холбогдолтой. Учир нь талбайн хэмжээ өөрчлөгдсөнөөр масс ихсэж, багасаж байгаа талаар мэдээллийг авч, ерөнхий дүгнэлт гаргаж болно. Өөрөөр хэлбэл талбай багасахад тухайн мөстлөгийн масс багасах, эсрэгээрээ талбайн хэмжээ нэмэгдэхэд 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 энэхүү аргыг ашиглан ШУА-ийн Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэнгийн эрдэм шинжилгээний ажилтан Х.Тэмүүжин судалгаа хийж байсан. 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 1995, 1999, 2007, 2010, 2019 онуудын Ландсат хиймэл дагуулын мэдээг ашиглан мөстлөгийн талбайг тооцсон.

Тус судалгаанд мөстлөгийн талбайг тооцоход Ландсат хиймэл дагуулуудын Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, Landsat 8 OLI зэрэг сенсоруудын мэдээг тус тус ашигласан (Хүснэгт 6).

Хүснэгт 6. Мөстлөгийн талбайн судалгаанд ашигласан мэдээ, материалын хүснэгт.

Мэдрэгч	ID	Огноо	Орон зайн нягтшил (метр)
Ландсат 8 OLI	LC081360242019082820190903	2019.08.28	30
Ландсат 7 ETM+	LE071360242010092820161212	2010.09.28	30
Ландсат 5 TM	LT051360242007081120161111	2007.08.11	30
Ландсат 5 TM	LT051360241999082120161218	1999.08.21	30
Ландсат 5 TM	LT051360241995082620170106	1995.08.26	30

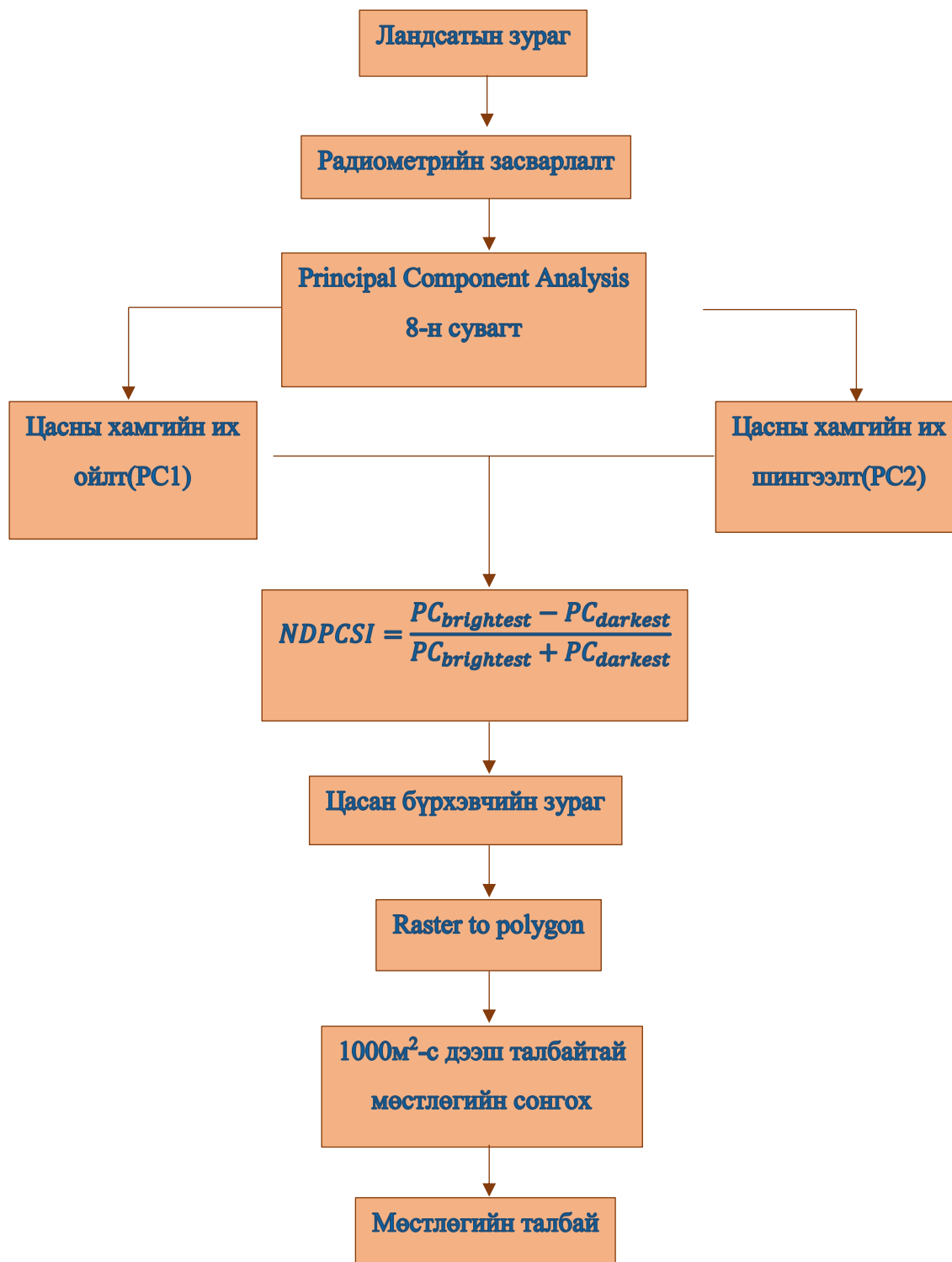
3.3.1. Мөстлөгийн талбайг тооцох аргазүй.

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).

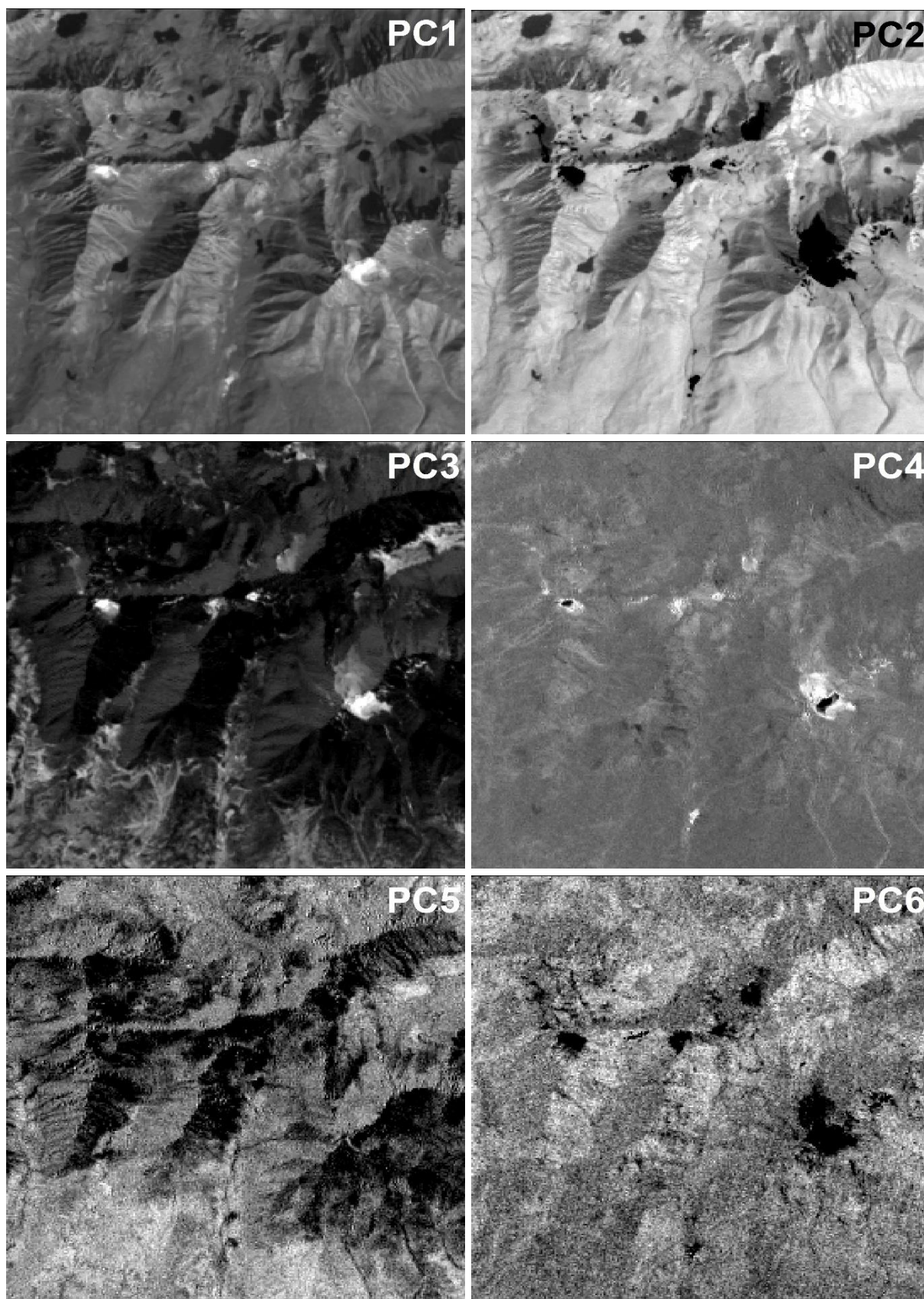
Ийнхүү бодолт хийхдээ бид Ландсат хиймэл дагуулийн 1-ээс 7 гэсэн сувгуудад бодолтоо хийсэн ба энэхүү бодолт хийх үйл явц нэлээд удаан үргэлжилдэг. Үүний дараа доорх томъёог ашиглан NDPCDI-ийн зургийг гаргаж авсан (Зураг 6).

