



МОНГОЛ УЛСЫН ИХ СУРГУУЛЬ
ШИНЖЛЭХ УХААНЫ СУРГУУЛЬ
ГАЗАРЗҮЙН ТЭНХИМ

Газарзүйн асуудлууд сэтгүүл

Journal of Geographical Issues

Volume 22 (1)

ISSN: 2312-8534

2022

Улаанбаатар хот 2022

Таац голын усны горимын судалгаа Detecting changes to flow regime on the Taats river

©Ш.Отгонсүрэн^{1*}, З.Мөнхцэцэг¹, Б.Ганболд¹, Т.Нарангэрэл²
Sh.Otgonsuren^{1*}, Z.Munkhtsetseg¹, B.Ganbold¹, T.Narangerel²

¹Хэрэглээний математикийн тэнхим, Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан, Инженерчлэлийн Сургууль,
Монгол Улсын Их Сургууль, Монгол Улс

²Өвөрхангай аймгийн Ус цаг уур, Орчны шинжилгээний төв, Монгол Улс

¹Department of Applied mathematics, School of Engineering and Applied Sciences, Mongolia

²Center of Hydrology, Meteorology and Environment monitoring of Uvurkhangai province, Mongolia

*Харилцагч зохиогч: otgonsuren@seas.num.edu.mn

*Corresponding author: otgonsuren@seas.num.edu.mn

Хүлээн авсан: 2021.11.11

Засварласан: 2021.02.17

Зөвшөөрөгдсөн: 2022.02.22

Хураангуй

Гадаргын усны нөөц, горим нь сав газрын уур амьсгал, физик газарзүй, хөрсний механик бүтэц, чийгийн горим, геологи, гидрогеологи зэрэг олон хүчин зүйлээс хамаарч байдаг. Эдгээр хүчин зүйлс нь цаг хугацаа, орон зайн хувьд өөрчлөгдөх хирээр урсцад нөлөөлдөг. Гадаргын усны горимын онцлог үе болох зуны хур борооны ба хаврын шар усны үерийн судалгаа нь гамигаас урьдчилан сэргийлэх, хамгаалах, усны нөөцийг хуримтлуулан төрөл бүрийн зориулалтаар ашиглах, усны барилга байгууламжийн төлөвлөлт ялангуяа авто болон төмөр замын ус гаргах байгууламжийн тооцоо, усны эрчим хүчийг ашиглах байгууламжийн загвар зохиох, урсгалын динамик хүчийг үнэлэх, сав газрын шинж чанарын өөрчлөлтийг илрүүлэх зэрэгт чухал мэдээлэл болдог. Тиймээс энэхүү судалгаанд Төв Азийн гадагш урсацгүй ай савд хамаарагддаг Таац голын урсцын горим, түүний өөрчлөлтийг 1975-2019 оны урсац, температур, хур тунадасны мэдээ өгөгдлийг ашиглан гарахыг зорилго. Ингэхдээ тренд анализыг Манн-Кендаллын тестээр шалгаж, хаврын шар усны болон зуны хур борооны үерийн хамгийн их хэмжээг Грингортены аргыг ашиглан тооцоолов. Судалгааны дүнгээс харахад Таац голын хаврын шар усны хэмжээ буурах, зуны хур борооны үерийн хэмжээ өсөх хандлагатай байна. Хаврын шар усны урсац эхлэх хугацаа олон жилийн дунджаас 1975-1990 (15 жилийн хугацаанд) хожуу ажиглагдсан, 1991-2003 (12 жилийн хугацаанд) эрт, 2004-2019 (15 жилийн хугацаанд) дунджийн орчим тус тус байна. Хаврын шар усны болон зуны хур борооны урсцын 100 жилд тохиох хамгийн их хэмжээ 13.2 м³/с, хур борооны үерийн хэмжээ 275 м³/с байна.

Түлхүүр үгс: урсцын горим; хаврын шар усны үер; зуны хур борооны үер; гачиг үе; тренд анализ

Abstract

Surface water resources and flow regime of the river are dependent on climate, physical geography, soil condition, geology and hydrogeological conditions of the basin. These factors vary spatially and temporally and affect the runoff. To study the flow regime of the river including snowmelt and rainfall flow is crucial information for flood mitigation, control, water harvesting, hydro construction planning, dam and other hydrologic systems, etc. Therefore, we attempted to investigate the flow regime and its changes of the Taats river which is located in the Asian internal drainage basin in this study. The study was conducted using the daily runoff, precipitation and air temperature data for the period of 1975-2019. In addition, the Mann-Kendall test was applied to detect trend analysis for the annual runoff and maximum flow of the snowmelt and rainfall events. The probability of the maximum runoff of the snowmelt was estimated through the Gringorten method. The results show that the mean annual runoff and snowmelt flow decreased and rainfall flow has increased insignificantly in the study period. However, it was observed the changes in the timing of the snowmelt runoff shifted toward later in the year 1975-1990, earlier in the year 1991-2003 and on average in the period of 2004-2019. The maximum runoff of the snowmelt and rainfall is estimated at 13.2 m³/s and 275 m³/s, respectively in the 100 years.

Keywords: river regime; snowmelt runoff; rainfall flow; low flow; trend analysis

©Зохиогчийн оруулсан хувь нэмэр: **Ш.Отгонсүрэн:** Голын сав газрын зураглал, эх мэдээ боловсруулах, усны горимын судалгаа, үерийн дахин давтагдах магадлалыг Грингортены аргаар үнэлсэн; **З.Мөнхцэцэг:** Сэдвийн судлагдсан байдал, сав газрын дүрс зүйн үзүүлэлтүүд, Манн-Кендаллийн аргаар тренд анализ хийсэн; **Б.Ганболд:** Судалгааны мужийн уур амьсгалын судалгаа, тунадас урсцын хамаарал, үерийн ажиглагдах хугацааны өөрчлөлтийг судалсан; **Т.Нарангэрэл:** Уур амьсгалын эх мэдээ боловсруулах, ус зүйн буюу гадаргын болон газрын доорх усны судалгаа, өгүүдлийн бичиглэлийн найруулга зүй, техник редактор.

Оршил

Голын усны горим гэдэгт жилийн доторх урсцын хуваарилалт, онцлог үеүдийн (үер ба гачиг) эхлэх, үргэлжлэх хугацааг авч үзэх ба олон жилийн турш урсцын хэмжээ хэрхэн хувьсаж өөрчлөгдөж буйг хамтатган ойлгоно. Гадаргын усны нөөц бүрдэх хийгээд горимын онцлог нь сав газрын уур амьсгалын нөхцөл, нөөц, гидрогеоморфологи тэдгээрийн дүрс зүйн үзүүлэлт, геологи, хөрс ургамлан нөмрөг, газар ашиглалтын байдал зэрэг маш олон хүчин зүйлсээс хамаарсан нарийн нийлмэл процесс юм. Монгол орны гадаргын урсац хур бороо, хайлсан цас, мөстөл, мөсөн голын уснаас бүрдэх боловч физик газарзүйн онцлог, уулын ам хөндийн салхи тоссон чиглэл, өндөржилт зэргээс хамааран тэдгээрийн хувийн жин газар бүрд харилцан адилгүй байна (Мягмаржав, Б., Даваа, Г., 1999). Уур амьсгалын өөрчлөлт, дулааралт болон хүний үйл ажиллагааны сөрөг хам нөлөөллөөс болж гол мөрний усны горим, нөөц өөрчлөгдөж байна. Ялангуяа хаврын шар усны үер эрт эхлэх, хур борооны үерийн хэмжээ нэмэгдэх зэрэг өөрчлөлтүүд ажиглагдсаар байна (Arnell, 1999; Fisher et al., 2013; Leta et al., 2018). Монгол орны ихэнх голуудын хувьд урсац хур тунадаснаас голчлон тэжээлээ авдаг бөгөөд түүний 80-90 орчим хувийг ууршилгаар алддаг (Hülsmann et al., 2015). Агаарын температурын өөрчлөлтөөс ууршилтын хэмжээ нэмэгдэж, хур тунадасны хэв шинжүүд өөрчлөгдөж байгаа (Endo et al., 2006; Kim et al., 2011) нь голын урсацад харилцан адилгүй нөлөөлж байна (Berezhnykh et al., 2012). Усны урсгалын хөдөлгөөн нь агаарын урсгалын хөдөлгөөнийг бодвол харьцангуй удаан бөгөөд энэ чанар нь усны нөөц, горимын өөрчлөлтийг урьдчилан харахад ихээхэн дөхөм болдог. Сав газрын дэвсгэр гадаргын шинж чанарын онцлог болон түүнд орох хур тунадасны хэмжээ, эрчимшил орон зай, цаг хугацааны хувьд харилцан адилгүй байдагтай холбоотой гол, нуурын усны горимд илрэх үзэгдэл, үйл явц тодорхой хугацааны хоцрогдолтой байдаг. Тодруулбал аадар бороо орсны дараа нь усны түвшин төдийлөн өөрчлөгдөхгүй, мөн цас хайлалтын дараа тэр дороо усны түвшнийг нэмэгдүүлэхгүй зэрэг юм.

