



NATIONAL UNIVERSITY OF MONGOLIA
SCHOOL OF ARTS AND SCIENCES
DEPARTMENT OF GEOGRAPHY

Geographical Issues

Газарзүйн Асуудлууд

Volume 25 (02)

ISSN: 2312-8534

2025

Ulaanbaatar

Climatic Study of Site of Chinggis Khaan International Airport in the Khushig Valley

Azjargal Dorjpurev¹, Sandelger Dorligjav^{1*}, Erdenesukh Sumiya¹

¹Department of Meteorology and Hydrology, School of Arts and Sciences, National University of Mongolia, Ulaanbaatar 14200, Mongolia

*Corresponding author: d.sandelger@num.edu.mn

Received: 2025.03.12

Revised: 2025.05.02

Accepted: 2025.05.05

Abstract

In connection with the construction of a new international airport, the Civil Aviation Administration of Mongolia made a decision to urgently develop a climate profile for the Khushig Valley in 2001. Within the framework of this decision, researcher B. Jigmeddorj developed a climate profile for the area in 2007. The climate profile was developed using data from the automatic weather station located in the Khushi Valley for the years 2002-2006. Although the climate profile developed by B. Jigmeddorj met the requirements of the time, it had shortcomings such as the lack of night-time meteorological observations and visual observations of weather phenomena. On the other hand, it is relatively outdated in terms of time and does not fully meet current requirements. Therefore, this study aimed to develop a climate profile for the Khushi Valley area using actual observation (METAR) data. During the study period, the average air temperature in the Khushi Valley area was -0.4°C, the absolute maximum temperature reached 34.0°C in July, and the absolute minimum temperature reached -39.0°C in January. The absolute minimum temperature reached -2.0°C in January, it reached 6.0°C in July, and it was below 0.0°C in the months other than the summer months, for example, -7.0°C in May and -10.0°C in September. The annual total precipitation in the Khushig Valley area was 249.7 mm. The frequency of no wind or "calm" is 23-41%, while the prevailing wind directions are from the Northwest (NW), West (W), East, northeast (ENE), and East (E). The highest frequency of strong winds mainly blows from the Northwest (NW) and North, northwest (NNW). The average wind speed of more than 4 m/s in any month or at any time of the day is considered to be a very windy area around the aerodrome in the Khushi Valley. Despite the high wind speed, the wind from the East, Southeast (ESE) and the West, Northwest (WNW), i.e. the tailwind frequency on the runway is low, namely, the wind speed above 16 m/s was observed only 4 times during the entire measurement period. Winds of 5 m/s and above along the runway are local or from the East (E), while winds of 12 m/s and above along the runway are crosswinds or from the West, Northwest (WNW). The number of cases where the base of the lower atmosphere was 300 m or lower was 0.07-0.11% of the total measurements between 22:00 and 02:00, 0.14-0.16% of the cases observed between 301 and 600 m, and 0.01% of the cases observed in the layer of 601 and 800 m. The study considered the number of cases of lower atmosphere clouds BKN - cloudy (5-7 octas), OVC - overcast (8 octas). It was found that the frequency of cases reaching the OVC level in the spring season near the aerodrome located in the Khushig Valley reaches almost 23.2%.

Keywords: Climate, Khushig valley, Air temperature, Wind speed, Cloud amount

Хөшигийн хөндийд байрлах Чингис хаан олон улсын нисэх онгоцны буудал орчмын уур амьсгалын судалгаа

© Доржпүрэв Азжаргал¹, Дорлигжав Сандэлгэр^{1*}, Сумъяа Эрдэнэсүх¹

¹ Цаг уур, ус судлалын тэнхим, Шинжлэх Ухааны Сургууль, Монгол Улсын Их Сургууль, Улаанбаатар 14200, Монгол Улс

*Харилцагч зохиогч: d.sandelger@num.edu.mn

Хүлээн авсан: 2025.03.12

Засварласан: 2025.05.02

Зөвшөөрөгдсөн: 2025.05.05

Хураангуй

Олон улсын нисэх буудал (ОУНБ) шинээр байгуулах болсонтой холбоотойгоор Хөшигийн хөндийн уур амьсгалын тодорхойлолтыг боловсруулах шийдвэрийг 2001 онд Иргэний Нисэхийн Ерөнхий Газраас гаргасан. Энэ шийдвэрийн хүрээнд Жигмэддорж (2007) нар Хөшигийн хөндий орчмын уур амьсгалын тодорхойлолтыг анх боловсруулжээ. Уур амьсгалын боловсруулалтыг хийхдээ цаг уурын автомат станцын 2002-2006 оны мэдээг ашигласан байдаг. Уг уур амьсгалын тодорхойлолтын хувьд тухайн үеийн ажлын шаардлагыг хангаж байсан ч цаг уурын хэмжигдхүүний шөнийн хугацааны болон цаг агаарын үзэгдлийн нүдэн баримжааны ажиглалт хийгдээгүй байсан. Нөгөө талаас хугацааны хувьд харьцангуй хуучирч өнөөгийн шаардлагыг хангахааргүй болжээ. Иймд энэ судалгаагаар бодит ажиглалтын (METAR) мэдээг ашиглан Хөшигийн хөндийд байрлах ОУНБ орчмын уур амьсгалын шинэ тодорхойлолтыг гаргав. Судалгаанд хамрагдсан хугацаанд нисэх буудал орчмын агаарын температурын дундаж -0.4°C , температурын үнэмлэхүй их утга VII сард 34.0°C , үнэмлэхүй бага утга I сард -39.0°C хүрдэг бол үнэмлэхүй их температурын бага утга I сард -2.0°C , үнэмлэхүй бага температурын их утга VII сард 6.0°C , зуны улирлын саруудаас бусад сард 0.0°C -ээс доош буюу тухайлбал V сард -7.0°C , IX сард -10.0°C болж хүйтэрдэг. Хөшигийн хөндий орчим хур тунадасны жилийн нийлбэр 249.7 мм байна. Нисэх буудал орчим салхигүй буюу “намуун” байх давтагдал 23-41%, харин салхины зонхилох зүг Баруун хойд (БХ), Баруун (Б), Зүүн, зүүн хойноос (ЗЗХ), Зүүн (З)-ээс байдаг. Хүчтэй салхины хамгийн их давтагдал гол төлөв Баруун хойд (БХ) болон Хойд, баруун хойд (ХБХ) зүгээс зонхилж байв. Салхины дундаж хурд аль ч хугацаанд 4 м/с-ээс их байгаа нь нэлээд салхитай газар талбай болох нь тогтоогдов. Хэдийгээр салхины хурд ихтэй боловч онгоцны хөөрч буух зурваст Зүүн, зүүн өмнө (ЗЗӨ) болон Баруун, баруун хойно (ББХ)-ын салхи буюу арын салхины давтагдал бага, тухайлбал нийт хэмжилт хийгдсэн хугацаанд 16 м/с-ээс дээш хурдтай салхи ердөө 4 удаа ажиглагдсан. Хөөрч буух зурвасын дагуу 5 м/с ба түүнээс дээш хурдтай салхи орон нутгийн шинжтэй буюу зүүн (З)-ээс, харин дээрх зурвасын дагуу 12 м/с болон түүнээс дээш салхины чиглэл ББХ-оос зонхиж байв. Доод мандлын нам үүлний суурийн өндөр нь 150-300 м ба түүнээс доош орсон тохиолдол шөнийн цагт ажиглагдаагүй бол 05-17 цагт дундаж нь 0.02 %, 301-600 м-ээс доош орсон тохиолдол 02-04 цагт 0.005% орчим байна. Судалгаанд доод мандлын үүлний тоо хэмжээг BKN – үүлэрхэг (5-7 октант), OVC - битүү үүлтэй (8 октант) тохиолдлыг авч үзсэн. Хөшигийн хөндийд байрлах ОУНБ орчимд OVC хэмжээнд хүрсэн давтагдал нь хаврын улиралд бараг 23.2%-д хүрдэг болохыг тогтоолоо.

Түлхүүр үгс: Уур амьсгал, Хөшигийн хөндий, Агаарын температур, Салхины хурд, Үүлний тоо хэмжээ

©Зохиогчийн оруулсан хувь нэмэр: Д.Азжаргал, С.Эрдэнэсүх, Д.Сандэлгэр: Онолын үндэслэл, аргазүй боловсруулалт, өгөгдөл боловсруулалт, үндсэн бичвэр, Д.Азжаргал, Д.Сандэлгэр: Өгөгдөл боловсруулалт, бичвэрийн үндсэн засвар, С.Эрдэнэсүх, Д.Сандэлгэр: Үр дүнгийн хяналт.

2312-8534/© 2025 Зохиогчийн бүх эрх хуулиар хамгаалагдсан.

Оршил

Монгол орныг далай тэнгисээс ихээхэн алслагдсан, Евразийн эх газрын төвд, тал бүрээсээ өндөр уул нуруугаар хүрээлэгдсэн, далайн түвшнээс өндөрт өргөгдсөн зэргээс шалтгаалан эх газрын эрс тэс, хуурай, сэрүүн уур амьсгалтай (Embuu, 2021). Уур амьсгалын гол онцлог нь жилийн дөрвөн улирлын ялгаа ихтэй, үүний улмаас агаарын темпатурын хэлбэлзэл өндөр, хур тунадас бага, уур амьсгалын хэмжигдэхүүний газарзүйн хуваарилалтанд өргөргийн болон өндрийн бүслүүр тод илэрдэг явдал юм (Жамбаажамц, 1989).