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

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 5. Мөстлөгийн талбай зураглах ерөнхий аргазүй.



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

3.4. УСЫН ГАДАРГЫН ТАЛБАЙГ ТООЦОХ АРГАЗҮЙ.

Ландсат хиймэл дагуулын хувьд ашиглаж болох нээлттэй эх сурвалжуудаас хамгийн өндөр нарийвчлалтай буюу 30м тул Хөвсгөл нуурын усан гадаргын талбайг 1990-2019 онуудын хоорондох 30 жилийн хугацааны талбайн өөрчлөлтийг тооцоолсон. Хиймэл дагуулын мэдээний хугацааны хувьд нуурын талбай ямар нэгэн мөсөн хучаасгүй байх үеийг буюу 6-9-р саруудын мэдээг ашиглан судалгааны ажлын үр дүнг гаргасан болно. Ландсат хиймэл дагуул нь тодорхой хугацааны давтамжтай авдаг мөн зарим жилүүдэд хиймэл дагуулын мэдээнд үүлэн бүрхэцтэй байдаг тул жил бүрийн ижил хугацааны мэдээг ашиглах боломжгүй болгосон. Иймд судалгааны ажлын шаардлага хангахуйц мэдээг сонгон авч ENVI 5.1 программын тусламжтайгаар радиометрийн засварлалтыг хийж ArcGIS программын тусламжтай NDWI (Normalized Difference Water Index), AWEI (Automated Water Extraction Index) зэрэг усан гадаргын талбайг тооцоолох аргазүйнүүдийг ашиглан үр дүн гаргасан.

3.4.1. Normalized difference water index (NDWI)

Энэхүү аргачлал нь усан гадаргыг тооцоолох зориулалт бүхий аргазүй юм. Үүнд хиймэл дагуулын бүтээгдэхүүний Green буюу ногоон, Near infrared буюу ойрын хэт улаан туяаны сувгуудыг ашиглан тооцоолдог. Тооцоолол хийгээд гарсан пикселийн утгууд нь -1..-1 микроны хоорондын утгууд байх ба пикселийн 0.5 микроноос дээш утга нь усан гадаргын талбайг илтгэнэ (Gao,1996).

$$NDWI = \frac{(Green - NIR)}{(Green + NIR)} \quad (2)$$

3.4.2. Automated Water Extraction Index (AWEI)

Ландсат хиймэл дагуулын (MIR) спектрийн 5 суваг болох дундын хэт улаан туяаны ойлтыг ашиглан ус болон бусад гадаргыг ялгаж тооцоолох зориулалт бүхий аргачлал юм. Энэхүү аргачлал нь гадаргын усыг илүү нарийвчлан сайжруулсан байдлаар ялгаж харуулдаг. Пикселийн утга 0 микроноос их буюу эерэг байвал усан гадарга харин 0 микроноос бага буюу сөрөг байвал усан гадарга биш гэж авч үздэг (Gudina Legese Feyisa, 2014).

$$AWEI = 4 * (Green - MIR) - (0.25 * NIR + 2.75 * SWIR) \quad (3)$$

Хүснэгт 7. Усан гадаргын талбайн судалгаанд ашигласан мэдээ, материалын хүснэгт.

Мэдрэгч	ID	Огноо	Орон зайн нягтшил (метр)
Ландсат 5 ТМ	LT05_L1TP_136024_19900913_20170214 LT05_L1TP_136025_19900913_20170214	1990.09.13	30
Ландсат 5 ТМ	LT05_L1TP_136024_19910730_20170126 LT05_L1TP_136025_19910730_20170126	1991.07.30	30
Ландсат 5 ТМ	LT05_L1TP_136024_19920630_20170122 LT05_L1TP_136025_19920630_20170122	1992.06.30	30
Ландсат 5 ТМ	LT05_L1TP_136024_19930820_20170117 LT05_L1TP_136025_19930820_20170117	1993.08.20	30
Ландсат 5 ТМ	LT05_L1TP_136024_19940807_20170112 LT05_L1TP_136025_19940807_20170112	1994.08.07	30
Ландсат 5 ТМ	LT05_L1TP_136024_19950826_20170106 LT05_L1TP_136025_19950826_20170106	1995.08.26	30
Ландсат 5 ТМ	LT05_L1TP_136024_19960812_20170103 LT05_L1TP_136025_19960812_20170103	1996.08.12	30
Ландсат 5 ТМ	LT05_L1TP_136024_19970831_20161230 LT05_L1TP_136025_19970831_20161230	1997.08.31	30
Ландсат 5 ТМ	LT05_L1TP_136024_19980919_20161222 LT05_L1TP_136025_19980919_20161222	1998.09.19	30
Ландсат 5 ТМ	LT05_L1TP_136024_19990821_20161218 LT05_L1TP_136025_19990821_20161216	1999.08.21	30
Ландсат 7 ETM+	LE07_L1TP_136024_20000628_20170211 LE07_L1TP_136025_20000628_20170211	2000.06.28	30
Ландсат 7 ETM+	LE07_L1TP_136024_20010919_20170203 LE07_L1TP_136025_20010919_20170203	2001.09.19	30
Ландсат 7 ETM+	LE07_L1TP_136024_20020922_20170128 LE07_L1TP_136025_20020922_20170128	2002.09.22	30
Ландсат 7 ETM+	LE07_L1TP_136024_20030824_20170124 LE07_L1TP_136025_20030824_20170124	2003.08.24	30

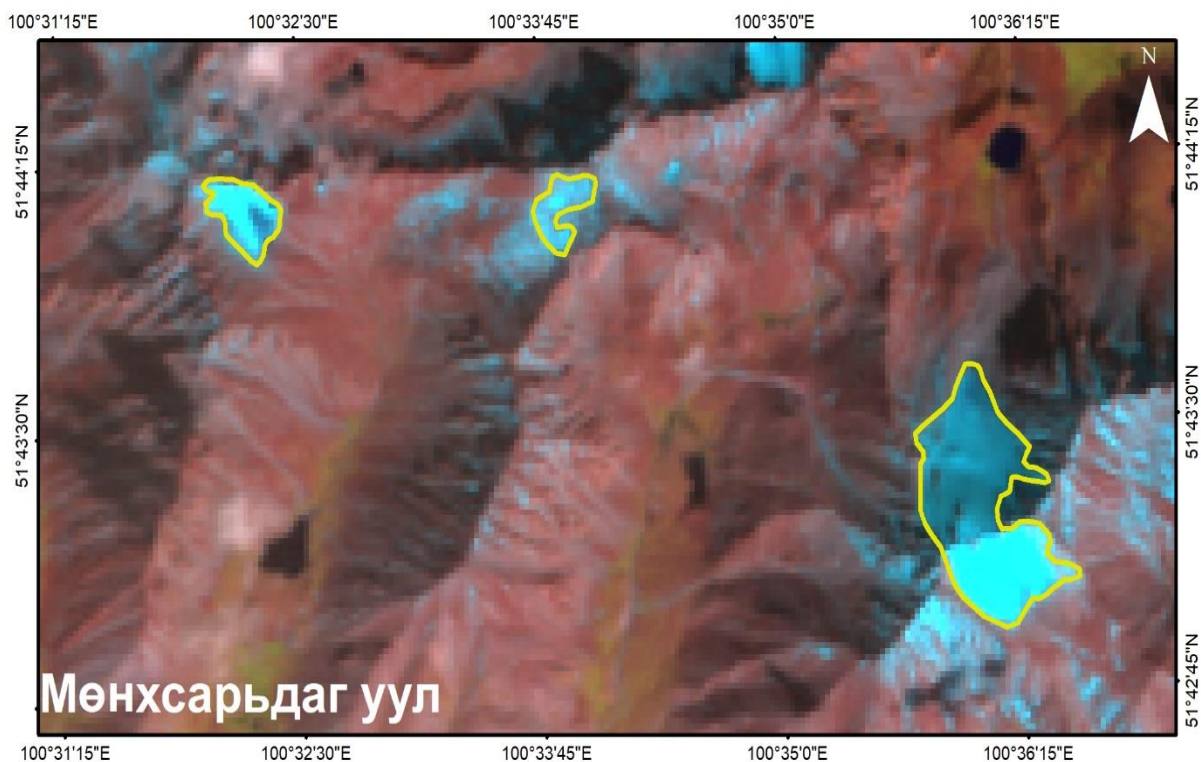
Ландсат 7 ETM+	LE07_L1TP_136024_20040607_20170120 LE07_L1TP_136025_20040607_20170120	2004.06.07	30
Ландсат 5 TM	LT05_L1TP_136024_20050922_20161125 LT05_L1TP_136025_20050922_20161124	2005.09.22	30
Ландсат 7 ETM+	LE07_L1TP_136024_20060731_20170107 LE07_L1TP_136025_20060731_20170109	2006.07.31	30
Ландсат 7 ETM+	LE07_L1TP_136024_20070920_20170101 LE07_L1TP_136025_20070920_20170102	2007.09.20	30
Ландсат 7 ETM+	LE07_L1TP_136024_20080704_20161228 LE07_L1TP_136025_20080704_20161228	2008.07.04	30
Ландсат 5 TM	LT05_L1TP_136024_20090901_20161021 LT05_L1TP_136025_20090901_20161021	2009.09.01	30
Ландсат 7 ETM+	LE07_L1TP_136024_20100928_20161212 LE07_L1TP_136025_20100928_20161212	2010.09.28	30
Ландсат 5 TM	LT05_L1TP_136024_20110923_20161006 LT05_L1TP_136025_20110923_20161006	2011.09.23	30
Ландсат 7 ETM+	LE07_L1TP_136024_20120901_20161128 LE07_L1TP_136025_20120901_20161128	2012.09.01	30
Ландсат 8 OLI	LC08_L1TP_136024_20130523_20170504 LC08_L1TP_136025_20130523_20170504	2013.05.23	30
Ландсат 8 OLI	LC08_L1TP_136024_20140713_20170421 LC08_L1TP_136025_20140713_20170421	2014.07.13	30
Ландсат 8 OLI	LC08_L1TP_136024_20150630_20170407 LC08_L1TP_136025_20150630_20170407	2015.06.30	30
Ландсат 8 OLI	LC08_L1TP_136024_20160702_20170323 LC08_L1TP_136025_20160702_20170323	2016.07.02	30
Ландсат 8 OLI	LC08_L1TP_136024_20170705_20170716 LC08_L1TP_136025_20170705_20170716	2017.07.05	30
Ландсат 8 OLI	LC08_L1TP_136024_20180825_20180829 LC08_L1TP_136025_20180825_20180829	2018.08.25	30
Ландсат 8 OLI	LC08_L1TP_136024_20190828_20190903 LC08_L1TP_136025_20190828_20190903	2019.08.28	30