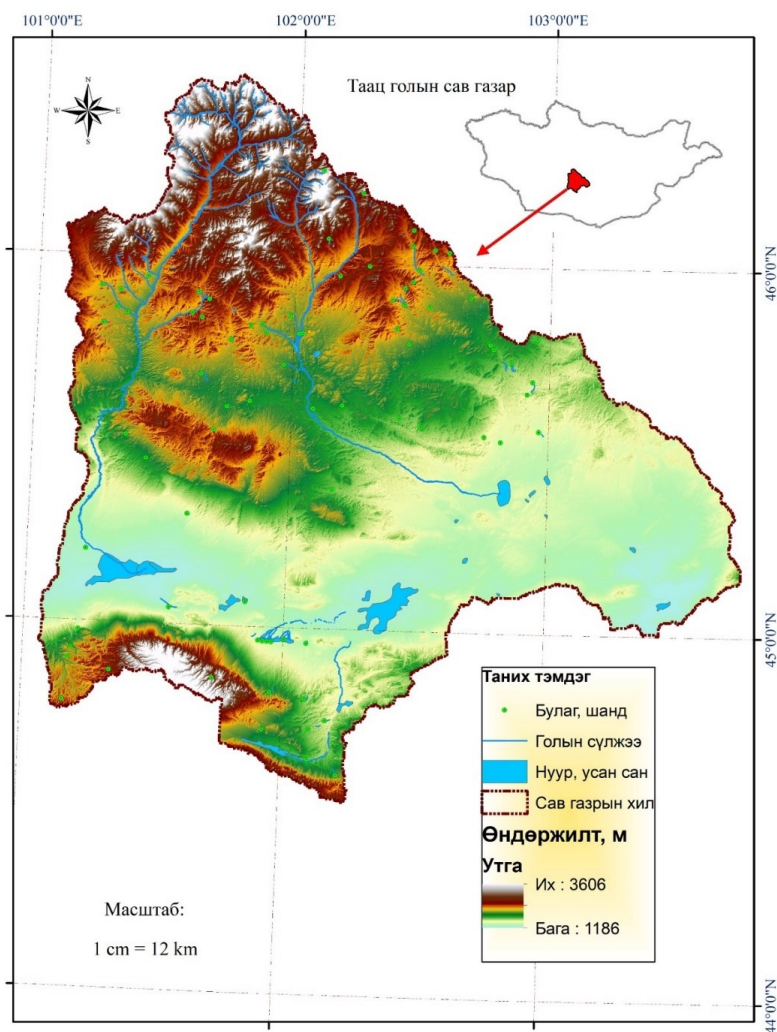
Голын ай савын гадаргууд орсон хур тунадас, хайлсан цасны мэдээгээр хур борооны болон хаврын шар усны урсцын хэмжээг тооцож болно. Гол мөрний хаврын болон хавар-зуны шар усны урсац бүрдэхэд хүйтний улиралд /X-IV сар/ орсон хур тунадас чухал үүрэг гүйцэтгэнэ. Анхны цас X сарын дунд үе XI сарын эхээр унаж XI сарын дунд үеэс эхлэн тогтвортой цасан бүрхүүл тогтоно. Цасан бүрхүүл III сарын дунд үе IV сарын эхээр хайлж эхлэн мөн сарын дунд ба сүүлчээр арилна. Хөвсгөл орчмын уулс, Монгол Алтай, Хангай нурууны өндөрлөг бүсэд жилд дунджаар 140-150 хоног, Сэлэнгэ мөрний сав, Дорнод талд 100-120 хоног цасан бүрхүүлтэй байна. Нутгийн өмнөд хэсэгт 35-45 хоног, баруун өмнө, өмнө зүгийн нутагт 7 хоног орчим цасан бүрхүүлтэй байна. Тус орны нутаг дэвсгэрийн ихэнх хувийг эзлэх тал хээр, говийн бүсэд цасан бүрхүүл төдийлөн зузаан бус байдаг. Харин уулархаг нутагт үлэмж зузаарах ба уулсын ар хажууд өврийнхөөс илүү их цастай байна. Цасан бүрхүүл хамгийн их зузаарах II сард нутгийн өмнөд хэсэгт дунджаар 5 см байхад 1800-2000 м өндөрт орших уулархаг нутагт 25 см, түүнээс их өндөрт буюу ялангуяа Монгол Алтай нуруунд 200 см хүрнэ. Цасан бүрхүүлийн зузаан хамгийн их байх үед нягт нь дунджаар 0.15-0.20, зарим газар 0.25 г/см³ хүрнэ. Өвлийн эцсээр цасны нягт 0.20-0.22 г/см³ болно. Эдгээр үзүүлэлтүүд нь хаврын шар усны үерийг үүсгэх гол хүчин зүйлс болдог. Цасан дахь усны нөөц нь Монгол Алтай нурууны ар, Хөвсгөлийн уулсын баруун хажууд ахиу байх бөгөөд өндрийн 100 м тутамд 5-15 мм ихэснэ. Монгол Алтай нурууны баруун, өмнөд хажуу, Хэнтийн нурууны баруун, зүүн өмнөд хажууд цасны нөөц ус бага байна. Цасны нөөц усны хэмжээ нутгийн баруунаас зүүн өмнө тийш багасах зүй тогтолтой байдаг. Цасны нөөц ус ОХУ-ын Красноярскын ойт хээр Саяаны нурууны хушин ойд 75-79 мм, хусан ойд 54-60 мм хүрч байгаа нь манай орны Хөвсгөлийн уулс, Эгийн голын эх, Ерөө голын сав газрынхтай ойролцоо байна. Монгол Алтай нурууны 3000-4000 м өндөрт цасны нөөц ус 400 мм ба түүнээс их байж Ховд, Түргэн, Хархираа голын хавар-зуны шар усны үерийг тэжээнэ. Монгол орны уулархаг нутгийн цасны нөөц ус нь түүний нягт, газар нутгийн өндөртэй уялдана. Хамгийн их усны нөөцтэй байх хугацаа нь уулын хормойд I-II сар, мөстөл орчимд II сарын сүүлчээс VI сар хүртэл үргэлжилнэ. Цасны хамгийн их нөөц нь уулын ар баруун хойд хажууд ажиглагдана. Орос Алтайд Алатау уул Саяаны нурууны төв хэсэгт цасны нөөц ус 1500 мм хүрч байхад. Монгол Алтай Түргэний уулсад түүнээс 3-4 дахин бага байна. Хаврын шар усны үерийн урсац уулын ар хажуу, ойн доод захад ахиу байна. Хаврын шар усны урсац цасны нөөц уснаас бүрэлдэх боловч тухайн үеийн агаарын температур чухал үүрэгтэй. Хайлсан цасны урсац өдөр