Монгол улсын дотоодын нийт бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэлд 2020 оны байдлаар уул уурхайн олборлох үйлдвэрлэл 24.1%, боловсруулах үйлдвэрлэл 9.2%-ийг тус тус эзэлж байна. Аж үйлдвэрийн салбарын бүтцэд уул уурхайн олборлох үйлдвэр 1990 онд 16.1%-ийг эзэлж байсан бол 2020 онд 56.5% болж өссөн байна (BUR2, Mongolia 2023). Уул уурхайн болон бусад үйлчилгээний салбаруудад чиглэсэн хөрөнгө оруулалт, мөн аялал жуулчлалтай холбоотойгоор Монгол улсад зорчих гадаадын иргэдийн тоо эрс нэмэгдэж байна. Мөн Монгол улсын иргэд ажлын болон хувийн зорилгоор гадаадын олон улс оронд зорчих болжээ. “Чингис хаан” олон улсын нисэх буудлаар үйлчлүүлэгчдийн тоо 2022 оны байдлаар 676.8 мянган байсан бол 2024 онд 1872.2 болж даруй 2.8 дахин нэмэгдсэн (www2.1212.mn). Цаашид ч дотоодын болон олон улсын нислэгийн хэрэгцээ, шаардлага улам өсөн нэмэгдэх төлөвтэй байна.

Азийн хөгжлийн банкны санхүүжилтээр 1993 онд хийгдсэн техник, эдийн засгийн судалгаагаар Буянт-Ухаа дах ОУНБ-ыг зөвхөн дунд хугацааны шаардлагыг хангахаар хөгжүүлэх, харин урт хугацааны хувьд шинээр нисэх буудал барих шаардлагатай гэсэн зөвлөмж гарсан. Иймд 2003 онд Европын сэргээн босголт хөгжлийн банкны санхүүжилтээр “Pacific Consultants International” компанийн боловсруулсан “Иргэний нисэхийг хөгжүүлэх мастер төлөвлөгөө”-д шинээр ОУНБ барих асуудал тусгагдсан байна. Шинэ ОУНБ барих болсонтой холбогдуулан Хөшигийн хөндий орчмын уур амьсгалын тодорхойлолтыг яаралтай боловсруулах шийдвэрийг ИНЕГ-аас гаргасан болохыг өмнө дурдсан билээ.

Уур амьсгалын тодорхойлолт боловсруулахад Хөшигийн хөндийд байрлуулсан цаг уурын автомат станцын 2002-2006 оны мэдээг ашигласан болно. Уг автомат станцын хувьд юуны өмнө нарны эрчим хүчээр ажилладаг тул шөнийн хугацааны хэмжилт хийгдэх боломжгүй, нөгөө талаар алсын барааны харагдац, үүлшил зэрэг цаг агаарын үзэгдлийн нүдэн баримжааны ажиглалтын мэдээ бүрэн биш байв. Нислэгийн цаг уурын байгууллагад шаардлагатай цаг уурын үндсэн хэмжигдэхүүнийг Дэлхийн цаг уурын байгууллага (ДЦУБ, WMO), Олон улсын иргэний нисэхийн байгууллага (ОУИНБ, ICAO)-аас зөвлөмж болгосон хамгийн сүүлийн стандартад нийцүүлэн гаргасан (Жигмиддорж, 2007; Мөнхбат, 2014).

Дэлхийн дулаарлын нөлөөгөөр Монгол орны уур амьсгалд ихээхэн өөрчлөлт гарч байгаатай холбоотойгоор агаар мандлын гаралтай аюултай болон гамшигт үзэгдлийн давтамж, эрчимшил нэмэгдэж байгаа юм. Монгол улсын нутаг дэвсгэрт 1940-2022 оны хооронд тасралтгүй хэмжсэн мэдээгээр газрын гадарга орчмын агаарын жилийн дундаж температур 2.46°C-аар нэмэгдэж, түүний эрчимшил ялангуяа 1988 оноос хойш эрчимтэй нэмэгдсэн байна. Энэхүү дулааралт нь газарзүйн байрлал, өндөршлөөс хамаарч харилцан адилгүй байна. Жилийн дундаж агаарын температурын 1940-2022 оны өөрчлөлтийг орон зайн тархалтаар авч үзвэл нийт нутгаар дулааралт 2.0°C-аас 3.0°C-ын хооронд хэлбэлзэж байгаа бөгөөд хамгийн их дулааралт Улаанбаатар хот, Хөвсгөлийн Мөрөн, Сүхбаатарын Баяндэлгэр сум орчмоор 3.4°C-аар дулаарсан байна (FNC Mongolia, 2024).

2010-2020 онд байгалийн гамшигт үзэгдлийн улмаас улс орны нийгэм, эдийн засагт жил бүр ойролцоогоор 50-70 орчим тэрбум төгрөгийн хохирол учирч байгаа нь өмнөх 10 жилийнхтэй харьцуулахад бараг 10-14 дахин өссөн гэсэн үг юм. Тодруулбал 2009 оноос хойш гамшигийн улмаас 11.5 сая мал хорогдож, 2789 хүн эндэж, эдийн засагт 1.2 их наяд төгрөгийн хохирол учирсан байна (БОАЖЯ, 2023).

Улаанбаатар хотод Монгол улсын хүн амын бараг 50 хувь нь оршин суудаг (2024 оны байдлаар 1768.2 мянга, www2.1212.mn) ба хот нь голын хөндийд оршдог, өвлийн улиралд хүчтэй инверс тогтдог ба халаалтын улмаас агаарт хаягдах хорт хий, тоосонцрын хэмжээ эрс нэмэгддэг учраас хүйтний улиралд ялангуяа өвөл “маш их” агаарын бохирдолтой болдог (Sumiya et al., 2023, Kannemadugu et al., 2024).

Температурын инверсийн давхаргад агаар ихээхэн тогтвортой төлөв байдалд орших ба ийм давхарга агаарын босоо хөдөлгөөн (конвекц), эмх замбараагүй хутгалдалт /турбулент/, тэдгээртэй холбогдсон агаарын янз бүрийн хольцууд тухайлбал тоос, утаа, конденсацйин цөм зэргийн босоо чиглэлийн зөөгдөл, шилжилтийн явцыг саатуулдаг тул зарим тохиолдолд саатуулагч давхарга ч гэж нэрлэх нь бий. Ийнхүү агаарын турбулент хутгалдааныг саатуулсаны улмаас инверсийн давхаргын дотор эсвэл доор утаа тоос удаан хугацаагаар хуримтлах нөхцөл бий болно (Эрдэнэсүх, 2008).

Нисэх буудлын уур амьсгалын тодорхойлолтыг 5-10 жил тутам шинэчилж байх олон улсын заавар журмын дагуу “Чингис хаан” ОУНБ-ын уур амьсгалын тодорхойлолтыг шинэчлэх нь нислэгийн үйл ажиллагаа, аюулгүй байдалд ихээхэн ач холбогдолтой юм. Иймд энэхүү өгүүлэлд шинэчлэн боловсруулсан Хөшигийн хөндий орчмын уур амьсгалын тодорхойлолтын зарим гол үр дүнгүүдийг багтаасан болно.

Судалгааны талбайн физик-газарзүйн онцлог

Чингис хаан олон улсын нисэх буудал нь ХӨ 47°39', ЗУ 106°49'-ын солбилцолд д.т.д 1374 м өндөрт Хөшигийн хөндийд оршдог. Судалгааны талбайг хүрээлж уулс хоорондын хөндий хотгор болон өндөр өргөгдсөн уулсын мужийн хоорондын газрын гадаргын харьцангуй өндөршлийн зөрүү 118-232 м хүрнэ. Онгоц нисэх, буух бетон зурвасын урт 3600 м, өргөн нь 100 м, 114°-аас 294°-ын чиглэлд бага зэрэг налуу байрлалтай. Төгсгөлийн аюулгүйн зурвас хойд талдаа 200 м, урд талдаа 60 м, хажуугийн аюулгүйн зурвас хоёр талдаа 50 м, онгоц хөөрч, буух хучилттай зурвасын даац нь PCN66/F/A/W/T болно. Хөөрч буух үндсэн зурвас, явгалах замууд ба перрон нь асфальтобетон хучилттай (Жигмиддорж, 2007).

Хөшигийн хөндий нь Монгол орны хөрс-газарзүйн мужлалтаар Хангайн хөрс-био уур амьсгалын их мужийн хагас чийглэг бүслүүрийн хэв шинжид багтдаг. Хэнтийн нурууны зүүн өмнөд хэсэгт Хэнтийн хөрсний өмнөд тойрогт хамаарна (Доржготов, 2003; Сату, 2006).

Судалгааны газар нутаг хотгор гүдгэрийн нөхцөл, хөрс үүсэх чулуулгын ялгаанаас хамаарч хар хүрэн хөрсний хэв шинж, гадаргын урсац, ул хөрсний усны тэжээл, голын усны үйл ажиллагаатай холбоотой тогтворжсон чийгт гарлын болон аллювийн хөрс зонхилно (Доржготов, 2003; Батхишиг, 2016). Хар хүрэн хөрс нь Хөшигийн хөндийн хойд талын усны хагалбар уулс болох Тахилт уул, Юмтын нуруу, Их бараат уулын үргэлжлэл Бага бараат уулаас урагш Зуунмодын гол руу хэвгий уулын хажуу, өндөрлөг бэл, бэлээс доош налуувтар тал, хөндийн төв рүү түрж тогтсон салангид толгод, голын татам зэрэгт илэрдэг (Жигмиддорж 2007).