ДӨРӨВДҮГЭЭР БҮЛЭГ. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН.

4.1. МӨСТЛӨГИЙН ТАЛБАЙН ӨӨРЧЛӨЛТ.

Энэхүү судалгаанд ашигласан Landsat 5 TM (Thematic Mapper) болон Landsat 7 ETM (Enhanced Thematic Mapper) гэх Ландсатын цуврал хиймэл дагуулуудын сувгууд өөр хоорондоо бага ялгаатай бол Landsat 8 OLI (Operational Land Imager) нь өмнөх 2 дагуулаас ялгаатай нь нэмэлт мэдрэгчтэй байдаг (*Амарсайхан, 2015*). Иймээс шалгалт хийхийн тулд Ландсат ТМ болон ЕТМ дагуулуудын хувьд 5, 4, 3 гэсэн сувгуудыг ашиглаж дундын нил улаан туяаны хослолыг гаргаж авдаг. Харин Ландсат 8 OLI дагуулын хувьд 6, 5, 4 гэсэн сувгуудыг ашиглаж дээрх хослолыг гаргаж авдаг (*Амарсайхан, 2014*). Энэхүү хослол нь цасны талбай, түүний хилийг маш тод харуулдгаараа Ландсатын бусад сувгуудын хослолуудаас давуу талтай тул мөстлөгийн талбайг шалгахад тохиромжтой байдаг (*Sibandze, 2014*) (*Зураг 7*).

Доорх зургаас 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.

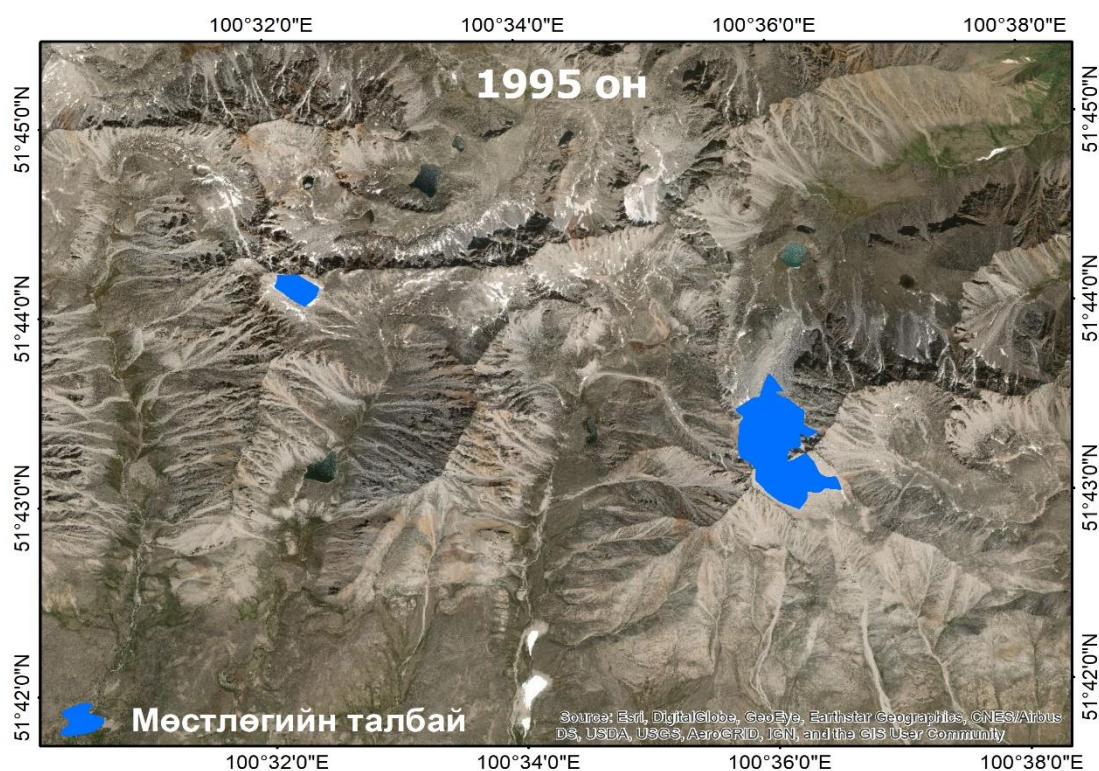


Зураг 7. Ландсат 5 хиймэл дагуулаас гаргаж авсан дундын нил улаан туяаны хослол болон мөстлөгийн талбайг давхцуулсан байдал.

Энэхүү судалгаагаар Мөнхсарьдаг уулын мөстлөгийн талбайн өөрчлөлтийг 1990-2019 онуудын хооронд тооцож хооронд нь харьцуулалт судалгаа хийхээр оролдсон. Мөстлөгийн талбайн өөрчлөлтийг тооцход хиймэл дагуулын мэдээ нь ямар нэгэн цасан бүрхэвч болон үүлэн бүрхэцгүй байх ёстой ба бидэнд 1990-2019 онуудын хооронд 1995,1999,2007,2010,2019 онуудын мэдээ нь дээрх шаарлагуудыг хангаж байсан.

Иймд бид Мөнхсарьдаг уулын мөстлөгийн талбайн өөрчлөлтийг 1995, 1999, 2007, 2010, 2019 онд тус тус тооцоолон гаргасан .

1995 онд Мөнхсарьдаг уулын мөстлөгийн нийт талбай 0.693660 км^2 байжээ (Зураг 8).



Зураг 8. Мөнхсарьдаг уулын мөстлөгийн талбай 1995 он.

Харин 1999 онд Мөнхсарьдаг уулын мөстлөгийн нийт талбай 0.661762 км^2 байсан (Зураг 9).



Зураг 9. Мөнхсарьдаг уулын мөстлөгийн талбай 1999 он.

2007 оны хувьд Мөнхсарьдаг уулын мөстлөгийн нийт талбай 0.521663 км^2 болсон байна (Зураг 10).



Зураг 10. Мөнхсарьдаг уулын мөстлөгийн талбай 2007 он.

2010 оны Мөнхсарьдаг уулын мөстлөгийн нийт талбай 0.420805 км^2 байсан (Зураг 11).



Зураг 11. Мөнхсарьдаг уулын мөстлөгийн талбай 2010 он.

2019 онд Мөнхсарьдаг уулын мөстлөгийн нийт талбай 0.256366 км^2 байсан (Зураг 12).



Зураг 12. Мөнхсарьдаг уулын мөстлөгийн талбай 2019 он.

Мөнхсарьдаг уулын мөстлөгийн нийт талбай 1995-2019 оны хооронд 0.437294 км^2 –аар багассан байна (Зураг 13).



Зураг 13. Мөнхсарьдаг уулын мөстлөгийн талбайн өөрчлөлт 1995-2019.

Судалгааны үр дүнгээс харахад Мөнхсарьдаг уулын мөстлөг нь 1995 онд 0.693660 км^2 , 1999 онд 0.661762 км^2 , 2007 онд 0.521663 км^2 , 2010 онд 0.420805 км^2 , 2019 онд 0.256366 км^2 болж тус тус буурсан байна. Энэ бууралтыг хувиар илэрхийлбэл 1995 оноос 1999 оны хооронд 4.6%-иар, 1999 оноос 2007 оны хооронд 21.2%-иар, 2007 оноос 2010 оны хооронд 19.3%-иар, 2010 оноос 2019 оны хооронд 39%-иар тус тус буурсан байна. Нийт 1995-оос 2019 оны хооронд мөстлөгийн талбай нь 2.7 дахин буурсан гэсэн үр дүн гарсан. Мөн хамгийн эрчимтэй буурсан жил нь 2007-2010 оны хооронд ажиглагдаад байна (Хүснэгт 8, График 2).