10 цаг орчимд эхлэн 13-15 цагт хамгийн их хэмжээндээ хүрч цаашид аажмаар буурч 17-20 цагт зогсоно. Ихэнх гол мөрний хамгийн их өнгөрөлт хур борооны үерийн үед, харин өндөр уулын хайлсан цас мөсний усаар тэжээгддэг голуудад хавар-зуны шар усны үерийн үед ажиглагдана. Монгол Алтай нурууны голуудад хайлсан цас мөсний их урсац зонхилох боловч ус хурах талбай ихсэж дундаж өндөр нь намсах бүр хур борооны усны эзлэх хувь нэмэгдэнэ. Ус хурах талбайн дундаж өндөр д.т.дээш 1500-2000 м бага голуудын их урсац хур борооны үерийн үед зонхилон ажиглагдана. Хаврын шар усны үерийн урсцын хувьслын коэффициент Сэлэнгэ мөрний дунд хэсэгт 0.45-0.51 байхад. Манай оронд томоохонд тооцогдох Дэлгэр мөрөн, Идэр, Чулуут, Эг, Орхон, Туул, Хараа, Ерөө зэрэг голд 0.52-0.80, Урд тамир, Хойд тамир, Тэрэлж зэрэг жижиг голд 0.80-1.31 хүртэл нэмэгдэх хандлагатай боловч уулын жижиг голд газар нутгийн өндөр ихсэх тутам хур чийг нэмэгдэх зүй тогтолтой уялдан багасна. Эдгээр ус зүйн нарийн нийлмэл процесс нь харилцан адилгүйгээр сав газруудад тохиолддог ба энэхүү судалгаагаар Төв Азийн гадагш урсацгүй ай савд багтах Хангайн нурууны өвөр хажуугаас усжих Таац голын урсцын горим, түүний өөрчлөлтийг статистик аргаар тодорхойлохыг зорив. Ингэхдээ хаврын шар усны болон зуны хур борооны үерийн трендийг Манн-Кендаллын аргаар, харин тэдгээрийн тодорхой хангамшил дахь утгуудыг Гринготены аргаар тус тус тооцоолов. Тус судалгааны ажлын үр дүн усны нөөцийн нэгдсэн менежментийг оновчтой төлөвлөх, удирдан зохион байгуулах, усны нөөцийг хуримтлуулах тохиромжтой хугацаа, байршлыг тогтоох зэрэгт ач холбогдолтой бөгөөд цаашид нарийвчилбал уур амьсгалын өөрчлөлтийн ба хүний буруутай үйл ажиллагааны нөлөөлөл тус бүр хэдэн хувь байгааг ялган үнэлэлт дүгнэлт өгөх боломж бүрдэх юм.

Судалгааны талбай

Хангайн нурууны өвөр хажуугаас усжих голууд дотроос хамгийн бага урсацтай нь Таац гол болно. Голын урт 200 км, ус хурах талбайн хэмжээ 9190 км², сав газрын ус хагалбарын урт 760 км, өндөржилт 1195-3476 м хүртэл хэлбэлзэх ба дундаж өндөржилт 2392 м байна. Таац голын сав газрын ус зүйн сүлжээний нягтшил харьцангуй бага бөгөөд Хангай нурууны Баян давааны Булуу уулын зүүн хойд хажуугийн Ханангийн гол, Ар-Улаанчулуутын голоос эх аван урсаж, Таацын Цагаан нуурт цутгадаг. Таацын голд Хөнөгийн гол, Муралзахын гол, Түшээ Жаргалантын гол, Бөмбөөхэйн гол, Нарийнтээл гол, Шаргын гол, Нарийн гол цутгана. Хангайн нурууны өврийн уулсын ам хавцлаас усжих жижиг гол горхиуд нийлж үндсэн урсац бүрдэж, эхээс алслагдаж адаг орчимд хүрэхэд түрэлтийн алдагдал бий болж, усны урсац эрс багасаж Нууруудын хөндийн адаг орчимд сэвсгэр хурдсанд шургадаг. Зөвхөн зуны хур борооны үед Таацын Цагаан нуурт хүрнэ. Голын сүлжээний нягтшил Нарийнтээл сум орчимд 0.099 км/км², голдирлын дундаж хэвгий 0.6% болно. Голын ус Х сарын сүүлчээс эхлэн хөлдөж, IV сард мөс нь хайлах ба ихэнх хэсэгтээ ёроолгүй хөлдөж халиа үүснэ.

Ус хурах талбай нь Нарийнтээл ус судлалын харуулаар 1631 км², голын сүлжээний дээд эрэмбэ нь 4, дундаж хэвгий 0.67 хувь, голын голдирлын дундаж өндөр д.т.дээш 1760 м, ус хагалбарын шугамын урт 584 км, түүний дундаж өндөр д.т.дээш 2395 м, голын сүлжээний нягт бага 0.12 км/км², ус хурах талбайн дундаж өндөр д.т.дээш 1973 м, хөндийн гүн дунджаар 288 м, ус хурах талбайн дундаж өргөн 22.7 км байна (Г.Даваа, 2015). Таац голын усны горим, нөөцийг ус, цаг уурын ажиглалт, хэмжилтийн сүлжээ байгуулах ажлын хүрээнд анх 1970 онд Нарийнтээл суманд ус судлалын харуулыг байгуулснаар эхэлсэн түүхтэй ба түүнээс хойш одоог хүртэл тасралтгүй ажиллаж голын урсцын хэмжээ, усны түвшин, температур, үер, мөсний үзэгдлийн ажиглалт, хэмжилтийг хийж байна.



Зураг 1. Таац голын сав газрын газарзүйн байршил

Таац голын жилийн доторх урсцын хуваарилалт ихээхэн жигд бус бөгөөд IV болон V сард бага зэргийн шар усны үер ажиглагдаж, VI, VII сараас эхлэн хур борооны үер тохионо. Таац голын сав газар нь урд талаасаа Алтайн нурууны уулсаар, зүүн, баруун талаараа Онги-Улаан нуур болон Орог-Гүйн голын сав газартай геологийн хурдас чулуулгийн хилээр хязгаарлагдсан уулс хооронд оршино. Тус сав газар нь газарзүйн тогтцын хувьд хангай, тал хээр, говийн бүсийг дамжин оршдог өвөрмөц тогтоцтой ба Уянга сумын Жаргалант багийн Хожоо нуруунаас эх авч Нарийнтээл сумын нутгийг дамжин 200 км урсаж Баруунбаян-Улаан сумын нутаг дахь Таацын цагаан нуурт цугладаг. Жаргалант багийн нутаг дахь Хортын голын эхийг Таацын голын эх гэж нэрлэдэг ба Хортын гол нь Далан түрүү рашаанд нийлдэг. Далан түрүү рашаан нь Таац голын нийт урсцын 70-80 хувийг бүрдүүлдэг.

Сав газрын хойд хэсгээр хангай тал хээр, өмнөд хэсгээр говь хээрийн бүс зонхилсон, зундаа хуурай, өвөлдөө хүйтэн, хур тунадас харьцангуй бага унадаг нутаг юм. Нутгийн хойд хэсгээр жилд дунджаар 150-190 мм орчим хур тунадас унадаг бол өмнөд хэсгээр 50 мм орчим тунадас унана. Жилийн IV-X сард 20-25 өдөр бороотой, X-IV сард 15-20 өдөр цас тус тус орно. Энэ нь зуны нэг сард орох хур тунадасны хэмжээ юм. Энэ үед үер, уруйн үер болдог онцлогтой. Жилийн хамгийн дулаан VII сарын дундаж агаарын температур 21.3°C дулаан, хамгийн хүйтэн I сарын дундаж температур -15.7°C хүйтэн байна. Агаарын үнэмлэхүй хамгийн их температур нь 39.6°C (2000 оны VII сарын 13-нд) хүрч халсан бол үнэмлэхүй хамгийн бага температур нь -34.5°C хүрч хүйтэрсэн байна.