Судалгааны талбай нь Туул голын сав газарт хамаарагдах (Dorjsuren et al., 2021) ба Улаанбаатар хотын олон улсын нисэх онгоцны буудлын унд ахуйн болон техникийн төвлөрсөн усан хангамжийн эх үүсвэрийн зориулалтаар 2007 онд явуулсан газар доорхи усны эрэл хайгуулын гидрогеологийн ажлын талбайн нь Төв аймгийн Сэргэлэн сумын нутагт Хөшигийн хөндийн хойд талын хэсэгт (Төв аймгийн төв Зуунмод хотоос баруун тийш 5.0 км хүртэл сунаж үргэлжилсэн бөгөөд 2.0-2.2 км өргөнтэй зурвас талбайд) уулсын өмнөд бэлийн тэгш гадаргатай зурвас бүсэд оршиж байна. Дээрх уулсын хооронд хөндийг хүрээлсэн өндөр уулсын хажуу ташлаг, энгэр, бэлийн газрын гадаргын хажуу налуугын хэвгий 10-25 хэм, заримдаа 50-75 хэм хүрч хөндлөн чиглэлтэй гүн гуу, жалга ховилоор ихээхэн эрчимтэй хэрчигдсэн байна (Эко-планет, 2015).



Зураг 1. Цаг уурын станцын байршил

Төв аймгийн Хөшигийн хөндийд ОУНБ барихтай холбоотой 2002 онд цаг уурын автомат станцыг байгуулсан бөгөөд энэ автомат станцын хэмжилтийн мэдээг боловсруулсан урьдчилсан дүнгээс үзвэл дулаан хүйтний горим нь тус бүс нутгийн цаг уурын станцын олон жилийн ажиглалт, судалгааны дүнгээс их биш зөрүүтэй ялангуяа Буянт-Ухаа, Хөшигийн хөндий хооронд 40 орчим километр зайтай учраас температурын хэмжилтийн утга ойролцоо гардаг (Жигмиддорж, 2007).

Судалгааны материал, аргазүй

Энэхүү тодорхойлолтыг Олон улсын иргэний нисэхийн байгууллага (ИКАО)-ын зөвлөмжийн 3-р хавсралтын хүрээнд, дээр дурдсан зөвлөмжийн стандартад нийцүүлэн судлаач Б.Жигмиддоржийн 2007 онд боловсруулсан Хөшигийн хөндийн орчмын буюу “Улаанбаатар олон улсын шинэ нисэх буудлын уур амьсгалын тодорхойлолт”, ИНЕГ-ын Нислэгийн цаг уурын төв (НЦУТ)-ийн эрдэм шинжилгээний ажилтан С.Мөнхбатын 2014 онд боловсруулсан “Буянт-Ухаа нисэх буудлын уур амьсгалын тодорхойлолт” дээр тулгуурлан шинэчилсэн уур амьсгалын тодорхойлолтыг боловсруулав. Судалгаанд 2021-2024 оны 30 минутаас 1 цаг тутмын ажиглалтын Чингис хаан ОУНБ-ын бодит ажиглалт, хэмжилтийн (METAR) мэдээг ашигласны зэрэгцээ автомат станцын 2015-2022 оны хэмжилтийн мэдээнд математик статистикийн болон дээр дурдсан зөвлөмжүүдэд тусгасан боловсруулалтын аргуудыг хэрэглэн уур амьсгалын үзүүлэлтүүдийг тодорхойлсноос гадна нислэгт нөлөөлөх цаг агаарын нөхцөл, алсын барааны харагдацыг муутгаж байгаа үзэгдлүүдийн давтагдлыг цаг, хоног, сар, жилээр нь гаргаж хүснэгт 1-т болон диаграм байдлаар харууллаа (Зураг 2).

Чингис хаан ОУНБ-ын шинэчилсэн уур амьсгалын тодорхойлолтыг гаргахдаа ДЦУБ (WMO), ОУИНБ (ICAO)-ын зөвлөмжийн нэгдсэн аргазүйг гол зарчим болгон ашигласан болно. Энэ аргазүйн дагуу аэродромын газарзүйн байршилд үндэслэн Чингис хаан олон улсын нисэх буудалд цаг агаарын "SPECT" мэдээ өгөх хязгаарлалтын утгуудыг доорх байдлаар тогтоосон байдаг.

Хүснэгт 1. Чингис хаан олон улсын нисэх буудалд цаг агаарын "SPECT" мэдээ өгөх хязгаарлалт
Ажиглалтын талбайн өндөр: 1374 м

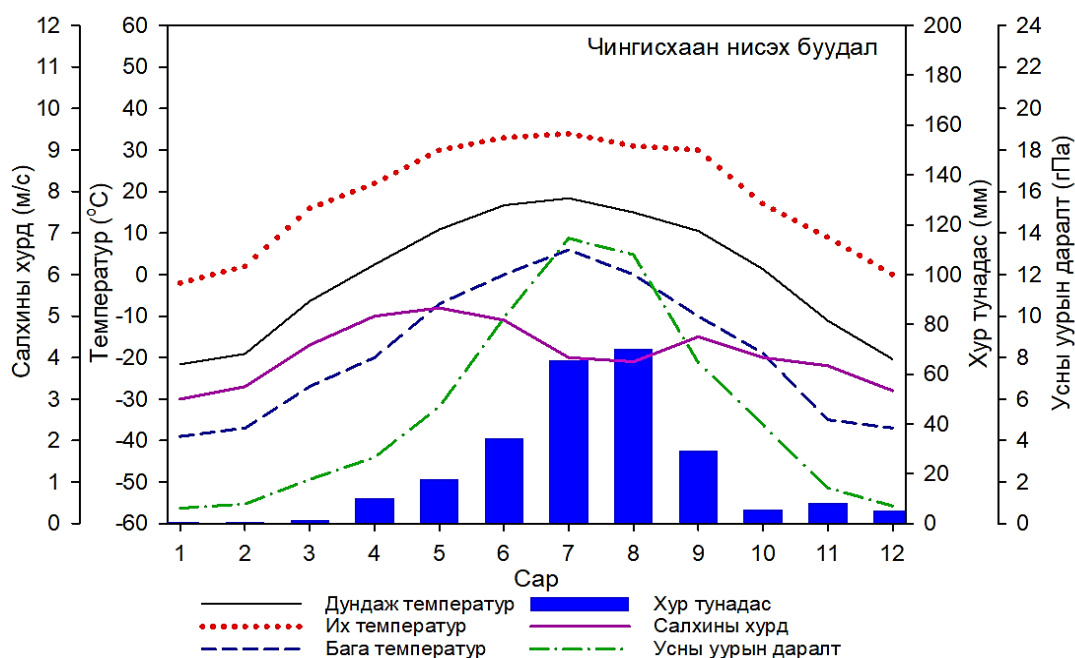
№	Цаг уурын элемент	Хязгаарлалт		
1	Салхи	140° болон 320° чиглэлд 5м/с хүрэх буюу түүнээс их болох	140° болон 320° чиглэлд 12м/с хүрэх буюу түүнээс их болох	Зурвасын чиглэлээс 2 тийш 10° тутамд 1м/с нэмэгдэх
2	Үүл	SCT буюу түүнээс их хэмжээтэй борооны бөөн (CB) үүл		SCT буюу түүнээс их хэмжээтэй 500 м өндөртэй үүл
3	Алсын барааны харагдац	4400м		
4	Температур	24°С		-24°С

Агаарын температур, даралт, нийлбэр хур тунадас, салхины үзүүлэлт, харьцангуй чийгшил зэрэг уур амьсгалын хэмжигдхүүний дундажийг тодорхойлохдоо цаг уурын хоногийн мэдээг ашигласан.

Юуны өмнө агаарын температур, даралт, чийгшлийн сарын болон жилийн дундажийг тодорхойлсон. Хоногийн мэдээнээс уур амьсгалын үзүүлэлтүүдийн үнэмлэхүй их болон бага утгуудыг, мөн ажиглагдсан хугацааны хамт тодорхойлов. Агаарын дундаж температурыг ашиглан гистограмм байгуулж, температурын тодорхой заагийг дайран өнгөрөх хугацааг тооцоолсон. Цаг агаарын үзэгдлийн давтагдлыг гаргахдаа 15-30 минут тутмын бодит хэмжилтийн мэдээг ашигласан бөгөөд аль нэг үзэгдлийн давтагдлыг цаг тутмаар гаргах шаардлагатай тул мэдээнээс түүвэр хийхдээ 45 мин., 00 мин., 15 мин., 30 минут тутмын ажиглалтаас хамгийн их эрчимшилтийг нь сонгон авах зарчмыг баримтлав.

Судалгааны үр дүн ба хэлэлцүүлэг

Агаарын дулаан, хүйтний горим: Хөшигийн хөндий орчимд 2021-2024 онд хэмжсэн цаг уурын мэдээнд статистик боловсруулалт хийж, улмаар дараах климаграмын байгууллаа. Климаграмаас цаг уурын үндсэн хэмжигдхүүний болон тэдгээрийн үнэмлэхүй их, бага утгуудын горим, онцлог зэргийг илрүүлэн доорхи байдлаар тодорхойлов (Зураг 2).