Хүснэгт 8. Мөнхсарьдаг уулын мөстлөгийн талбайн өөрчлөлтийн утгууд

МӨНХСАРЬДАГ УУЛЫН МӨСТЛӨГИЙН ТАЛБАЙН ӨӨРЧЛӨЛТ (км^2)					
	1995	1999	2007	2010	2019
Нийт талбай	0.693660	0.661762	0.521663	0.420805	0.256366
Өөрчлөлт (талбайгаар)		0.31898	0.140098	0.100857	0.164439
Өөрчлөлт (хувиар)		4.6% (4 жилд)	21.2% (8 жилд)	19.3% (3 жилд)	39% (9 жилд)

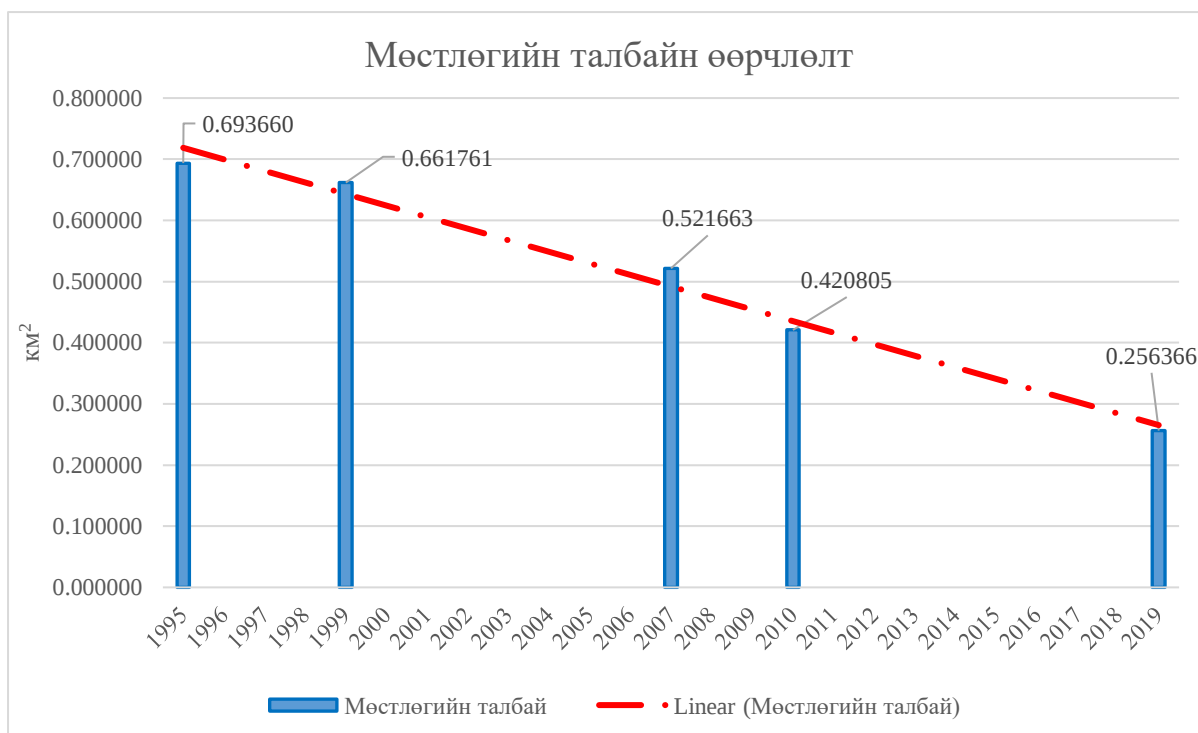


График 2. Мөстлөгийн талбайн өөрчлөлт

4.2. УСАН ГАДАРГЫН ТАЛБАЙН ӨӨРЧЛӨЛТ.

Хөвсгөл нуурын усан гадаргын талбайн 1990-2019 онуудын хооронд нийт 30 жилийн хугацааны өөрчлөлтийг Landsat 5 TM (Thematic Mapper), Landsat 7 ETM (Enhanced Thematic Mapper) болон Landsat 8 OLI гэх Ландсатын цуврал хиймэл дагуулын мэдээллийг ашиглан NDWI (Normalized difference water index) болон AWEI (Automated water extraction index) аргачлалыг ашиглан тооцоолсон (Хүснэгт 9)

Хүснэгт 9. Хөвсгөл нуурын усан гадаргын талбайн өөрчлөлтийн AWEI болон NDWI аргачлалаар тооцсон утгууд.

YEAR	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
NDWI	2783.7	2782.8	2784.0	2783.9	2778.3	2783.6	2783.6	2784.5	2788.2	2782.7
AWEI	2782.5	2782.1	2781.1	2783.4	2784.3	2783.7	2782.3	2781.8	2784.9	2781.1
YEAR	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
NDWI	2782.5	2787.4	2787.4	2792.3	2792.6	2788.5	2788.3	2791.1	2789.4	2785.9
AWEI	2780.8	2783.7	2783.8	2784.3	2781.4	2783.9	2783.6	2784.3	2783.4	2784.2
YEAR	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
NDWI	2792.7	2788.7	2788.5	2785.4	2781.1	2783.5	2788.5	2783.8	2785.2	2782.1
AWEI	2784.7	2782.7	2782.0	2786.3	2783.9	2783.5	2783.5	2783.7	2785.5	2782.3

Хөвсгөл нуурын усан гадаргын талбайг 1990-2019 онуудын хооронд AWEI аргачлалаар тооцож үзэхэд 2013 онд хамгийн их утга буюу 2786.3 км² талбайг эзлэж байсан бол хамгийн бага утга нь 2000 онд 2780.8 км² талбайг тус тус эзлэж байжээ. Сүүлийн 30 жилийн хугацааны хамгийн их болон хамгийн бага талбайн зөрүү 5.5 км²

байсан. Шугаман хандлагаас үзэхэд нуурын талбай нэмэгдэх үзүүлэлттэй гарсан ба 30 жилийн хугацаанд нуурын талбай дунджаар 1.6 км^2 өссөн бол 10 жил тутамд 0.53 км^2 өсөх хандлага ажиглагдсан. Харин Хөвсгөл нуурын усан гадаргын талбайг дээрх онуудад NDWI аргачлалаар тооцож үзэхэд 2010 онд хамгийн их утгийг буюу 2792.7 км^2 талбайг эзлэж байсан бол хамгийн бага утга нь 1994 онд 2778.3 км^2 талбайг тус тус хамарч байжээ. Дээрх аргачлалаар тооцоход сүүлийн 30 жилийн хугацааны хамгийн их болон хамгийн бага талбайн зөрүү 14.4 км^2 байсан. Шугаман хандлагаас үзэхэд нуурын талбай нэмэгдэх үзүүлэлттэй гарсан ба 30 жилийн хугацаанд нуурын талбай дунджаар 3.0 км^2 өссөн бол 10 жил тутамд 1.0 км^2 өсөх хандлага ажиглагдсан (График 3).