Агаарын харьцангуй чийгшил хамгийн дулаан сарын халуун үед буюу өдрийн 14 цагт 12-30 хувь, хамгийн хүйтэн нэг сарын мөн цагт 65 хувь хүрэх бөгөөд манай орны говийн бүс нутгийн хуурай чийгээр дутмаг нутаг дэвсгэрт хамаарна. Жилийн дундаж харьцангуй чийгшил 50 хувь байх ба хамгийн хуурай хаврын улиралд 35-42 хувь түүнээс доош байна. Энэ нь манай орны чийглэг зарим нутгийнхаас 2 дахин бага хэмжээ болдог. Жилд 110 өдөр хуурай байдаг. Хур тунадасны жилийн нийлбэр 106 мм. Хур тунадасны 94 хувь нь дулааны улиралд, 70 хувь нь зуны 3-н сард ордог зүй тогтолтой. Хур тунадас өвлийн сард 1-2 мм, зуны 3-н сард 14-30 мм ордог. Олон жилийн дунджаар XII сарын 4-нөөс II сарын 12 болтол 70 хоногт цасан бүрхүүл тогтож, 1-5 см зузаантай, 5 мм хүртэл нөөц услагтай байдаг. Ийм нимгэн цасан бүрхүүл хөрс, агаарын чийгшилд нөлөө бараг болдоггүй. Зарим өнтэй жил цасан бүрхүүл тогтохгүй, хэдхэн хоногоор үүсэж, арилж байдаг онцлогтой. Үерийн тооцоо судалгаанд тухайн ус хурах талбайд түүхэн хугацаанд ажиглагдсан хоногийн хамгийн их хур тунадасны тоон утга чухал бөгөөд сав газарт 28 мм аадар тунадас орж байжээ. Нутгийн ихэнх хэсгээр салхи 3-10 м/с, заримдаа 25-30 м/с хүртэл ширүүн салхитай байдаг. Хөрсний гадаргын үнэмлэхүй хамгийн их температур 70°C хүрч халсан бол үнэмлэхүй хамгийн бага температур -52.0°C ажиглагджээ.

Өвөрхангай аймгийн нутагт хөрснөөс ойлсон болон хөрсөнд шингэсэн цацрагийн хэмжээгээр үзвэл, тогтвортой цасан бүрхүүлтэй XI сараас III сард цацрагийн ойц (альбедо) 0.61-0.70 байх бөгөөд дунджаар 0.65 хүрнэ. Харин ургамал ургаж, хөрс чийгшиж бараавтар болох V сараас IX сард ойц 0.18, шилжилтийн IV сард 0.35, X сард 0.25 болдог. Өвөрхангай аймгийн нутгийн хойд хэсэгт жилд дунджаар 3875.8 мДж/м², өмнөд хэсэгт 4190 мДж/м² цацраг хөрсөнд шингэнэ. Өвөрхангай аймгийн нутагт бодит цацрагийн жилийн нийт хэмжээ 1437-1592 мДж/м² байна. Умарт Говийн хотгор, Өвөрхангай аймгийн Таацын голын сав газар нь агаарын чийгшил нэн бага, хуурай бүс нутаг юм. Хур тунадас хангайн бүсээс 2.5-3 дахин бага унадаг. Гадаргын ус бүрдүүлдэг бороо бага ордогос энэ хотгор бүхэлдээ 1943, 1980, 2005, 2015 оны мөчлөгөөр 5-н нуур хатаж ширгэж байжээ. Ган болох гандуу байх уур амьсгалын нөхцөл бүрддэг. Салхи шуурга ихтэй, хур тунадас багатай зэргээс шалтгаалан цөлжилт хүрээгээ тэлж, уур амьсгалын өөрчлөлт эрчимтэй явагдаж байна.

Таац голын савын газрын доорх усны нөөцийг ихээхэн алаг цоог тархалттай гэж үзэж болно. Таац голын сав дахь газрын доорх усны нөхөн сэргээгдэх нөөц нь голын хөндийг дагаж, Хангайн нурууны өврөөр тархсан түрмэл чулуулаг дахь ан цавлаг бүс, зарим хуурай сайрын хөндийг дагаж хуримтлагдсан шинжтэй байна. Тус савын газрын доорх усны нийт 163 сая м³ нөхөн сэргээгддэг нөөц байгаа тооцоо гарсны дотор уг нөөцийн зонхилох хэсэг нь тун бага буюу нэг километр квадрат талбайд 0-5 мм/жил/км² нөхөн сэргээгддэг нөөцтэй талбайд хамрагдаж байна. Ай савын нийт 25,404 км² талбайн 20,410 км² буюу 80.5 хувьд нь тун бага (0-5 мм/км²) нөхөн сэргээгддэг 101 сая м³ нөөц буюу нийт нөхөн сэргээгддэг нөөцийг 61.9 хувь, бага нөхөн сэргээгддэг нөөцтэй (5-10 мм/км²) 3594 км² талбайд 26 сая м³ нөхөн сэргээгддэг нөөц буюу нийт нөхөн сэргээгддэг нөөцийг 15.9 хувь, багаас дундаж нөхөн сэргээгддэг нөөцтэй (10-20 мм/км²) 506 км² талбайд 8 сая м³ нөхөн сэргээгддэг нөөц буюу нийт нөхөн сэргээгддэг нөөцийг 4.9 хувь, нийлмэл урсац бүхий нөхөн сэргээгддэг нөөцтэй (30 мм/км²) 660 км² талбайд 20 сая м³ нөхөн сэргээгддэг нөөц буюу нийт нөхөн сэргээгддэг нөөцийн 12.2 хувь тус тус болж байна.

Судалгааны материал, аргазүй

Судалгаанд Таац голын сав газар дахь Нарийнтээл ус судлалын харуул болон Нарийнтээл цаг уурын харуулын 1975-2019 оны өдөр бүрийн урсац, хур тунадас, агаарын температурын өгөгдлийг ашиглав (Хүснэгт 1). Уг эх мэдээг Өвөрхангай аймгийн Ус Цаг уур, Орчны шинжилгээний төвийн Архив мэдээллийн хэлтсээс бүрдүүллээ. Ус судлалын Нарийнтээл сум дахь харуул 1969 оноос ажиглалт хэмжилт хийж эхэлсэн байна.

Хүснэгт 1. Судалгаанд ашигласан харуул өртөөний байршил

Харуул өртөөний нэр	Уртраг	Өргөрөг	Өндөржилт, д.т.дээш (м)
Таац-Нарийнтээл ус судлалын харуул	101° 28' 4.008"	45° 57' 51.012"	1651
Нарийнтээл цаг уурын харуул	101° 27' 11.92"	45° 57' 39.66"	1823

Таац голын усны горим, түүний өөрчлөлтийг тодорхойлох зорилгоор жилийн дундаж урсац, хаврын шар усны болон зуны хур борооны үерийн хамгийн их хэмжээг тодорхойлон,

тэдгээрийн трендийг Манн-Кенделийн тестээр шалгасан болно (Helsel et al., 2002). Энэхүү арга нь хугацааны цувааны трендийг тодорхойлоход өргөн хэрэглэгддэг (Yilmaz, 2019).

$$S_k = \sum_{i=1}^m S_i \tag{I}$$

$$Z_{sk} = \begin{cases} \frac{S_k-1}{\sigma_k} & S_k > 0 \\ 0 & S_k = 0 \\ \frac{S_k+1}{\sigma_k} & S_k < 0 \end{cases} \tag{II}$$

Энд: $S_k, S_i, \sigma_k, Z_{sk}$ - (+)гэмдэгтэй бол өсөх трендийг, (-) тэмдэгтэй тохиолдолд буурах трендийг илэрхийлнэ. Мөн статистикийн хувьд ач холбогдолтой ($P < 0.05$) Z_{sk} -ийн утгыг 1.96 гэж авав (Guclu, 2018; Wang et al, 2020). Энэхүү аргыг хамгийн их (Tosunoglu, Kisi, 2017) ба хамгийн бага урсацын явц, ус, цаг уурын өгөгдлийн трендийг үнэлэхэд (Fathian et al, 2015; Ahmad et al, 2015; Saadi et al, 2019) нэлээдгүй ашигладаг.

Хаврын шар усны үерийн хамгийн их утга тухайн ус хурах талбайд орсон өвлийн хур тунадасны хэмжээ, орон зайн тархалт, хайлалтын эрчим буюу агаарын температураас хүчтэй хамаарах бөгөөд эндээс өвлийн нийлбэр тунадастай хамаарах хамаарлыг авч үзсэн. Мөн хаврын шар усны үерийн хамгийн их утга ажиглагдах огноонд дүн шинжилгээ хийлээ. Мөн түүнчлэн хаврын шар усны болон зуны хур борооны жил бүрийн хамгийн их утгыг шүүж (цувааны тоо 44) харьцуулсан ба үерийн статистик дүн шинжилгээг дэлхий нийтээр түгээмэл хэрэглэдэг, шалгарсан арга болох И.Грингортений (Gringorten, 1963) аргыг ашиглан тооцоо. Тооцооны үндсэн тэгшитгэл нь дараах байдалтай байна.

$$F(X) = \frac{r-0.44}{N+0.12} \tag{III}$$

Энд:

$F(X)$ – Хангамжийн хувь буюу магадлалт их урсац;

r – Их утгуудын эрэмбэ;

N – Цувааны тоо.