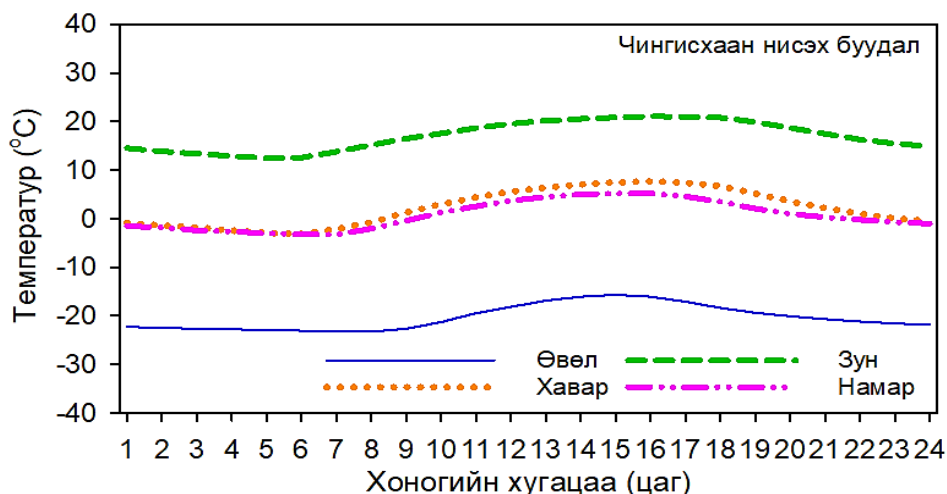
Зураг 2. Хөшигийн хөндий орчмын уурамьсгалын диаграмм

2021-2024 оны цаг уурын мэдээгээр Хөшигийн хөндий орчимд жилийн дундаж агаарын температур -0.4°C орчим байна. Зураг 2.-оос үзвэл өвлийн сарууд -19.1°C ... -21.6°C (улирлын дундаж -20.4°C), зуны саруудад 15.0°C ... 18.4°C (улирлын дундаж 16.7°C) бол шилжилтийн улирал буюу хавар, намар -11.1°C ... 10.9°C -ийн (улирлын дундаж харгалзан 2.3°C ба 0.2°C) хооронд хэлбэлзэнэ.

Агаарын дулаан хүйтэн жилийн дотор тэгш хэмтэй (симметр) явцтай. Агаарын температурын хэлбэлзэл хүйтний улиралд хамгийн их өөрчлөлттэй, харин дулааны улиралд харьцангуй тогтвортой. Мөн өвлийн эх болон төгсгөлөөр огцом дулаарч, хүйтэрдэг онцлогтой байна. Агаарын температурын жилийн амплитуд сарын дундаж температураар 40.0°C , үнэмлэхүй хамгийн их, үнэмлэхүй хамгийн бага температурын дундаж утгын зөрүүгээр 66.3°C , үнэмлэхүй хамгийн их, үнэмлэхүй хамгийн бага температурын зөрүүгээр 73.0°C буюу жилийн доторхи дулаан хүйтний хэлбэлзэл өндөр байдгийг илэрхийлж байна (Зураг 2).

2021-2024 оны хэмжилтийн мэдээгээр агаарын үнэмлэхүй хамгийн их температур 2023 оны VII сарын 30-ны өдөр 34.0°C , үнэмлэхүй хамгийн бага температур мөн 2023 оны I сарын 22-ны өдөр -39.0°C хүрч хүйтэрсэн (Зураг 2).

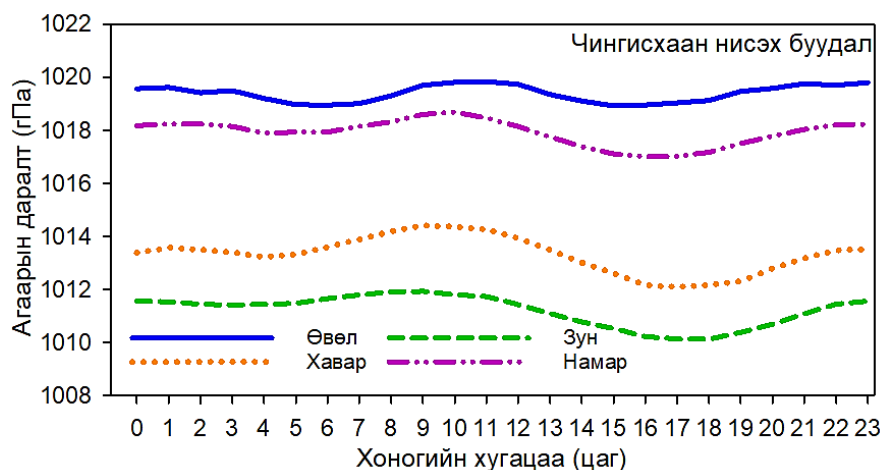
Агаарын температурын хоногийн явцаас үзвэл хоногийн температурын явц сар, сард ялгаатай юм. Жишээлбэл I сард үнэмлэхүй бага температур өглөөний 07-08 цагийн үед, үнэмлэхүй их температур өдрийн 14-15 цагийн үед ажиглагдана. VII сард хамгийн бага температур өглөөний 05 цагийн орчим, хамгийн их температур өдрийн 15 цагийн үед ажиглагдах ба хоногийн амплитуд Хөшигийн хөндий орчимд 9.5°C хүрдэг. Агаарын температурын хоногийн явцыг үзэхэд өглөө нар мандсаны дараа аажим дулаараад, их үед хамгийн их утгандаа хүрч, улмаар температур аажим буурсаар үүрээр зунд 04-05 цагт, өвлийн өглөө 07-08 цагт хамгийн бага утганд хүрдэг (Зураг 3).



Зураг 3. Агаарын температурын хоногийн явц

Агаарын даралт, салхины горим: Тухайн газар нутгийн агаар мандлын даралтын горим нь газарзүйн өндөршил, орчил урсгалын болон дулааны хүчин зүйлээр тодорхойлогдоно. Агаарын даралтын горимын мэдээг амралт сувиллын газар, нисэх онгоцны буудлыг зохистой байршуулах, өндөрлөг газар машин механизм ажиллуулах нөхцөл, шингэн шатахууны ууршилтыг тооцоолох зэрэгт ашиглана. Мөн хот, суурин газарт утааны тархах чиглэл, хүрээ, утаа тунах хэмжээг тооцоход хэрэглэдэг. Агаарын даралт газрын өндөр намаас шууд шалтгаалах тул цаг уурын станцын түвшинд хэмжсэн даралтын утгыг нэг ижил түвшинд (далайн түвшин) шилжүүлэн хооронд нь жишдэг (Эрдэнэсүх нар., 2017).

Агаарын даралтын жилийн явц агаарын температуртай нягт уялдаатай юм. 2021-2024 оны цаг уурын хэмжилтийн мэдээгээр Хөшигийн хөндий орчим далайн түвшинд шилжүүлсэн агаарын даралтын жилийн дундаж 1015.4 гПа байх бөгөөд энэ хэмжигдхүүний хамгийн бага утга V-VI сард (1010.8 гПа), хамгийн их утга XII-I сард (1019.4 гПа) харгалзана. Дээр дурдсан хугацаанд далайн түвшин дэх агаарын даралтын үнэмлэхүй их утга 2024 оны I сарын 22-ны өдөр (1041.1 гПа), хамгийн бага утга 2023 оны III сарын 11-ний өдөр (932.9 гПа) ажиглагдсан (Зураг 4).



Зураг 4. Агаарын даралтын хоногийн явц

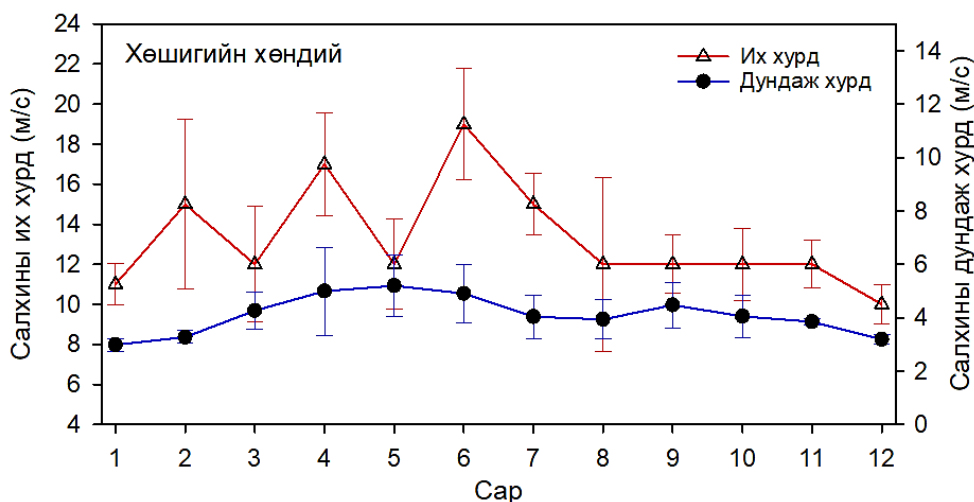
Агаарын даралтын жилийн явцаас авч үзвэл хавар, намрын улиралд буюу Азийн эсрэг циклон тогтох, задрах үед даралтын өөрчлөлт хамгийн их байв.

Газрын гадарга орчмын салхины горим тухайн орон нутгийн уул зүйн онцлог, агаар мандлын ерөнхий орчил урсгал зэргээс хамаарна. Дулаан хүйтэн, чийгшил, хур тунадас, утаа тортог зэрэг аэрозол цаг уурын зарим хэмжигдүүнүүд салхиар зөөгдөн нэг газраас нөгөө газар руу нүүх бөгөөд

салхины хүч ихсэхтэй холбоотой цасан ба шороон шуурга зэрэг цаг агаарын аюултай үзэгдэл үүсэх тул салхи бол цаг уурын хамгийн чухал хэмжигдэхүүний нэг юм. Барилга байгууламжийг тухайн орон нутгийн онцлогт тохируулан барих, тээвэр холбоо, цахилгаан эрчим хүчний салбарын үйл ажиллагааг шинжлэх ухааны үндэстэй удирдах, төлөвлөхөд орон нутгийн салхины горимыг мэдэх явдал ихээхэн ач холбогдолтой юм (Эрдэнэсүх нар, 2017).