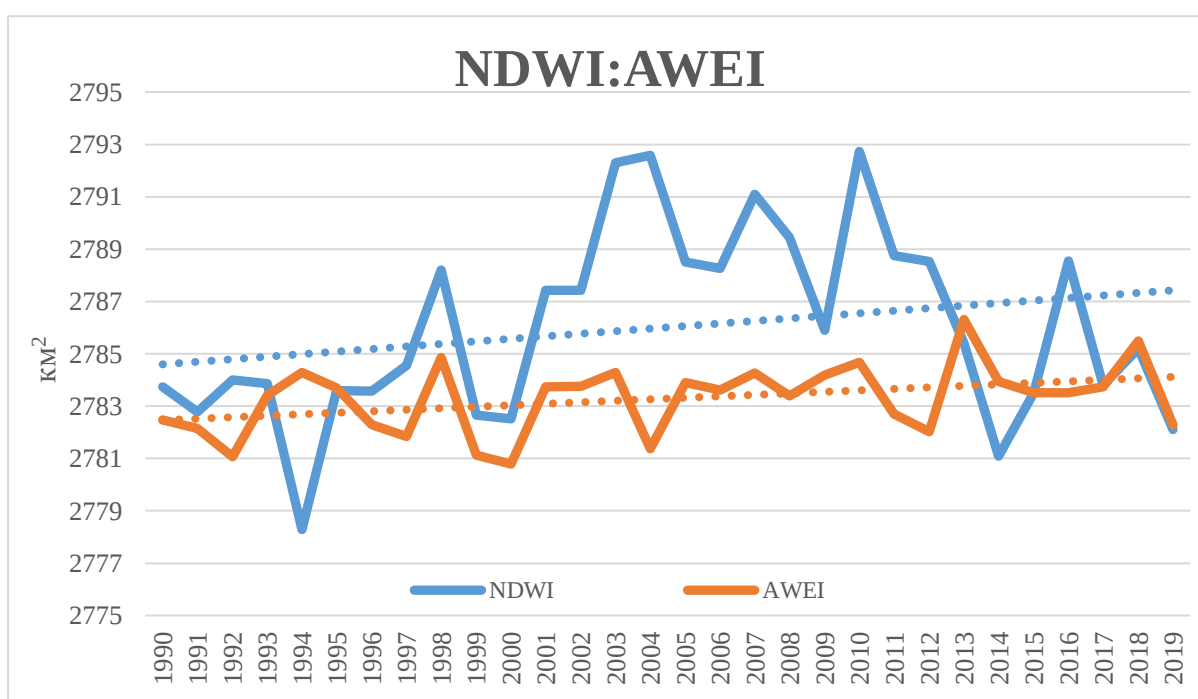


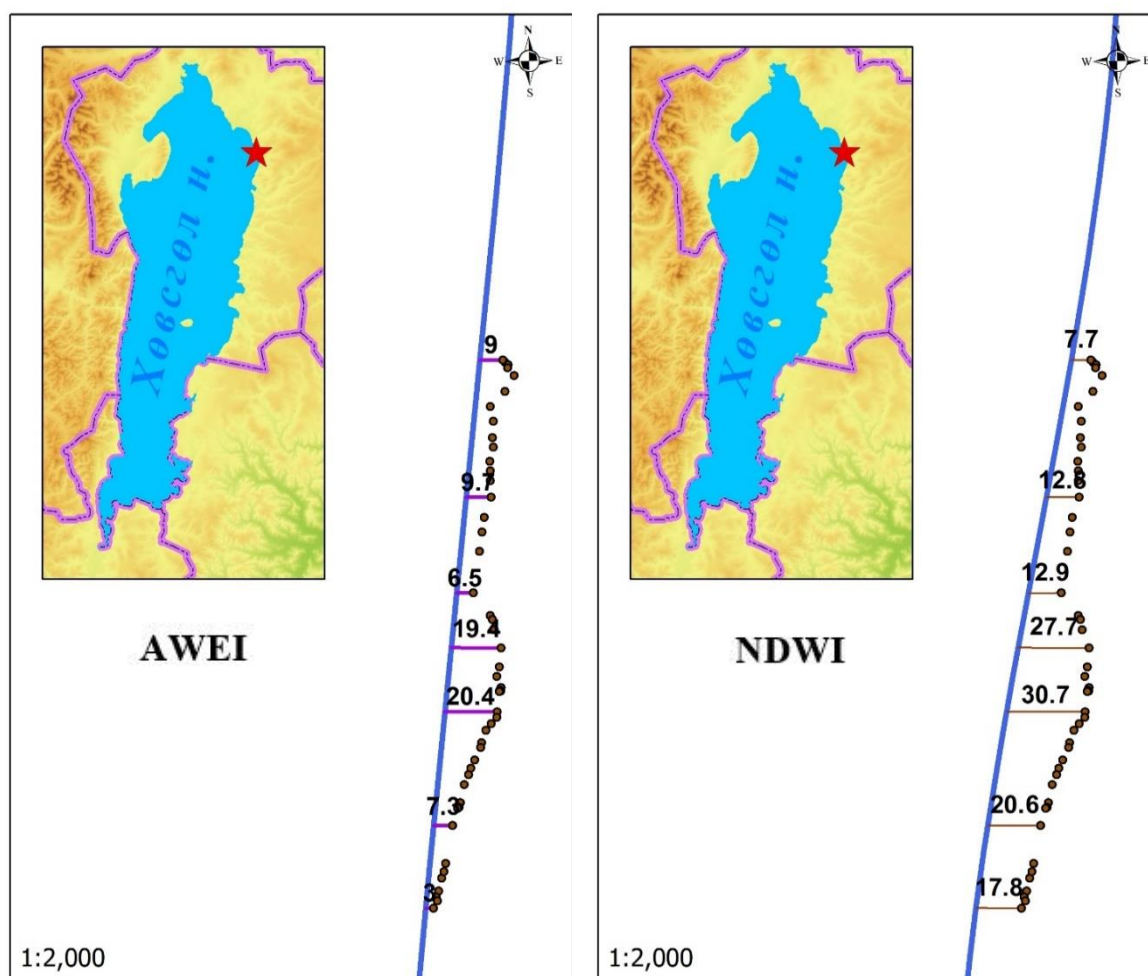
График 3. NDWI болон AWEI аргачлалаар тооцсон нуурын талбайн өөрчлөлт.

NDWI болон AWEI аргачлалуудаар тооцож гаргасан үр дүнгүүдээ харьцуулж үзэхэд AWEI аргачлал нь харьцангуй тогтвортой буюу усан гадаргын талбайн өөрчлөлтийн хэлбэлзэл багатай гарсан бол NDWI аргачлал нь тогтворгүй, талбайн өөрчлөлт хэлбэлзэл ихтэй байсан.

Мөн 2019 оны 08-р сарын 14-ны өдөр Хөвсгөл аймгийн Ханх сумын нутагт GPS (Global Positioning System) төхөөрөмж ашиглан Хөвсгөл нуурын зүүн эрэг дагуу 440 метр эргийн шугамыг тэмдэглэсэн. Хөвсгөл нуурын усан гадаргын талбайг тооцоход ашигласан 2 аргазүйгээ дээрх мэдээллийг ашиглан баталгаажуулсан ба дээрх хэмжилтийг 2019.08.08 өдөр хэмжсэн ба энэхүү судалгаанд ашигласан 2019 оны Landsat хиймэл дагуулын мэдээ нь 2019.08.28 өдрийн мэдээ байсан. Дээрх хэмжилт болон мэдээ нь цаг хугацааны хувьд 20 хоногийн зөрүү гарсан бөгөөд бид дээрх хэмжилт болон мэдээг харьцуулж үзэх боломжтой гэж үзсэн. Учир нь Хөвсгөл нуур нь маш их том талбайг хамарч оршдог учир богино хугацаанд гэнэтийн өөрчлөлт гарахгүй гэж үзэж баталгаажуулалт хийсэн бөгөөд нийт хэмжилтийн цэгүүдээс 7 цэг сонгон авч тэдгээр цэгүүдээсээ AWEI болон NDWI аргачлалаар тооцож гаргасан нуурын эргийн шугам хүртэлх зайг тооцож үзэхэд AWEI аргачлалын хувьд хамгийн их зөрүү 20.3 метр, хамгийн бага зөрүү 2.9 метр байсан ба дунджаар 10.7 метрийн зөрүү тооцоологдсон. Харин NDWI аргачлалын хувьд хамгийн их зөрүү 30.6 метр, хамгийн бага зөрүү 7.65 метр байсан ба дунджаар 18.5 метрийн зөрүүтэй гарсан. Үүнээс үзэхэд AWEI аргачлал нь NDWI аргачлалаас алдааны хувьд бага мөн жилүүдийн талбайн өөрчлөлтийн хэлбэлзэл багатай байсан учир цаацдын судалгааны ажлын үр дүнгүүдэд AWEI аргачлалыг ашиглаж үр дүнгээ гаргах болсон (*Хүснэгт 10*).

Хүснэгт 10. NDWI болон AWEI аргачлалаар тооцсон нуурын эргийн шугам болон хээрийн хэмжилтээр хэмжсэн эргийн шугамын зөрүү.

Line	NDWI to SHORE (m)	AWEI to SHORE (m)
1	17.8173	2.98979
2	30.6549	20.3714
3	12.8643	8.9601
4	12.8295	7.34083
5	7.65997	6.46008
6	27.6724	9.69262
7	20.6085	19.4436
AVG	18.5867	10.7512
MAX	30.65488	20.37143
MIN	7.659972	2.989793



Зураг 14. Зайнаас тандан судлалын аргаар тооцсон нуурын эргийн шугам болон хээрийн хэмжилтээр хэмжсэн нуурын эргийн шугамын зөрүү.

4.3. НУУРЫН ТАЛБАЙН ӨӨРЧЛӨЛТ БА ЦАГ УУРЫН ХҮЧИН ЗҮЙЛИЙН ХАМААРАЛ

Хөвсгөл нуурын талбайн өөрчлөлтийг тооцоолж түүнтэй хамгийн ойр орших цаг уурын станцтай буюу Хатгал тосгоны цаг уурын харуулын хур тунадас болон агаарын температурын мэдээтэй харьцуулсан. Агаарын температурын мэдээг харьцуулахдаа боловсруулалт хийж агаарын хоногийн дундаж хасах температурын нийлбэр (FDD) болон агаарын хоногийн дундаж нэмэх температурын нийлбэрүүдийг (TDD) тус тус боловсруулан авч харьцуулалт хийсэн.

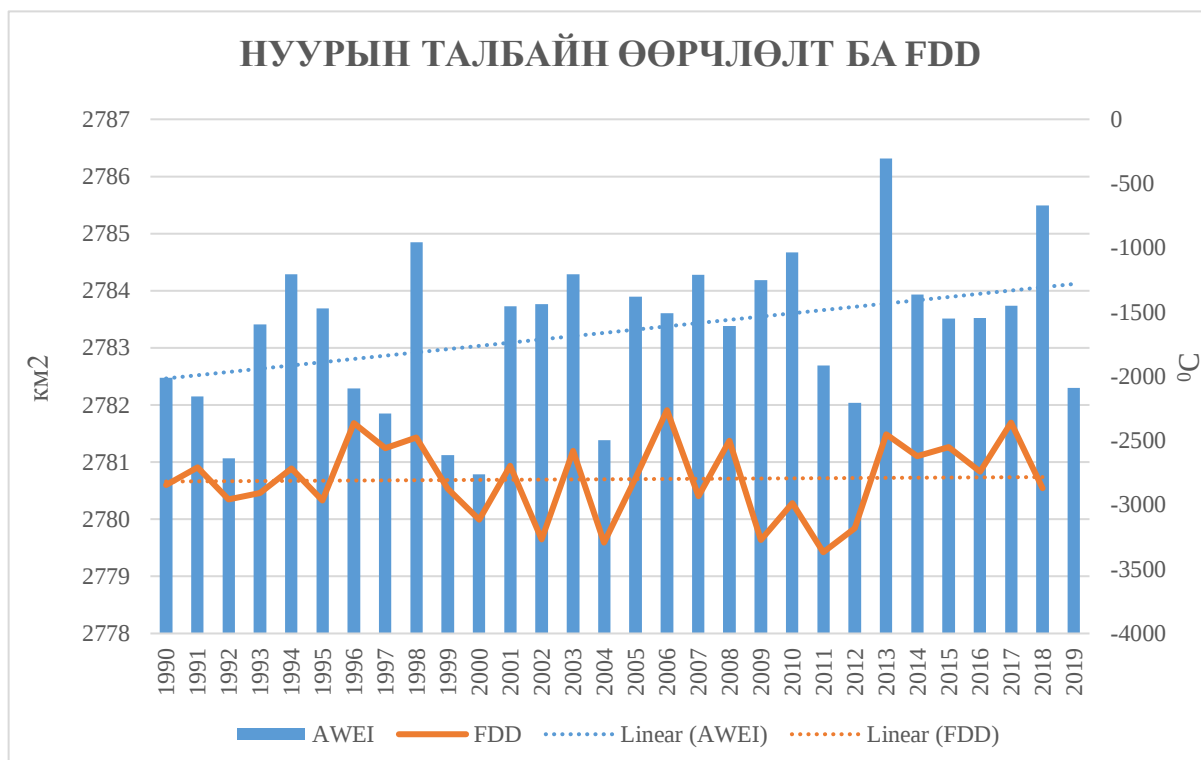


График 4. Нуурын талбайн өөрчлөлт ба FDD.