Энэ тооцооны үр дүнгээр 5, 10, 20, 50, 100, 1000 жилд тохиох үерийн их хэмжээг үнэлэх боломж бий болдог.

Урсцын олон жилийн цуваагаар интеграл муруй байгуулж их бага устай мөчлөгийг тогтоох: Энэ арга зүйн үр дүнд тухайн голын урсац олон жилийн хугацаанд хэрхэн хувьсаж өөрчлөгдөж буйг харуулах бөгөөд ординат тэнхлэг дараах байдлаар тодорхойлогдоно.

$$F(t) = \sum_{t=1}^n (K_t - 1) / C_v \tag{IV}$$

Энд:

n – цувааны тоо

K_t – урсцын модулийн коэффициент

$$K_t = \frac{Q_t}{q} \tag{V}$$

$K_t > 1$ бол дунджаас ахиу буюу услаг жил, $K_t < 1$ бол услаг багатай жил гэж ойлгоно.

Энд:

Q_t – тухайн жилийн дундаж урсац

q – олон жилийн (цувааны) дундаж урсац

C_v – урсцын хувьслын коэффициент

$$C_v = \frac{\sigma}{q} \tag{VI}$$

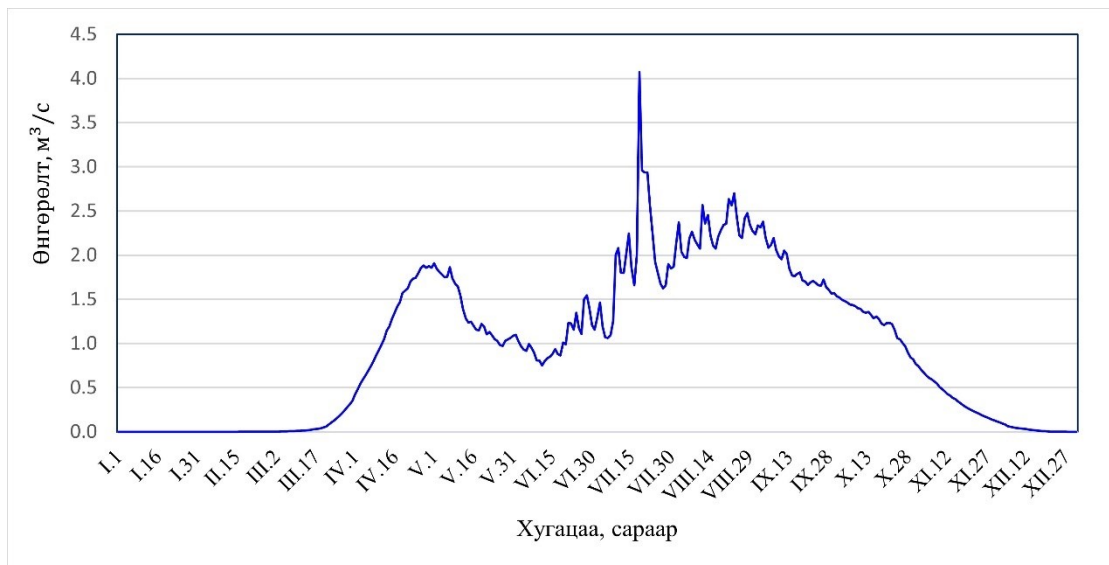
Энд:

σ – цувааны стандарт хазайц

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (Q_t - q)^2}{n-1}} \tag{VII}$$

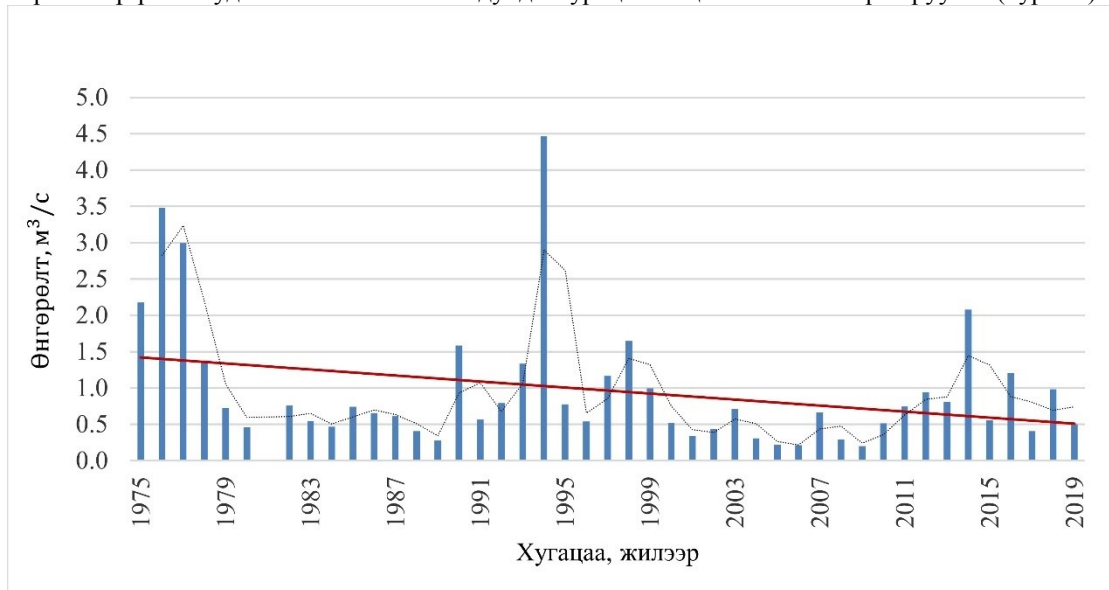
Судалгааны үр дүн ба хэлэлцүүлэг

Таац-Нарийнтээл ус судлалын харуулын 1975-2019 оны урсцын гидрографаас харахад уг гол нь хаврын шар усны болон зуны хур борооны үерийн горим зонхилж байв (Зураг 2).



Зураг 2. Урсцын гидрограф

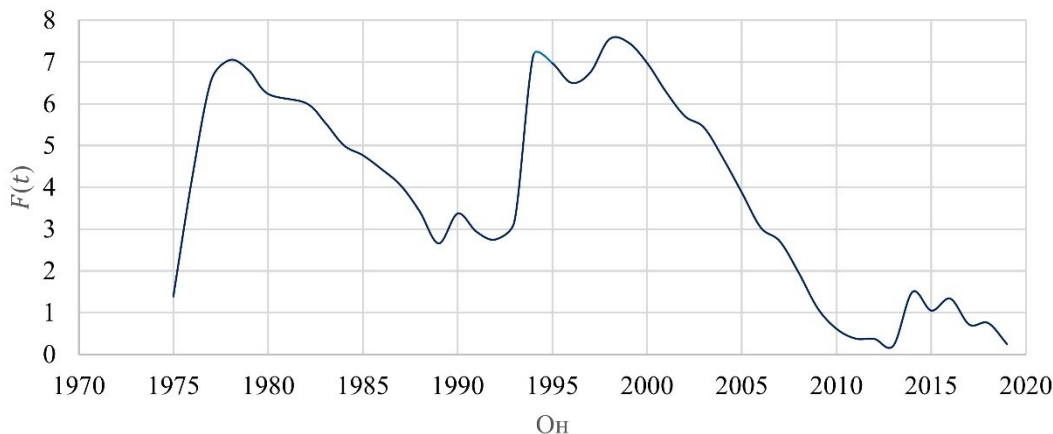
Таац голын олон жилийн дундаж урсац 0.95 м³/с байна. Голын мөс III сарын 10-20 хооронд задарч байнгын урсацтай болж эхлэх бөгөөд IV сарын эхний 10 хоногоос V сарын 20 хүртэл хаврын шар усны үерийн горимд шилжинэ. Харин V сарын 20-ноос VI сарын 20 хүртэл зуны бага устай үе үргэлжилж VII сарын эхний 10 хоногоос VIII сарын 3-р 10 хоног хүртэл зуны хур борооны үер 6-10 удаа тохионо. Жилийн дундаж урсцын явцыг олон жилээр харуулав (Зураг 3).