Нисэх онгоцны буудлын зарим байгууламжийг байгуулахад юуны өмнө салхины үзүүлэлтийн горим тухайлбал салхины зүгт орчны орограф (уулзүй)-ын хүчин зүйл нөлөө үзүүлэхгүй байхаар, цаашилбал хөөрч буух зурвасын чиглэл зонхилох салхины зүгт перпендукуляр байхаар тооцсон байна. Чингис хаан ОУНБ-ын салхины горимыг авч үзэхэд салхигүй үе өвлийн (XII-II сард) улиралд үргэлжлэх ба өглөө, орой болон шөнийн хугацаанд ихэвчлэн “намуун” байдаг нь агаарын даралт энэ үед тогтвортой болдогтой холбоотой. Мөн салхины хурд улирлаас шалтгаалан 3-5 дахин ихсэж, багасдаг байна (Жигмиддорж, 2007).

Иргэний агаар тээврийн үйл ажиллагаанд ихээхэн сөрөг нөлөө үзүүлдэг цаг уурын хэмжигдэхүүн бол салхины хурд юм. Жишээ салхины хурд 5 м/с буюу түүнээс ихээр ажиглагдсан тохиолдолд онгоцны хөөрөлт болон буултын үед сөрөг нөлөөлөл үзүүлдэг болох нь тогтоогджээ (Хүснэгт 1). Судалгаанд ашигласан мэдээгээр Чингис хаан ОУНБ-ын жилийн дундаж салхины хурд 4.1 м/с, өвөл салхины хурд харьцангуй бага дундажаар 3.1 м/с, хаврын улиралд хамгийн их хэмжээнд буюу дундажаар 4.8 м/с хүрдэг. Салхины дундаж хурд жилийн аль ч сарын хувьд 2.0 м/с-ээс их байгаагаас үзэхэд Хөшигийн хөндий орчим нилээд салхи ихтэй газарт тооцогдохоор байна (Зураг 5).



Зураг 5. Салхины хурдны жилийн явц

Салхигүй буюу “намуун” байх тохиолдол өвлийн саруудад хамгийн их 41%-д хүрдэг бол бусад хугацаанд 23-25% байна. Хоногийн явцаас үзвэл салхины хурдны хамгийн их утга 13-18 цагийн үед 5.4-8.6 м/с хүрдэг. Салхины хамгийн их хурд өмнөхийн адил өвлийн улирал бага (10-12 м/с), бусад хугацаанд 15-22 м/с түүнээс давах тохиолдол ажиглагддаг (Зураг 5, Хүснэгт 2).

Дулаан агаарын массын шилжилтийн мужид цаг агаар хамгийн тогтворгүй байх үе нь Монгол орны хувьд хаврын саруудад харгалзана. Хаврын улиралд дундад өргөргийн өндрийн фронтын бүс (ӨФБ) өмнөөсөө хойшлон манай орны нутаг дэвсгэр дээгүүр дамнан байрлах тул фронтын гаралтай циклон гүнзгийрч салхины хамгийн их утга ажиглагддаг. Хүчтэй салхи үүсэх нь өндрийн фронтын бүсийн (ӨФБ-ийн) дагуу өндрийн хотос дайран өнгөрөх үед циклон идэвхжихтэй холбоотой байдаг. Монгол орны хувьд өндрийн фронтын бүс 40°-55°-ын өргөргийн хооронд байхад гол төлөв хүчтэй салхи үүснэ (Жамбаажамц, 1989).

Хүснэгт 2. Нислэгт нөлөөтэй салхины хурдны үзүүлэлт

Салхины үзүүлэлт	Сарууд											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Үнэмлэхүй их хурд (м/с)	11	15	12	17	12	19	15	12	12	12	12	10
12м/с-15 м/с салхитай өдрийн тоо (%)	0.7	0.9	16.2	23.4	22.2	12.3	2.6	1.9	7.3	4.7	6.5	1.4
15м/с-ээс их салхитай өдрийн тоо				1		1	1					1

Хүчтэй салхины 50 гаруй хувь нь III-V сард, ойролцоогоор 60% нь III-VI сард тохиолддог ба өдрийн 12-15 цагийн хооронд 20 гаруй хувь нь, 18-21 цагт 10 орчим хувь нь, 03-06 цагийн хооронд 5 орчим хувь нь ажиглагддаг (Жигмиддорж нар, 2007). Чингис хаан ОУНБ-ын орчимд хүчтэй салхи жилд дундажаар 29 хоног ажиглагддаг.

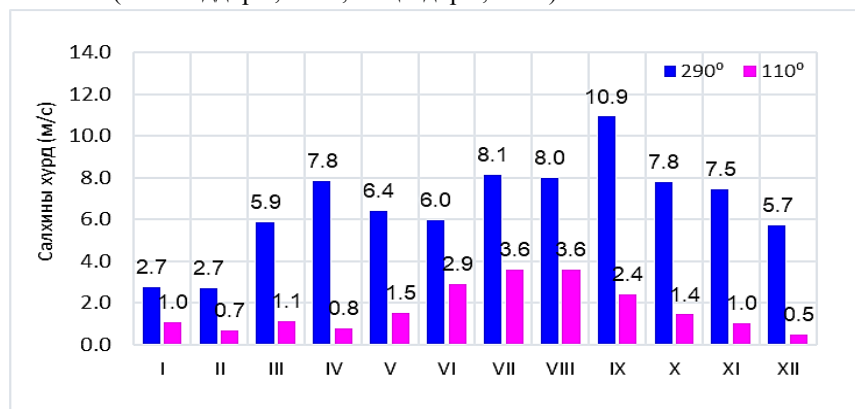
Салхины зүгийн тухайд бараг жилийн турш зүүн зүүн хойноос зүүн (8-42%) болон баруунаас баруун хойд чиглэлээс (8-13%) салхилдаг нь тогтоогдлоо. Ерөнхийдөө зүүн, зүүн өмнө зүгийн салхины давтагдал өвлийн саруудад нэмэгдэж XI-II саруудад 20-42%-д хүрдэг бол баруун баруун хойдын салхи хавар, намар орчил урсгал солигдоход 12-13% хүртэл давтагдалтай ажиглагдана. Үүнээс гадна нисэхэд салхины зүг, хурд тогтворгүй байх (VRB) тохиолдлыг тоолж цаг агаарын ажиглалт, урьдчилсан мэдээнд ашигладаг бөгөөд энэ үзүүлэлт 23-41% хооронд хэлбэлзэнэ. Энэ нь тухайн бүс нутгийн хувьд салхины үзүүлэлт нисэхэд анхаарах хамгийн чухал параметр болохыг илтгэнэ (Хүснэгт 3).

Хүснэгт 3. Салхины зүгийн давтагдал (%)

Сар	X	X3X	3X	33X	3	33Ө	3Ө	Ө3Ө	Ө	ӨБӨ	БӨ	ББӨ	Б	ББХ	БХ	ХБХ	VRB
Өвөл	6.7	0.0	2.8	20.3	41.6	1.2	0.2	0.1	0.1	0.4	1.2	2.7	8.2	8.0	4.6	1.7	40.8
Хавар	5.5	0.8	3.3	11.6	21.5	1.6	1.3	1.4	2.0	0.9	1.8	3.3	12.2	11.0	12.1	9.7	23.7
Зун	6.1	1.6	3.0	8.6	17.8	4.3	3.0	2.9	2.7	1.1	1.7	2.9	10.6	10.9	11.3	11.5	24.9
Намар	4.8	0.4	3.3	14.8	23.2	2.1	1.4	1.5	2.3	1.0	1.7	2.8	12.8	12.6	9.4	5.9	25.6
Жил	5.7	0.7	3.1	13.4	25.1	2.4	1.6	1.6	1.9	0.9	1.6	2.9	11.1	10.8	9.7	7.5	28.8

Онгоц хөөрч буух зурвасын дагуух салхины зүг болон хурд нислэгт ихээхэн ач холбогдолтой болохыг өмнө дурдсан билээ. Онгоцны хөөрөх, буух чиглэл 110°, 290° үед салхины хурд 12 м/с-ээс дээш болох салхины давтагдал дундажаар 1 орчим хувь, хамгийн их давтагдал хаврын улиралд 2%-д хүрнэ.

Монгол орны ерөнхий орчил урсгалын зүгээс буюу салхины хурд 12 м/с түүнээс дээш үед баруун хойд (БХ), хойд, баруун хойд (ХБХ) зүгээс салхилдаг болох нь тогтоогдсон. Тэгвэл 5-12 м/с-ийн хурдтай салхины зонхилох зүг зүүнээс (З) байдаг үндсэн шалтгаан нь температурын хүчтэй инверстэй үед хүйтэн хүнд агаар өндөрлөг газраас нам газар руу хүндийн хүчний үйлчлэлээр уруудсанаар Хөшигийн хөндийг дагаж зүүнээс баруун тийш чиглэсэн салхи үүснэ. Ялангуяа өвөл шөнийн хугацаанд цэлмэг үед зүүн зүгийн салхины давтагдал нэмэгдэж байгаа нь үүний нотолгоо юм (Жигмиддорж, 2007; Нацагдорж, 1978).



Зураг 5. Салхины зүг 110° болон 290° байх үеийн дундаж хурд

Зураг 5-аас үзвэл баруун хойдын чиглэлийн салхины хурд нь зүүн, зүүн өмнөдийнхөөсөө жилийн аль ч хугацаанд 2-4 дахин илүү байна. Салхины чиглэл болон хурд онгоц хөөрч буух зурвасын дагуух нислэгт чухал. Салхины хурд нь онгоцны хөөрөх чиглэл нь (110, 290)-ээс байх үеийн 12м/с болон түүнээс дээш байх үеийн салхины чиглэлийн давтагдал 11.6%. Онгоцны хөөрөх чиглэл нь (110, 290)-ээс 5м/с болон түүнээс дээш байх үеийн хамгийн их давтагдал нь намар 17.6 % ажиглагдсан байна (Хүснэгт 3, Зураг 5).