Хүснэгт 11. Хөвсгөл нуурын талбайн өөрчлөлтийн утгууд ба харгалзах оны FDD-ийн утгууд.

YEAR	AWEI	FDD	YEAR	AWEI	FDD
1990	2782.47	-2843.4	2003	2784.29	-2577.4
1991	2782.15	-2706.5	2004	2781.38	-3291.9
1992	2781.07	-2958.3	2005	2783.89	-2790.7
1993	2783.41	-2909.3	2006	2783.61	-2262.9
1994	2784.29	-2717.5	2007	2784.28	-2933
1995	2783.69	-2965.2	2008	2783.39	-2501.7
1996	2782.29	-2362.1	2009	2784.18	-3274.1
1997	2781.85	-2559.4	2010	2784.67	-2985.7
1998	2784.85	-2476.8	2011	2782.69	-3368.1
1999	2781.12	-2872.2	2012	2782.04	-3181.9
2000	2780.79	-3115.9	2013	2786.31	-2450.8
2001	2783.73	-2694.8	2014	2783.94	-2619.1
2002	2783.77	-3269.4	2015	2783.52	-2552.1

Агаарын хоногийн дундаж хасах температурын нийлбэрийг тухайн жилийн AWEI аргачлалын үр дүнгээр гарсан талбайн хэмжээтэй харьцуулж үзэхэд хамаарлын чиглэлийн хувьд урвуу хамааралтай гарч байсан. Энэ нь нуурын талбайн хэмжээ өсөх хандлага ажиглагдаж байхад FDD-ийн утга буурах буюу илүү хүйтэн болох хандлагатай байна. Дээрх үзүүлэлтүүдэд корреляцийн коэффициентийг тооцоход $R=0.29$ буюу сул хамааралтай байна (График 4, Хүснэгт 11).

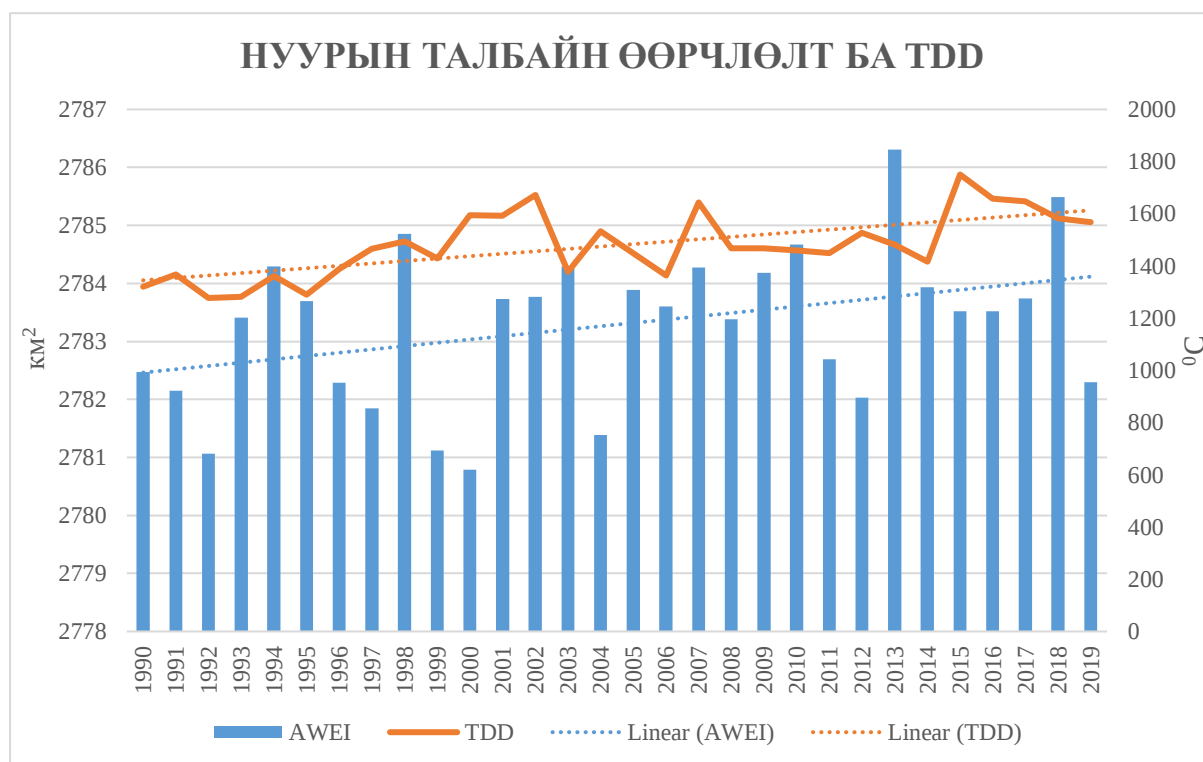


График 5. Нуурын талбайн өөрчлөлт ба TDD.

Хүснэгт 12. Хөвсгөл нуурын талбайн өөрчлөлтийн утгууд ба харгалзах оны TDD-ийн утгууд.

YEAR	AWEI	TDD	YEAR	AWEI	TDD	YEAR	AWEI	TDD
1990	2782.5	1319.8	1999	2781.1	1429.2	2008	2783.4	1467.7
1991	2782.1	1367.1	2000	2780.8	1593.9	2009	2784.2	1468.8
1992	2781.1	1277.6	2001	2783.7	1591.8	2010	2784.7	1459.4
1993	2783.4	1281.4	2002	2783.8	1672.3	2011	2782.7	1448.7
1994	2784.3	1361.6	2003	2784.3	1377.2	2012	2782.0	1528.3
1995	2783.7	1289.7	2004	2781.4	1533.0	2013	2786.3	1483.2
1996	2782.3	1388.5	2005	2783.9	1450.3	2014	2783.9	1417.1
1997	2781.8	1465.5	2006	2783.6	1364.2	2015	2783.5	1750.6
1998	2784.9	1495.3	2007	2784.3	1643.3	2016	2783.5	1657.9

Харин TDD-ийн хувьд тухайн жилийн талбайн хэмжээтэй харьцуулж үзэхэд шууд хамааралтай гарч байсан. Энэ нь нуурын талбайн хэмжээ өсөх хандлага ажиглагдаж байхад TDD-ийн утга нэмэгдэх буюу илүү дулаан болох хандлагатай байна. Дээрх үзүүлэлтүүдэд корреляцийн коэффициентыг тооцоход $R=0.14$ буюу хүчтэй сул хамааралтай гарсан. Эдгээр утгуудыг жил тус бүрээр нь үзвэл таарц муу байх ба зарим жилд TDD-ийн утга нэмэгдэхэд нуурын талбай буурах эсвэл TDD-ийн утга буурахад нуурын талбай хэмжээ нэмэгдэх зэрэг тохиолдлууд цөөнгүй байсан. Ийм учраас дээрх хоёр үзүүлэлтүүд хоорондоо шууд хамаарал үүсгэж чадахгүй гэж үзсэн (График 5, Хүснэгт 12)

Хатгал цаг уурын харуулын хэмжилтийн 1990-2019 онуудын жилийн нийлбэр хур тунадасны хэмжээг харгалзах оны нуурын талбайн өөрчлөлттэй харьцуулж үзэхэд 1994,2003,2013,2016 болон 2018 онд хур тунадас хамгийн их буюу 384мм дээш унасан эдгээр жилүүдэд нуурын талбай олон жилийн дундаж утгаас нэмэгдсэн ч 1990,2000 онуудад хур тунадас их байсан үед нуурын талбай бага байсан. Мөн нуурын талбай нэмэгдсэн 1998,2010 онуудад жилийн нийлбэр хур тунадасны хэмжээ бага байсан зэргээс шалтгаалж хур тунадас нь Хөвсгөл нуурын талбайд хүчтэй хамаарал үүсгэдэггүй гэж үзсэн. Дээрх хоёр үзүүлэлтийн олон жилийн хандлагын чиглэлээс харахад шууд хамааралтай байсан ба корреляцийн коэффициентыг тооцож үзэхэд $R=0.29$ буюу дээрх хоёр үзүүлэлтүүд хоорондоо сул хамааралтай байна (График 6).