Зураг 3. Олон жилийн урсацын явц

Жил бүрийн дундаж урсцыг ажиглалтын нийт хугацаагаар авч, Нарийнтээл цаг уурын харуулд хэмжигдсэн хур тунадасны мэдээ материалтай харьцуулан үзвэл 1980-1990, 2000-2009 он хүртэл харьцангуй бага услагтай үеүд тохиож байсан байна. Хамгийн их устай жилүүд 1976 (3.48 м³/с), 1994 (4.46 м³/с), 2014 (2.08 м³/с) онуудад харин хамгийн бага устай жил 2005 (0.22 м³/с), 2006 (0.21 м³/с), 2009 (0.20 м³/с) онуудад тохиож байжээ. Жилийн дундаж урсцын хэмжээ буурах, хаврын шар усны хамгийн их урсац буурах, зуны хур борооны үер нэмэгдэх хандлагатай байна.

Голын урсцын хувьсал өөрчлөлтийг илэрхийлэх ялгаварт интеграл муруй байгуулж гидрологийн үелэг байдал ажиглагдаж буй эсэхийг шалгаж үзэв (Зураг 4).



Зураг 4. Жилийн дундаж урсцын хувьсал өөрчлөлт

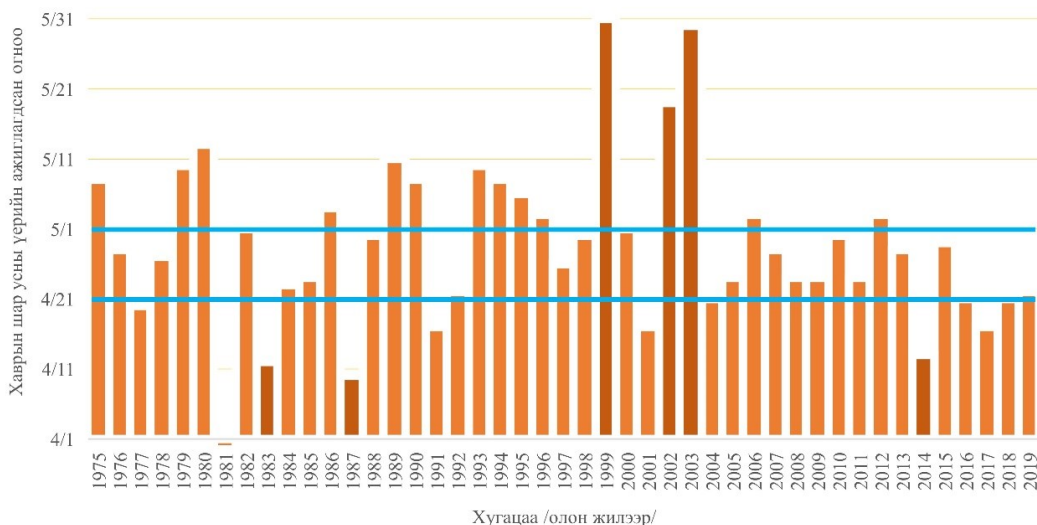
Үр дүнгээс харахад гидрологийн 2 бүтэн цикл ажиглагдаж байгаа бөгөөд 1975-1985, 1995-2005 онуудад услаг ихтэй, 1985-1995, 2010-2020 онуудад услаг харьцангуй багавтар жил байжээ.

Жилийн дундаж урсцын трендийг Манн-Кендаллын аргаар тооцоход Z_{sk} ийн утга - 1.42 ($p < 0.1$), хаврын шар усны үерийн тренд Z_{sk} - 0.29, зуны хур борооны үерийн трендийн Z_{sk} утга 1.56 буюу статистикийн хувьд ач холбогдолгүй байна (Хүснэгт 2).

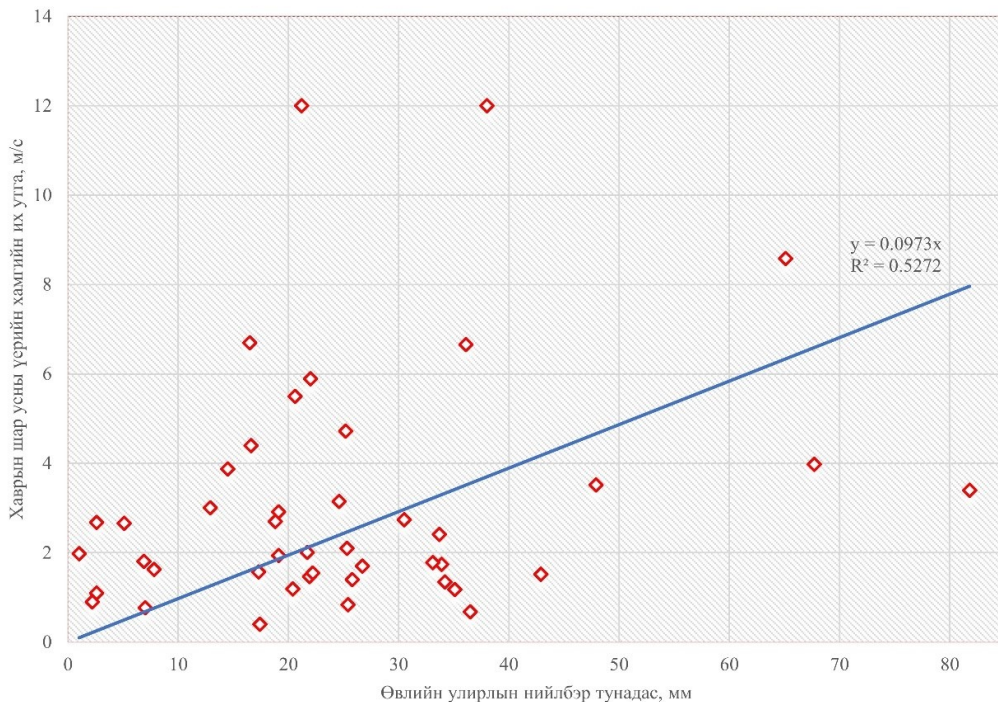
Хүснэгт 2. Манн-Кендаллын аргаар тооцсон итгэлцүүрүүд

Үзүүлэлт	Z_{sk}	Sen-slope	p -утга
Хур борооны үерийн хамгийн их урсац	1.56	0.05	0.1
Хаврын шар усны үерийн хамгийн их урсац	-0.29	-0.003	0.7
Жилийн дундаж урсац	-1.42	-0.006	0.1

Хаврын шар усны үерийн хамгийн их утга ажиглагдсан огноонд анализ хийсэн үр дүнг (Зураг 5) харуулав.