Агаарын чийгшил, хур тунадасны горим: Агаарт агуулагдаж байгаа усны уурын тоо хэмжээг агаарын чийгшил гэж тодорхойлдог. Агаарт агуулагдаж буй усны уурын тоо хэмжээ агаарын нийт масстай харьцуулахад өчүүхэн бага юм. Агаарын даралтаас зөвхөн усны уурын дэвсгэр гадаргад үзүүлэх даралтыг усны уурын парциаль даралт гэнэ. Усны уурын парциаль даралтыг агаарын температур 7°C болон түүнээс бага байхад зууны, харин энэ утгаас их бол аравны нарийвчлалтай илэрхийлнэ.

Хөшигийн хөндий орчим хуурай уур амьсгалтай юм. Жилийн дундаж усны уурын парциаль даралт 5.4 гПа байна. Хэдий өвлийн улиралд харьцангуй чийгшил хамгийн их утгандаа хүрэх боловч нягт, хүйтэн агаарт агуулагдах бодит усны уурын тоо хэмжээ бага учраас парциаль даралт 0.74-0.94 гПа байна. Тэгвэл усны уурын парциаль даралт зуны улиралд хамгийн их утгандаа хүрэх бөгөөд 9.9-13.7 гПа болно. Харин хавар дулаарахаар (ууршилт нэмэгдэхээр) усны уурын парциаль даралт 2.12-5.6 гПа болж өсөх бол намар сэрүүсч эхлэхээр (ууршилт багасахаар) 1.72-7.8 гПа болж буурна (Хүснэгт 4).

Хүснэгт 4. Агаарийн чийгшлийн үзүүлэлтийн жилийн явц

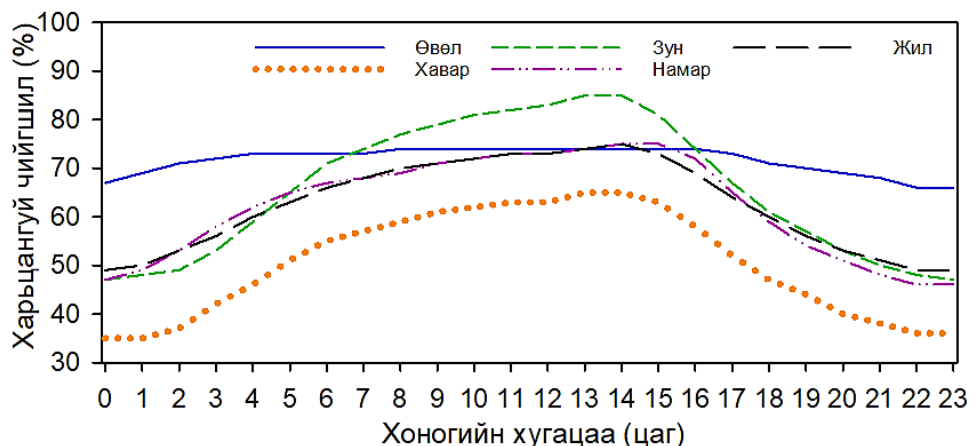
Чийгшлийн үзүүлэлт	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Жил
Парциаль даралт (гПа)	0.74	0.94	2.12	3.19	5.63	9.9	13.7	13.0	7.8	4.75	1.72	0.84	5.4
Харьцангуй чийгшил (%)	72	71	58	47	45	56	68	72	62	55	69	72	62

Усны уурын парциаль даралтын жилийн явцыг тайлбарлавал хавар дулаарч эхлэхэд ууршилт аажмаар нэмэгдэхийн зэрэгцээ агаарын усны уурыг агуулах чадвар өсч (агаар тэлж), улмаар орох хур тунадасны хэмжээ нэмэгдсэнтэй холбоотойгоор зун хамгийн их утгандаа хүрээд, намар сэрүүсэхээр ууршилт аажмаар багасахын хамт агаарын усны уурыг агуулах чадвар буурч, өвлийн сар эхлэхэд улам хүйтэрснээр (ууршилт багассанаар) хамгийн бага утгандаа хүрнэ (Жамбаажамц, 1989).

Агаар усны уураар ханах төлөвтөө хир зэрэг дөхөж байгааг илэрхийлэх үзүүлэлт бол харьцангуй чийгшил юм. Харьцангуй чийгшлийн хэмжээ агаарын температуртай урвуу хамааралтай, мөн үүлшил болон хур тунадасны тоо хэмжээнээс шууд хамаарна.

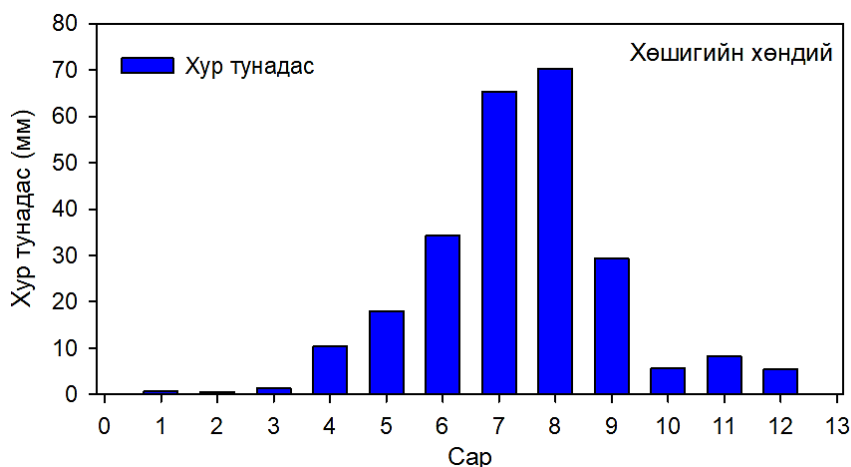
Жилийн дундаж харьцангуй чийгшлийн утга хэлбэлзэл ихтэй 62%, өвлийн улиралд агаар хөрч, улмаар усны уурыг агуулах чадвар буурснаар (агаар шахагдаж) ханасан төлөвтөө ойртох учраас харьцангуй чийгшил хамгийн их хэмжээндээ 71-72% хүрэх ба хавар дулаарснаар (агаар тэлж) агаарын усны уурыг агуулах чадвар, салхины хурд нэмэгдэж ирэх үед хамгийн хуурай болох учир харьцангуй чийгшлийн хамгийн бага утга ялангуяа IV-V сард харгалзан 45-47% болно. Харин зун хур борооны улирал эхлэхээр дахин бага зэрэг нэмэгдээд намар эргээд багасна.

Харьцангуй чийгшлийн үнэмлэхүй бага утга өвлийн саруудад 34-39%, хаврын саруудад 7-8%, зуны сарууд тус бүр 10%, намар 10-21%-ийн хооронд хэлбэлзэнэ. Улирал бүрийн харьцангуй чийгийн хоногийн явцыг Зураг 6-д үзүүлэв. Зураг 6-аас үзэхэд өвлийн саруудад шөнийн хугацаанд агаарын температур буурахад (агаар шахагдах) усны уурын тоо хэмжээ ихсэх ба өдрийн 14 цагт агаарын температур өдрийн максимум хүрэхэд (агаар тэлэхэд) харьцангуй чийгшил хамгийн бага утганд хүрнэ. Бусад хугацаанд өвлийн улирлынхтай ижил явц илэрдэг (Зураг 6).



Зураг 6. Харьцангуй чийгшлийн хоногийн явц

Хур тунадасны горим нь агаар мандлыг орчил урсгал, газрын гадаргын хотгор гүдгэр, дэвсгэр гадаргын ууршилт зэргээр тодорхойлогдоно. Хур тунадасны хэмжээ, хэлбэр, сар жилийн хуваарилалт, эрчимшил зэрэг үзүүлэлтүүдийг тээврийн бүхий л салбарт өргөн хэрэглэдэг. Монгол орны хур тунадасны горим циклоны үйлчлэлээр тодорхойлогдох боловч зуны улиралд орон нутгийн конвекцийн нөлөө нэн их байдаг. Монгол орны тухайд сар, жилд орох нийлбэр хур тунадасны ихэнх хувийг зуны улиралд цөөн удаагийн аадар тунадас эзэлдэгээрээ онцлогтой юм (Жигмиддорж, 2007).



Зураг 7. Нийлбэр хур тунадасны жилийн явц

Судалгааны хугацаанд Хөшигийн хөндий орчимд жилдээ 249.7 мм хур тунадас унах бөгөөд түүний 91.2 % нь жилийн дулаан улиралд буюу IV-IX сарын хооронд орно. Жилийн хүйтэн улиралд орох хур тунадасны хэмжээ бага, сарын дундаж хэмжээ 0.6-8.2 мм байна. Нийлбэр хур тунадасны хамгийн их хэмжээ VIII сард 70.3 мм, хамгийн бага нь II сард 0.6 мм унадаг (Зураг 7).

Алсын барааны харагдалт ба үүлшил: Алсын барааны харагдалтыг нислэгийн дагуу буюу хэвтээ чиглэлийн, босоо дээш болон доош, налуу чиглэлийн, эцэст нь нисэх буух зурвасын дагуух гэж ангилдаг. Энэхүү судалгаагаар зөвхөн нисэх буух зурвасын дагуух алсын барааны харагдалтыг авч үзсэн болно. Алсын барааны харагдалт нь хэт нам үүл, цасан ба шороон шуурга, утаа, манан будан зэрэг цаг агаарын үзэгдлээс хамаарч гол төлөв буурдаг (Жамбаажамц, 1989).