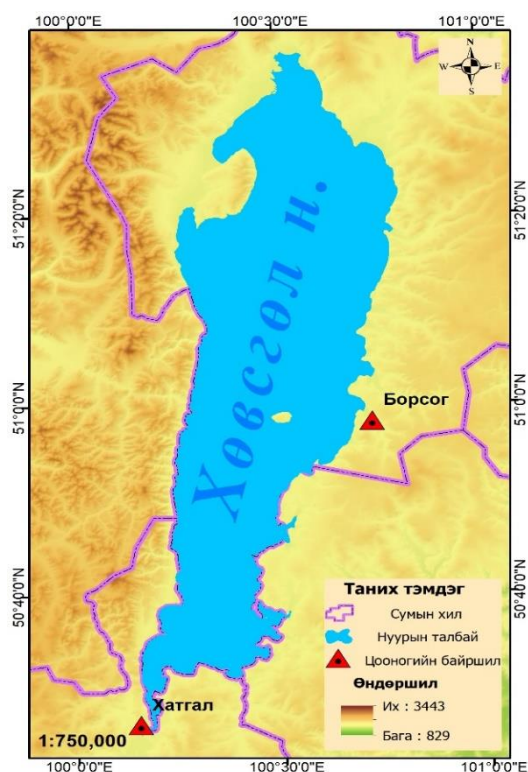


График 6. Нуурын талбайн өөрчлөлт ба хур тунадас.

4.4. НУУРЫН ТАЛБАЙН ӨӨРЧЛӨЛТ БА ЦЭВДГИЙН ХАМААРАЛ.

Дулааны улиралд цэвдэгтэй газрын ул хөрс дээрээсээ гэсч гэсгэлэн давхарга үүсгэх ба үүнийг улирлын гэсэлтийн давхарга гэнэ. Ул хөрс нь улирлаар хөлдөж, гэсдэг ба энэхүү үе давхаргыг идэвхитэй үе давхарга гэнэ. Хөвсгөл нуур орчимд идэвхитэй үе давхаргын зузаан нь цэвдгийн дээд хилийг тодорхойлно (Дашицэрэн, 2018).

Хөвсгөл уулархаг бүс нутаг орчмын цэвдгийн төлөв байдлын талаар хийсэн судалгаагаар Хатгал цооногийн хөрсний дээжээс тодорхойлсон үр дүнгээр тухайн орчмын газар нутгийн хөрсөнд агуулагдах ус болон мөсний агууламжийн эзлэх хувийг 9% гэж тодорхойлсон байдаг (Anarmaa, 2007). Иймд Хөвсгөл нуурын орчмын 1м^3 хөрсөнд ойролцоогоор 90 литр ус агуулагдаж байна гэж үзэж болох юм. Хөвсгөл нуурын ус хурах талбайг 5300 км^2 гэж үзээд цэвдэг нь 1 метрээр алдрахад 477,000,000,000 тонн ус цэвдгээс алдрах боломжтой байна. Иймд нуурын талбайн өөрчлөлттэй цэвдгийн нөлөөг харьцуулж судлах шаардлагатай болсон.



Зураг 15. Нуур орчмын цооногуудын тооцоолж Хөвсгөл нуурын талбайтай харьцуулж үзсэн. Хатгал цооногийн хувьд Хөвсгөл нуурын урд эрэгт байрлах Хатгал тосгоны цаг уурын станцын хашаанд байрлах ба Борсог цооног нь Хөвсгөл нуурын зүүн эрэгт Ханх сумын нутагт байрлана (Зураг 16).

Хөвсгөл аймагт цэвдгийн мониторингийн цооног элбэг байх ба үүнээс Хөвсгөл нуур орчимд болон түүнтэй ойр орших цооногууд нь Хатгал тосгоны цаг уурын станцад болон Борсог орчимд байдаг бөгөөд Хатгал цооногийн хувьд байнгын хэмжилтийг 2002 оноос хойш, Борсог цооног нь 2003 оноос хойш хэмжилт хийсэн байдаг. Мөн хэмжилтийн төхөөрөмжид ус орох, зай дуусах, алдаа заах, мэдээгээ хадгалахгүй эвдрэх, хүн, мал сүйтгэх зэргээс шалтгаалан дээрх онуудаас хойших мэдээллийн бүрэн бүтэн байдал зэрэг дутмаг байсан тул Хатгал цооногийн 2002-2009 онууд, Борсог цооногийн 2003, 2006, 2007, 2008, 2009 онуудын мэдээнээс идэвхитэй үе давхаргын зузааныг

Хатгал цооногийн мэдээнээс тооцоолж гаргасан идэвхтэй үе давхаргын зузаан нь харгалзах онуудын нуурын талбайн хэмжээтэй хамааралтай гэдэг нь доорх графикаас харагдаж байна. Дээрх хүчин зүйлүүдийн корреляцийн коэффициентыг тооцож үзэхэд $R=0.52$ буюу хамааралтай байна (График 7).



График 7. Нуурын талбайн өөрчлөлт ба Хатгал цооногийн идэвхтэй үе давхаргын зузааны өөрчлөлт.

Борсог цооногийн 2003, 2006, 2007, 2008, 2009 онуудын мэдээнээс идэвхтэй үе давхаргын зузааныг тооцоолж Хөвсгөл нуурын талбайтай харьцуулж үзэхэд хамааралтай гэдэг нь доорх графикаас харагдаж байна. Дээрх хүчин зүйлүүдийн корреляцийн коэффициентыг тооцоход $R=0.53$ буюу хамааралтай байна (График 8).



График 8. Нуурын талбайн өөрчлөлт ба Борсог цооногийн идэвхтэй үе давхаргын зузааны өөрчлөлт.

4.5. НУУРЫН ТАЛБАЙН ӨӨРЧЛӨЛТ БА ОЛОН ХҮЧИН ЗҮЙЛИЙН ХАМААРАЛ

Хөвсгөл нуурын талбайн өөрчлөлт нь тухайн бүс нутагт тархсан цэвдгийн өөрчлөлттэй холбоотой байна. Өмнөх хэсэгт авч үзсэн агаарын хоногийн дундаж нэмэх температурын нийлбэр, агаарын хоногийн дундаж хасах температурын нийлбэр болон хур тунадас зэрэг нь цэвдгийг оршин тогтноход нөлөөлдөг цаг уурын хүчин зүйлс юм. Иймд дээрх хүчин зүйлүүд нь мөн нуурын талбайн өөрчлөлтөд нөлөөлөх ёстой гэж үзээд дээрх хүчин зүйлүүдийг хамтад нь энэхүү хэсэгт авч үзсэн. Эдгээр хүчин зүйлүүдийг хамтад нь тооцоолохдоо хүчин зүйл тус бүрд харьцаат хувьсагчийг хэмжих статистик боловсруулалтын арга ашиглан тооцооллоо. Энэхүү арга нь дээрх хүчин зүйлүүдийн 1990-2019 онуудын дундаж утгыг тооцоолж, дундаж утгаасаа их байх үеийн утгыг тоолох арга юм. Жишээ нь: Хүснэгт 13-аас харахад 1998 болон 2013 онуудад TDD, FDD, хур тунадас зэрэг хүчин зүйлүүд нь олон жилийн дундаж утгаасаа их үед (7, 8 9-р багана) нуурын талбай олон жилийн дунджаасаа 1998 онд 1.6 км², 2013 онд 3.0 км² тус тус нэмэгдсэн байна. Харин дээрх гурван хүчин зүйлийн хоёр хүчин зүйл нь олон жилийн дунджаасаа ихэссэн үе болох 1994 болон 2015 онуудад нуурын талбай 1.0 км², 0.2км²-аар тус тус нэмэгдсэн бол нэг хүчин зүйлийн утга эерэг үед буюу 1990 онд зөвхөн хур тунадас нь олон жилийн дунджаас их унасан үед нуурын талбай олон жилийн дунджаас -0.8 км²-аар буурсан үзүүлэлттэй гарсан

Хүснэгт 13. 1990, 1994, 1998, 2013, 2015 онуудын хоорондох нуурын талбай, цаг уурын хүчин зүйлүүдийн утгууд тэдгээрийн хазайлтын утгууд.

Year	AWEI	TDD	FDD	Precipitation	AWEI:AVG	TDD:AVG	FDD:AVG	PRE:AVG
1990	2782.5	1319.8	-2843.4	391.9	-0.8	-159.6	-42.9	84.0
1994	2784.3	1361.6	-2717.5	446.1	1.0	-117.8	83.0	138.2
1998	2784.9	1495.3	-2476.8	328.1	1.6	15.9	323.7	20.2
2013	2786.3	1483.2	-2450.8	384.3	3.0	3.8	349.7	76.4
2015	2783.5	1750.6	-2552.1	267.8	0.2	271.2	248.4	-40.1
AVG	2783.3	1479.4	-2800.5	307.9				

Дээрх статистик боловсруулалтын арга ашиглан 1990-2019 онуудын хоорондох цаг уурын хүчин зүйлүүдийн дундаж утгаасаа ихэссэн үеийн утгыг тоолж уг утгаа харгалзах оны нуурын талбайн хазайлттай харьцуулж үзлээ. Ийнхүү харьцуулан үзэхэд гурван хүчин зүйлийн хазайлт нь гурвуулаа их буюу олон жилийн дунджаасаа нэмэгдсэн дөрвөн тохиолдолд бүгдэд нь нуурын талбай олон жилийн дунджаасаа нэмэгдсэн буюу 100% харин дээрх хүчин зүйлүүдийн хоёр хүчин зүйл нь их байсан найман тохиолдлоос 2000 болон 2019 оноос бусад тохиолдолд нуурын талбай өссөн үзүүлэлттэй гарсан буюу

хоёр хүчин зүйлийн утга эерэг үед нуурын талбай олон жилийн дунджаас их байх магадлал 75%, дээрх хүчин зүйлүүдээс нэг хүчин зүйл олон жилийн дунджаасаа их үед нуурын талбай нэмэгдэх 50% магадлалтай гэсэн үр дүн гарсан. Мөн статистик үнэмшлийг регрессийн тэгшитгэлээр тооцож үзэхэд $P < 0.03$ буюу статистик үнэмшилтэй гарсан (График 9).