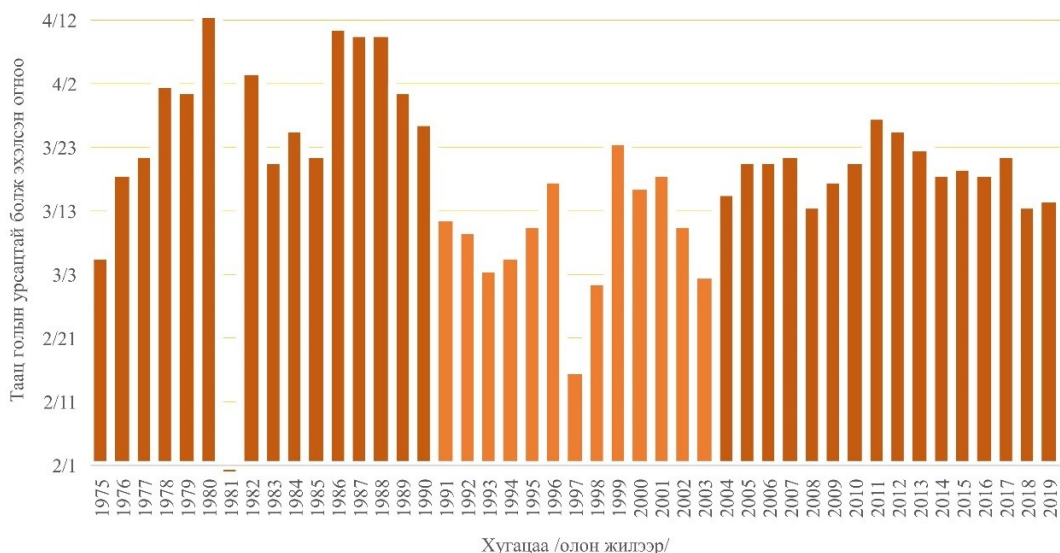


Зураг 5. Хаврын шар усны үерийн хамгийн их утга ажиглагдсан огноо, жилээр
 Олон жилийн дунджаар шар усны үерийн хамгийн их урсац ажиглагдах хугацаа нь IV сарын сүүлийн 10 хоногт тохиолдож байна. Зураг 5-с харахад 1999, 2002, 2003 онуудад хаврын шар усны үерийн хамгийн их урсац ажиглагдах хугацаа 3-4 долоо хоногоор хойш ажиглагдсан байна. Харин 1983, 1987, 2014 онуудад шар усны үерийн хамгийн их утга ажиглагдах огноо дундаж утгаас 20 хоногоор өмнө ажиглагдсан байна. Энэ бүхнээс үзвэл Таац-Нарийнтээл ус судлалын харуулын ус хурах талбайн хэмжээнд уур амьсгалын орон зай, цаг хугацааны нарийвчилсан мэдээ бүрдүүлэн судалгааны ажил явуулах шаардлагатай болно. Мөн бид хаврын шар усны үерийн хамгийн их утгын хэмжээг түүнээс өмнөх (өвлийн улиралд хуримтлагдсан) хур тунадасны нийлбэр хэмжээнээс хамаарна гэж үзээд шалгав (Зураг 6).



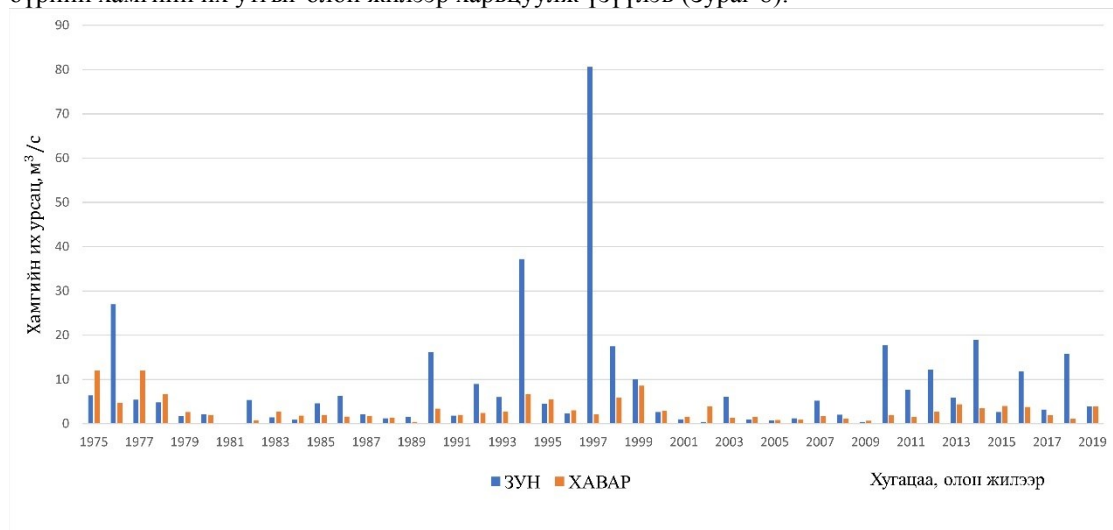
Зураг 6. Хаврын шар усны үерийн хамгийн их хэмжээ ба өвлийн улирлын нийлбэр тунадас хоорондын хамаарал

Эндээс нийлбэр тунадас болон урсцын хамгийн их утга хоорондын корреляцийн коэффициент 0.7 буюу сайн хамааралтай байна. Харин урсац үүсэж эхлэх огноог олон жилээр (Зураг 7) харуулав.



Зураг 7. Таац голын урсац үүсэх огноо, олон жилээр

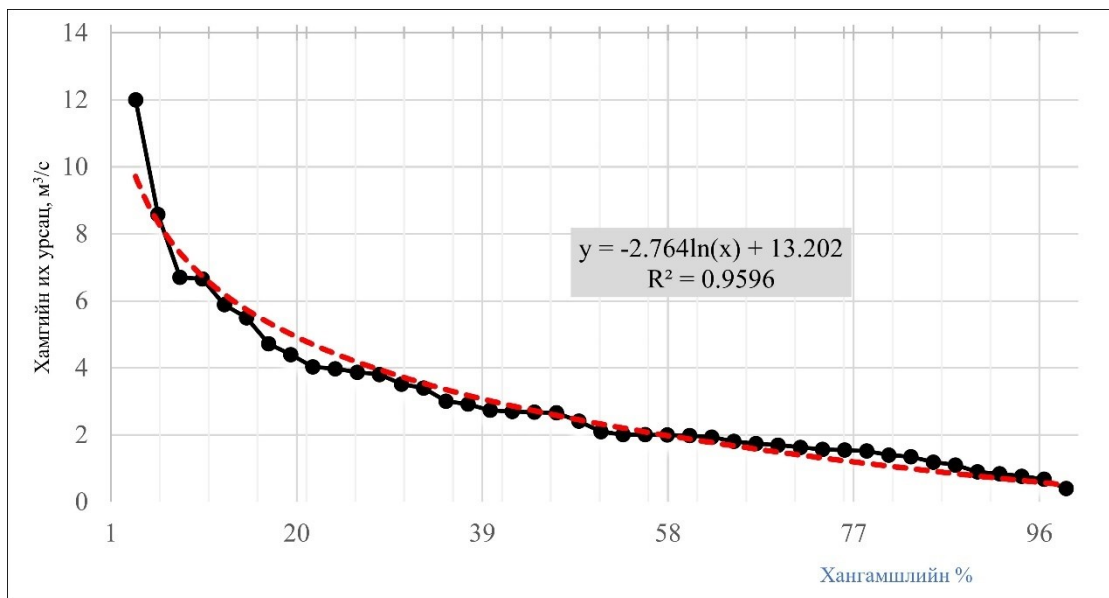
Таац голын урсац эхлэх огноо олон жилийн дунджаар III сарын сүүлийн 10 хоногт тохиож байна. 1975-1990 оны хооронд урсац эхэлсэн хугацаа дунджаас 2-3 долоо хоног хойш, 1991-2003 оны хооронд урсац эхэлсэн хугацаа дунджаас 2-4 долоо хоног урагшилсан, 2004-2019 оны хооронд олон жилийн дунджийн орчимд байна. Хаврын шар усны болон зуны хур борооны үерийн жил бүрийн хамгийн их утгыг олон жилээр харьцуулж үзүүлэв (Зураг 8).