Нам үүлний суурийн өндөр 300 м болон түүнээс доош орсон тохиолдол 22–02 цагийн хооронд нийт ажиглалтуудын 0.07–0.11%, 600 м-ээс доош орсон тохиолдол 23–01 цагийн хооронд

0.14–0.16%-ийг эзэлж байна. Алсын барааны харагалт нь 8000 м-ээс, үүлний доод хилийн өндөр 600 м-ээс доош орох давтагдал дулааны улиралд нийт ажиглалтын 0.27-0.49%-д ажиглагдана.

Газрын гадаргаас дээш ямар нэг өндөрт усны уурын конденсацар (сублимаци) үүссэн усан дусал, мөсөн талстын бөөгнөрлийг үүл гэнэ. Эдгээр усан дусал, мөсөн талст аэрозолийн эгэл хэсгээс ялгаатай юм. Агаарын босоо хөдөлгөөн үүлшлийн оронг үүсгэх гол нөхцөл болно. Маш сийрэг жижиг усан дусал, мөсөн талст тэнгэрийн мандлыг булингартуулж улмаар хөхөвтөр ба бүдэг саарал өнгийг үзүүлэх ба үүнийг будан гэж нэрлэдэг. Харин ихээхэн нягттай усан дусал, мөсөн талстаас тогтохын зэрэгцээ үүсэх механизм нь үүлтэй адил хэдий ч газрын гадаргатай нийлж байрладгаараа манан үүлнээс ялгаатай юм (Эрдэнэсүх, Сандэлгэр, 2019).

Агаарын хөлөг хөөрч буух үед дайран өнгөрөх өндөрлөг газрууд үүлэнд хаалттай бол ялангуяа ил харааны нислэг үйлдэхэд ихээхэн хүндрэл учруулдаг. Түүнчлэн үүлний хэлбэр, хэмжээнээс хамааран нислэг үйлдэх орчинд алсын барааны харагалт муудах, мөстөлт болон сэгсрэлт үүсэх үндсэн нөхцлийг босоо хөгжлийн борооны бөөн (Cb), давхраат (St) болон борооны давхраат (Nb) зэрэг доод мандлын үүл бүрдүүлдэг (Хангайсайхан, 2003, 2013).

Энэхүү судалгаанд зөвхөн доод мандлын үүлэрхэг (BKN) болон битүү үүлтэй (OVC) хэмжээнд хүрсэн, мөн үүлний доод хилийн өндөр 600 м ба түүнээс доош үүссэн үүлний тохиолдлуудыг авч үзэв.

Энэхүү судалгаанд доод мандлын үүлний хэлбэрийг хоёр ангилан авч үзсэн бөгөөд BKN болон OVC хэмжээнд хүрсэн тохиолдлуудыг тусгайлан шинжилсэн. Үүний үр дүнд, Хөшигийн хөндийн Олон улсын нисэх буудлын (ОУНБ) орчимд OVC хэмжээнд хүрсэн үүл хаврын улиралд давамгайлж, давтагдлын хувь 23.3%-д, доод мандлын борооны бөөн үүл болон хөгжингүй бөөн үүлний зуны улиралд ажиглагдсан давтагдал 0.5% байна.

Хүснэгт 5. Цаг агаарын янз бүрийн үзэгдэлтэй үед алсын барааны харагдац 5000м-ээс доош байх давтагдал (2021-2024 онд бүх ажиглалтаар)

Үзэгдэл	Тохиолдлын тоо	Давтагдал (%)
Цас	400	49.6
Орон шуурга	186	23.1
Манан	93	11.5
Будан	75	9.4
Нойтон цас	35	4.3
Шороон шуурга	17	2.1

Хүснэгт 5-аас үзвэл 2021-2024 оны нисэх буудлын цаг агаарын ажиглалтын 30 минут тутмын мэдээнд цас, орон шуурга, манан будантай холбоотойгоор алсын барааны харгадац буурах тохиолдол хамгийн олон байжээ.

Цаг агаарын зарим үзэгдлүүд: Манан, будан, эрчимтэй бороо, цас, хүчтэй цасан ба шороон шуурга зэрэг үзэгдлүүд нь алсын барааны харагдацын хязгаарлалтыг хэтрүүлэн муутгаснаас нислэг саатах явдал нэг бус удаа тохиолддог (Жигмиддорж, 2007). Цаг агаарын үзэгдэл тус бүрийн ажиглагдах давтагдлыг Хүснэгт 6-д үзүүлэв. Нийт дүнгээр авч үзэхэд цаг агаарын янз бүрийн үзэгдэл ажиглагдах давтагдал аль ч улиралд 0.2-13.4%-ийн хооронд хэлбэлзэнэ. Үүнд аль ч улиралд будан ажиглагдаж, хавар шороон шуурганы тоос, тоосонцор, цасан шуурга, зун бороо ба униар, намар, өвөл цас давамгайлах хандлагатай байна.

Нарийвчлан ав үзвэл Хөшигийн хөндийд жилдээ 30-аад өдөр бороо, 6-7 өдөр аянга цахилгаан, 3-4 өдөр манан, 4-5 өдөр будан, 28-29 өдөр цас, 5-6 өдөр нойтон цас, 17-18 өдөр цасан ба орон шуурга, 1-2 өдөр шороон шуурга, 4-5 өдөр утаа, 1 хүртэл өдөр нөөлөг салхи ажиглагддаг (Хүснэгт 6).

Хүснэгт 6. Үзэгдлийн тохиолдлын тоо (2021-2024 оны дунджаар)

Үзэгдэл	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Жил
Бороо				0.6	2.6	4.6	7.3	7.3	7.1	0.5	0.2		30.1
Аадар бороо					3.0	5.7	7.0	10.0	3.2	0.3			29.2
Дуу цахилгаан					0.0	1.3	2.7	2.1	0.4				6.6
Манан	0.3	0.3	0.5			0.8	0.5	1.2		0.0	0.0		3.5
Будан	1.1	0.3	0.6		0.2	0.1	0.3	0.9	0.2	0.2	0.1	0.3	4.3
Цас	6.1	3.0	3.0	3.3					0.2	2.4	9.1	1.1	28.3
Нойтон цас			0.3	1.8	1.3				1.0	0.9	0.2		5.4
Цасан, орон шуурга	1.1	1.4	3.4	3.3	1.5	0.3				1.5	4.7		17.2
Мөндөр						0.1	0.0						0.1
Шороон шуурга				1.4	0.2	0.1			0.1				1.8
Утаа								4.3					4.3
Нөөлөг салхи						0.0	0.0						0.1

Үүлшил: Агаарын хөлөг хөөрч буух үед дайрч өнгөрөх өндөрлөг газрууд нь үүлэнд хаалттай бол ялангуяа ил харааны нислэг үйлдэхэд хүндрэлтэй байдаг. Түүнчлэн үүлний хэлбэр, хэмжээнээс хамааран нислэг үйлдэх орчинд АБХ муудах, мөсдөлт, сэгсрэлт үүсэх гол нөхцлийг Босоо хөгжлийн борооны бөөн (СВ), Хөгжингүй бөөн (ТСU), давхраат болон борооны давхраат зэрэг доод мандлын үүл бүрдүүлдэг. Иймд бид энд зөвхөн доод мандлын бөгөөд BKN, OVC хэмжээнд хүрсэн үүлтэй тохиолдлуудыг авч үзсэн. АБХ-ыг муутгагч үзэгдэлүүд нь Дэлхийн цаг уурын байгууллагаас гаргасан (ДЦУБ-№.306) ДЦУБ Олон улсын иргэний нисэхийн байгууллагаас гаргасан стандартын дагуу АБХ ба нам үүлний суурийн өндөр нь тухайн цагт тухайн хязгаараас доош байсан үеийн давтагдлыг доорхи хүснэгт 7-д гаргасан.

Хүснэгт 7. Үүлний суурийн өндөрт харгалзах алсын барааны харагдацын давтагдал

Цаг	Үүлний доод суурийн өндөрт харгалзах алсын барааны харагдац						
	<150	<300	<600	<800	<1500	<3000	<8000
1			0.01	2.4	0.04	0.7	
2		0.003	0.003	2.4	0.03	0.7	
3		0.01		2.4	0.03	0.8	
4		0.01		2.6	0.05	0.9	
5	0.01	0.02	0.05	2.7	0.04	0.9	
6	0.03	0.09	0.11	2.6	0.05	0.9	
7	0.04	0.11	0.16	2.6	0.03	1.0	
8	0.03	0.10	0.14	2.8	0.05	0.9	
9	0.03	0.07	0.15	3.0	0.03	1.0	
10	0.03	0.08	0.12	3.2	0.05	0.9	
11	0.03	0.06	0.09	3.4	0.05	0.8	
12	0.02	0.05	0.07	3.7	0.04	0.8	
13	0.01	0.05	0.07	3.9	0.03	0.7	
14	0.01	0.05	0.06	4.0	0.02	0.7	
15	0.01	0.03	0.06	4.1	0.02	0.7	
16	0.01	0.02	0.08	4.2	0.04	0.7	
17	0.003	0.03	0.05	4.1	0.02	0.7	
18		0.02	0.05	3.9	0.03	0.7	
19		0.02	0.05	3.7	0.03	0.8	
20		0.02	0.02	3.5	0.05	0.9	
21		0.02	0.01	3.1	0.03	0.9	
22				3.0	0.02	0.9	
23				2.8	0.04	0.8	
0				2.6	0.03	0.7	
Дундаж	0.02	0.04	0.07	3.2	0.04	0.8	

Нам үүлний өндөр нь тухайн цагт тухайн утгаас доош байх давтагдалыг Хүснэгт 7-д, Доод мандлын үүлний хэлбэрийг 2 ангилан авч үзсэн BKN, OVC үүлний давтагдлыг Хүснэгт 8-д тус тус үзүүлэв. Нам үүлний суурийн өндөр нь 150-300 м ба түүнээс доош орсон тохиолдол шөнийн цагт ажиглагдаагүй бол 05-17 цагт дундаж нь 0.02 %, 301-600 м-ээс доош орсон тохиолдол 02-04 цагт 0.005% орчим байна. Доод мандлын үүлний хэлбэр нийт дүнгээр ОУНБ-д OVC хэмжээнд хүрсэн үүл хавар давамгайлж давтагдал нь 23.2% хүрдэг. Доод мандлын Борооны бөөн, Хөгжингүй бөөн үүл зун 0.5% хүрдэг.