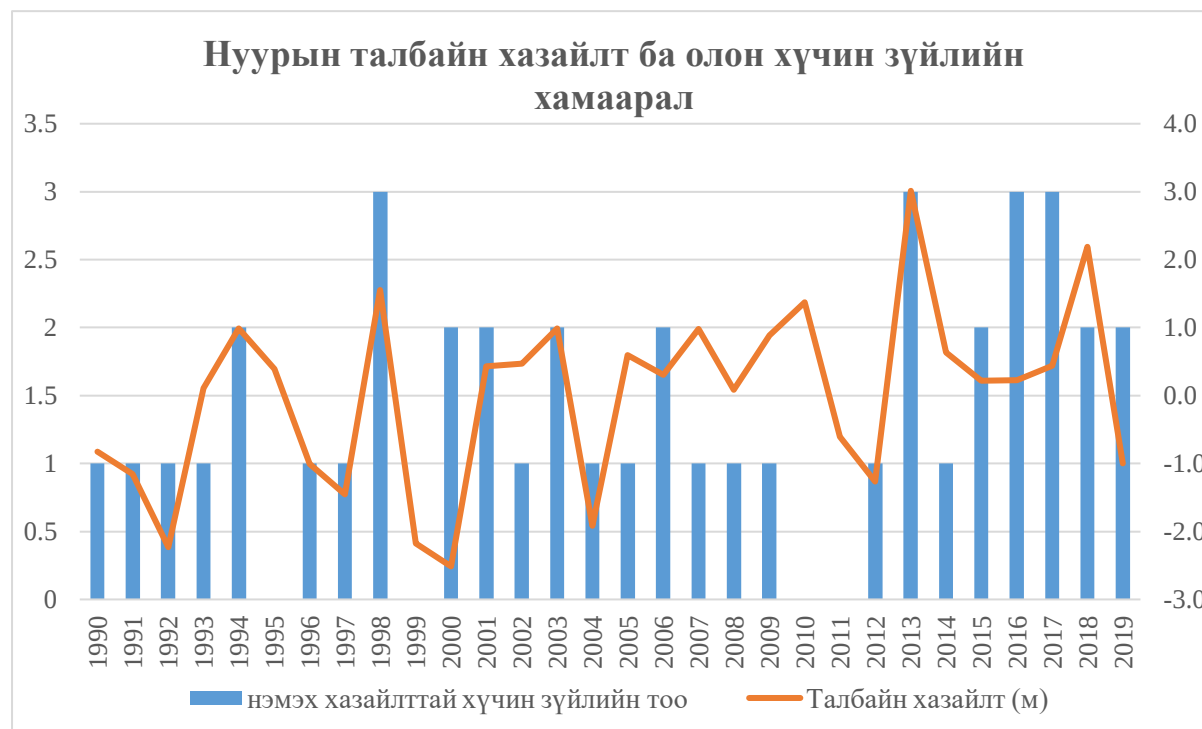


График 9. Нуурын талбайн хазайлт болон олон хүчин зүйлийн хамаарал.

ДҮГНЭЛТ

Судалгааны ажлын хүрээнд Хөвсгөл нуурын усан гадаргын талбайн өөрчлөлт түүнд нөлөөлөх байгалийн хүчин зүйлсийг тодорхойлох байлаа. Энэхүү судалгаанаас дараах дүгнэлтүүд гарч байна.

Хөвсгөл нуурын усан гадаргын талбайг 1990-2019 онуудын хооронд буюу сүүлийн 30 жилийн өөрчлөлтийг тооцож үзэхэд нэмэгдэх хандлагатай байсан ба 30 жилийн хугацаанд нуурын талбай дунджаар 1.6 км^2 өссөн бол 10 жил тутамд 0.53 км^2 өсөх хандлага ажиглагдсан.

Мөстлөгийн талбайн хувьд Мөнхсарьдаг уулын мөстлөг 1995 оноос 2019 оны хооронд нийт 0.43 км^2 -аар буюу 2.7 дахин буурсан ба 2007-2010 онуудын хооронд мөстлөгийн алдрал хамгийн эрчимтэй буюу 3 жилийн хугацаанд 19.3%-иар буурсан нь дээрх жилүүдэд Хөвсгөл орчмын нутагт агаарын температурын хамгийн дулаан үе байсан бөгөөд тус онуудад нуурын талбайн хэмжээ олон жилийн дунджаас нэмэгдсэн байна. Энэ нь Мөнхсарьдаг уулын мөстлөг нь Хөвсгөл нуурт цутгадаг томоохон цутгал голуудын тэжээл болдогтой холбоотой. Мөн Хөвсгөл нуурын талбайн өөрчлөлтөд үзүүлэх байгалийн хүчин зүйлүүдээс хамгийн их хамааралтай нь цэвдэг болон мөстлөг юм. Цэвдгийн хамаарлын коэффициентын утга $R=0.52$ дээш утгатай байсан нь бусад хүчин зүйлүүдээс хамгийн их хамааралтай байгааг илтгэж байна.

Агаарын температур болон хур тунадас нуурын талбайд шууд нөлөө үзүүлэхгүй. Харин шууд нөлөө үзүүлдэг цэвдэг болон мөстлөг шууд нөлөө үзүүлэх учир дээрх үзүүлэлтүүд нь нуурын талбайд дам нөлөөг үзүүлнэ. Дээрх цаг уурын хүчин зүйлсийн хамтад нь авч үзэж харьцаат хувьсагчийг хэмжих арга ашиглан тооцож нуурын талбайн хазайлттай харьцуулахад өндөр хамааралтай байсан ба статистик үнэмшил $P<0.03$ байна.

Дээрх дүгнэлтүүдээс харахад Хөвсгөл нуурын талбай нь цэвдгийн алдрал болон Мөнхсарьдаг уулын мөстлөгийн алдралаас шалтгаалан тэлж байна. Цэвдгийн болон мөстлөгийн алдрал нь тухайн бүс нутгийн температурын горимоос шууд хамаарч байна. Иймд Хөвсгөл нуурын талбайн өөрчлөлтөд цэвдэг болон мөстлөг нь шууд нөлөө үзүүлэх ба цаг уурын хүчин зүйлүүд болох хур тунадас болон температурын горим нь дам нөлөөг үзүүлж 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, 1971. “Монгол орны уур амьсгал” Улаанбаатар.
4. Жамбалжав Я, Гансүх Я, Тэмүүжин Х. “Монгол орны цэвдгийн тархалтын зураглал боловсруулах ажлын тайлан”. Улаанбаатар 2016 он.
5. Жамбалжав Я. 2017. “Монгол орны цэвдгийн тархалт, өөрчлөлт”. Улаанбаатар.
6. “Монгол орны ашигт малтмалын зураг”. Улаанбаатар 2002 он.
7. Цэгмид Ш. 1967. “Монгол орны физик газарзүй”.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. Vladimir M.Kotlyakov. 1998. “Resources and Environment-World Atlas”.
12. Даваа Г. 2017. “Монгол орны гадаргын усны нөөцийн судалгааны үр дүнгээс”, Улаанбаатар хот
13. Цэрэнсодном Ж. 2000. “Монгол орны нуурын каталог”, Улаанбаатар хот
14. Gudina L.Feyisa., et al. “Automated Water Extraction Index: A New Technique for Surface Water Mapping Using Landsat Imagery” Remote Sensing of Environment, 140 (2014) 23-35.
15. Дашцэрэн А. 2018. “Хүйтэн мандал” Монгол улсын шинжлэх ухааны академи, танин мэдэхүйн цуврал-43.

16. Anarmaa SH., et al. 2007. “*Permafrost monitoring in the Khuvsgul mountain region, Mongolia*”. J. geophys. Res., 112.
17. Оюунгэрэл Б. 2004. “*Монгол улсын тусгай хамгаалалттай газар нутаг*” Улаанбаатар хот.
18. “*Хөвсгөл нуур-эгийн голын сав газрын усны нөөцийн нэгдсэн менежментийн төлөвлөгөө*” Улаанбаатар хот 2014 он.
19. Х.Тэмүүжин, А.Дашцэрэн, Ц.Ундрахцэцэг. “*Хархираа, Түргэн, Сутай хайрхан уулсын мөстлөгийн цаг хугацааны өөрчлөлтийн харьцуулалт*” Хүрэлтогоот-2017, хуудас 85-89, Улаанбаатар хот.
20. Кузнецов.Н.Т. “*1968. Воды Центральной Азии*”. Москва. Наука.
21. Bo-Cao Gao. 1996. “*NDWI-A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water From Space*” Remote sensing of Elsevier, 2nd edition, 258-266.