Хүснэгт 8. Доод мандлын OVC, BKN үүлний давтагдал

Доод мандлын үүлний хэлбэр	Хавар/III-V/		Зун/VI-VIII/		Намар/IX-XI/		Өвөл/XII-II/	
	Ажиглалтын тоо							
	660		859		1001		229	
	Үүлний нийт тохиолдлын тоо							
	60		46		40		174	
	BKN	OVC	BKN	OVC	BKN	OVC	BKN	OVC
Борооны бөөн, Хөгжингүй бөөн үүл			0.5			-	-	-
Бусад үүл	76.8	23.2	96.7	2.0	78.9	21.1	82.1	17.9
Нийт	76.8	23.2	98.0	2.0	78.9	21.1	82.1	17.9

Дүгнэлт

Судалгаанд хамрагдсан хугацаанд нисэх буудал орчмын агаарын температурын дундаж -0.4°C, температурын үнэмлэхүй их утга VII сард 34.0°C, үнэмлэхүй бага утга I сард -39.0°C хүрдэг бол үнэмлэхүй их температурын бага утга I сард -2.0°C, үнэмлэхүй бага температурын их утга VII сард 6.0°C, зуны улирлын саруудаас бусад сард 0.0°C-ээс доош буюу тухайлбал V сард -7.0°C, IX сард -10.0°C болж хүйтэрдэг. Хөшигийн хөндий орчим хур тунадасны жилийн нийлбэр 249.7 мм байна.

Нисэх буудал орчим салхигүй буюу “намуун” байх давтагдал 23-41%, харин салхины зонхилох зүг Баруун хойд (БХ), Баруун (Б), Зүүн, зүүн хойноос (ЗЗХ), Зүүн (З)-ээс байдаг. Хүчтэй салхины хамгийн их давтагдал гол төлөв Баруун хойд (БХ) болон Хойд, баруун хойд (ХБХ) зүгээс зонхилон салхилна. Салхины дундаж хурд аль ч сард эсвэл өдрийн аль ч хугацаанд 4 м/с-ээс их байгаа нь аэродром орчим нилээд салхитай газар нутагт тооцогдохоор байна.

Хөөрч буух зурвасын дагуу 5 м/с ба түүнээс дээш хурдтай салхи орон нутгийн шинжтэй буюу зүүн (З)-ээс харин дээрх зурвасын дагуу 12 м/с болон түүнээс дээш хурдтай салхи орчил урсгалын буюу баруун, баруун хойно (ББХ)-оос чиглэлтэй байна.

Доод мандлын үүлний суурийн өндөр 300 м ба түүнээс доош орсон тохиолдол шөнийн 22.00-02.00 цагт нийт хэмжилтийн 0.07-0.11%, 301-600 м хооронд ажиглагдсан тохиолдол 0.14-0.16 %, 601-800 м-ийн давхаргад ажиглагдсан тохиолдол 0.01% байна.

Судалгаанд доод мандлын үүлний тоо хэмжээг BKN – үүлэрхэг (5-7 октант), OVC - битүү үүлтэй (8 октант) тохиолдлыг авч үзсэн. Хөшигийн хөндийд байрлах ОУНБ орчимд OVC хэмжээнд хүрсэн давтагдал нь хаврын улиралд бараг 23.2%-д хүрдэг болохыг тогтоолоо.

Талархал ба санхүүжүүлэлт

Энэхүү судалгаа нь МУИС-ийн өндөр түвшний судалгааны (P2023-4594) дугаартай “Улаанбаатар хотын бичил уур амьсгалын судалгаа” төслийн хүрээнд хийв.

Ном зүй

1. Батхишиг, О. (2016). Монгол орны хөрсний ангилал. *Монголын хөрс судлал сэтгүүл*, 1, 1-18.
2. БОАЖЯ, 2023. *Байгаль орчны төлөв байдлын тайлан 2019-2020*. <https://forest.gov.mn/website/news.aspx?id=109>
3. ДЦУБ. (2002). *Олон улсын агаарын навигацийн цаг уурын үйлчилгээ*. I, II бот

4. Доржготов, Д. (2003). *Монгол орны хөрс*, Улаанбаатар, 56-58.
5. Жамбаажамц Б., (1989). *Монгол орны уур амьсгал*. Улсын хэвлэлийн газар, Улаанбаатар, х.130.
6. Жигмиддорж Б., Ням-Од Б., Мөнхбат С., (2007). *Буянт-Ухаа орчмын салхи шороон шуурганы өөрчлөлт*. Төвийн бүс нутгийн уур амьсгалын нөөц, түүний өөрчлөлт ЭШБХ. Улаанбаатар.
7. Жигмиддорж, Б. (2007). *Улаанбаатар олон улсын шинэ нисэх буудлын уур амьсгалын тодорхойлолт*. Судалгааны тайлан, Улаанбаатар, х.216.
8. Мөнхбат, С. (2014). *Буянт-Ухаа нисэх буудлын уур амьсгалын эмхэтгэл*, Магистрийн дипломын ажил. Улаанбаатар, х.42.
9. Нацагдорж Л., (1978). *Монгол орны хүчтэй салхины горим*. Нэг сэдэвт бүтээл. Улаанбаатар.
10. Сату ххк, (2006). *Улаанбаатар хотын шинэ ОУНБ-ын Байгаль орчинд нөлөөлөх байдлын нарийвчилсан үнэлгээний тайлан*, Улаанбаатар.
11. Хангайсайхан Х., (2003). *Нислэгийн цаг уур*. Урлах эрдэм, Улаанбаатар, х.340.
12. Хангайсайхан Х., (2013). *Нислэгийн цаг уурын зарим зөвлөмж*. Гарын авлага, Улаанбаатар.
13. Эко-Планета ххк., (2015). *Улаанбаатар хотын шинэ ОУНБ-ын Байгаль орчинд нөлөөлөх байдлын нарийвчилсан үнэлгээний тайлан*. Судалгааны тайлан, Улаанбаатар.
14. Эрдэнэсүх, С. (2008). *Монгол орны газрын гадарга орчмын температурын инверсийн судалгаа*. (Докторын диссертаци). Монгол улсын их сургууль, Улаанбаатар хот.
15. Эрдэнэсүх, С., Сандэлгэр, Д. (2019). *Агаар мандал*. Г. Юмчмаа, С. Эрдэнэсүх (Ред), Дэлхий судлалын үндэс. Улаанбаатар хот. Адмон хэвлэлийн компани. х.119-204.
16. Эрдэнэсүх, С., Сандэлгэр, Д., Гантулга, Г., Оюунчимэг, Д., & Мөнхбат, Б. (2017). *Улаанбаатар хотын агаарын бохирдлыг бууруулах мастер төлөвлөгөөний суурь судалгаа*, Нийслэлийн Агаарын Бохирдлыг Бууруулах Газарын захиалгат төсөл, Улаанбаатар.
17. Dorjsuren, B., Batsaikhan, N., Yan, D., Yadamjav, O., Chonokhuu, S., Enkhbold, A., ... & Abiyu, A. (2021). Study on relationship of land cover changes and ecohydrological processes of the Tuul River Basin. *Sustainability*, 13(3), 1153. <https://doi.org/10.3390/su13031153>
18. Kannemadugu, H. b. s., Dorligjav, S., Taori, A., Bothale, R. V., & Chauhan, P. (2024). Long term trends in global air pollution potential and its application to ventilation corridors. *Air Quality, Atmosphere & Health*. <https://doi.org/10.1007/s11869-024-01563-w>
19. Ministry of Environment and Tourism, BUR2. (2023). *Mongolia's second biennial update report under the United Nations Framework Convention on Climate Change*. Environment and Climate Fund under MET of Mongolia. Ulaanbaatar, pp.185. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/20231112_BUR_II_MGL_Final.pdf
20. Ministry of Environment and Tourism, FNC. (2024). *Fourth National Communication of Mongolia under the United Nations Framework Convention on Climate Change*. Environment and Climate Fund under MET of Mongolia. Ulaanbaatar, pp.499. https://www4.unfccc.int/sites/SubmissionsStaging/NationalReports/Documents/2840671_Mongolia-NC4-1-MONGOLIA%20FOURTH%20NC%202024.pdf
21. Sumiya, E., Dorligjav, S., Purevtseren, M., Gombodorj, G., Byamba-Ochir, M., Dugerjav, O., Sugar, M., Batsuuri, B., Tsegmid, B. (2023). Climate Patterns Affecting Cold Season Air Pollution of Ulaanbaatar City, Mongolia. *Climate*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/cli11010004>
22. Yembuu, B. (2021). Climate and climate change of Mongolia. In *The physical geography of Mongolia* (pp. 51-76). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61434-8_4