Зураг 8. Таац голын хавар, зуны үерийн их утгын харьцуулалт

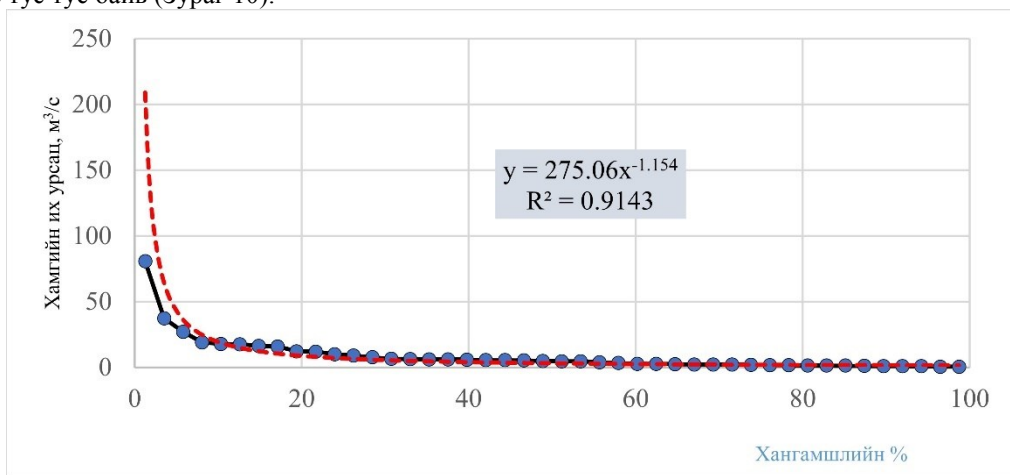
Зураг 8-аас харахад 44 жилийн хугацаанд зуны хур борооны үерийн их хэмжээ хаврын шар усны үерийн их хэмжээнээс 27 жилд ахиу, харин хаврын шар усны үерийн их хэмжээ зуны хур борооны их хэмжээнээс 17 жилд ахиу ажиглагдаж, 2019 онд тухайн голын хавар, зуны үерийн их хэмжээ тэнцүү ($3.8 \text{ м}^3/\text{с}$) байсан байна. Нийт хугацааны хувьд зуны хур борооны үерийн хамгийн их утга 1997 онд, хаврын шар усны үерийн хамгийн их утга 1975, 1977 онуудад ажиглаж байв.

Хаврын шар усны болон зуны хур борооны үерийн хангамж буюу давтагдах магадлалыг И.Грингортений аргаар тооцов (Зураг 9).



Зураг 9. Таац голын хаврын шар усны үерийн хангамж

Үр дүн (зураг 9)-ээс үзвэл хаврын шар усны үерийн хангамжийн муруйд логарифм функцийн график хамгийн сайн дөхөлттэй байна. Тэгшитгэлээс тооцож үзвэл 100 жилд нэг удаа тохиох шар усны үерийн хамгийн их хэмжээ 13.2 м³/с, 1000 жилд нэг удаа тохиох үерийн хэмжээ 19.5 м³/с тус тус байв (Зураг 10).



Зураг 10. Таац голын хур борооны үерийн хангамж

Зураг 10-аас үзвэл хур борооны үерийн хангамжийн муруйд зэрэгт функцийн график хамгийн сайн дөхөлттэй байна. Тэгшитгэлээс тооцож үзвэл 10 жилд нэг удаа тохиох хур борооны үерийн их утга 19.2 м³/с, 100 жилд нэг удаа тохиох үерийн хэмжээ 275 м³/с тус тус байв.

Дүгнэлт

Таац голын жилийн дундаж болон хаврын шар усны үерийн хэмжээ буурах, зуны хур борооны хамгийн их урсац ихсэх хандлагатай байна. Энэхүү хандлагыг Манн-Кендаллын үнэлгээгээр үнэлэхэд статистик ач холбогдолгүй байна. Таац голын хамгийн бага урсац буюу гачиг үеийн үргэлжлэх хугацаа нь X сарын сүүлийн 10 хоногоос IV сарын эхний 10 хоног хүртэл байна. Мөн хаврын шар усны үерийн процесс дуус ч нар буцах хүртэл гачиг үе ажиглагддаг байна.

Олон жилийн дунджаар шар усны үерийн хамгийн их урсац ажиглагдах хугацаа нь IV сарын сүүлийн 10 хоногт тохиолддог байна. Таац голын урсац эхлэх огноо олон жилийн

дунджаас 1975-1990 (15 жилийн хугацаанд) хожуу ажиглагдсан, 1991-2003 (12 жилийн хугацаанд) эрт, 2004-2019 (15 жилийн хугацаанд) дунджийн орчим тус тус байна.

Голын урсцын олон жилийн хувьсал өөрчлөлтийг ялгаварт интеграл муруй байгуулан шалгаж үзэхэд гидрологийн 2 бүтэн үе ажиглагдлаа.

Хаврын шар усны үерийн хамгийн их утгын туршилтын муруй логарифм функцийн график хуулиар, зуны хур борооны үерийн их утга зэрэгт функцийн графиктай хамгийн сайн дөхөлттэй байна. Энэ статистик шинжилгээ нь зуны улиралд үерийн экстремал утгын өөрчлөлт өндөр болохыг бататгаж байна. Хаврын шар усны хамгийн их хэмжээ ба өвлийн улирлын нийлбэр тунадас хоорондын хамаарал 0.7 буюу сайн хамааралтай байна.

Цаашид үерийн өмнөх нийт орон зайг хамарсан цасны тархалт, цасан дахь усны нөөц, хайлалтын эрчим зэргийг нарийвчлан судлах шаардлага үүсэж байна.

Ном зүй

Байгаль орчин, ногоон хөгжлийн яам (БОНХЯ). (2012). Улсын усны нөөцийн нэгдсэн менежментийн төлөвлөгөө боловсруулахад зориулсан судалгааны эмхтгэл нэгдүгээр дэвтэр. хх: 514-515. <http://bic.iwlearn.org/mn/documents/documents/state-reports/ulsyn-usny-nootsiin-neghdsen-mieniezhmientin-tolovloghoo-bolovsruulakhad-zoriulsan-sudalghaany-emkhetghel-neghdugheer-devter-monghol-kheleer/view>

Даваа, Г. (2015). *Монгол орны гадаргын усны горим, нөөц*, Улаанбаатар хот, Адмон принтинг, 40-55.

Мягмаржав, Б., Даваа, Г., (1999). *Монгол орны гадаргын ус*, Улаанбаатар хот, Интерпресс, 1-26.

Ahmad, I., Tang, D., Wang, TF., Wang, M., Wagan, B. (2015). Precipitation trends over time using Mann-Kendall and Spearman's rho tests in Swat River basin, *Advances in meteorology*, 431860. <https://doi.org/10.1155/2015/431860>

Arnell, N. W. (1999). Climate change and global water resources, *Global Environmental Change*, 831–849. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2003.10.006>

Berezhnykh, T. V., Marchenko, O. Yu., Abasov, N. V. & Mordvinov, V. I. (2012). Changes in the summertime atmospheric circulation over East Asia and formation of long-lasting low-water periods within the Selenga River basin, *Geography and Natural Resources*, 223–229. <https://doi.org/10.1134/S1875372812030079>

Endo, N., Kadota, Ts., Matsumoto, Y., Ailikun, B. & Yasunari, T. (2006). Climatology and Trends in Summer Precipitation Characteristics in Mongolia for the Period 1960–98, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 543-551. <https://doi.org/10.2151/jmsj.84.543>

Fathian, F., Dehghan, Z., Bazkhar, MH., Eslamian, S. (2015). Trends in hydrological and climatic variables affected by four variations of the Mann-Kendall approach in Urmia Lake basin, Iran, *Environmental and Ecosystem Science*, 137-142. <http://doi.org/10.26480/ees.02.2021.137.142>

Fisher, T., Gemmer, M., Su, B. & Scholten, T. (2013). Hydrological long-term dry and wet periods in the Xijiang River basin, South China, *Hydrology Earth System Sciences*, 135–148. <https://doi.org/10.5194/hess-17-135-2013>

Gringorten, I. I. (1963). A plotting rule for extreme probability paper, *Journal of Geophysical Research*, 605-956. <https://doi.org/10.1029/JZ068i003p00813>

Gu clu, YS. (2018). Multiple Sen-innovative trend analyses and partial Mann-Kendall test, *Journal of hydrology*, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.09.034>

Helsel, D. R., Hirsch, R. M., Ryberg, K. R., Archfield, S. A., & Gilroy, E. J., (2020). Statistical methods in water resources: U.S. *Geological Survey Techniques and Methods*, book 4, 458. <https://doi.org/10.3133/tm4a3>

Hülsmann, L. Geyer, T. Schweitzer, C. Priess, J. & Karthe, D. (2015). The Effect of Subarctic Conditions on Water Resources: Initial Results and Limitations of the SWAT Model applied to the Kharaa River Catchment in Northern Mongolia, *Environmental Earth Sciences*, 581-592.

- Kim, B. S., Hossein, S. Z. & Choi, G. (2011). Evaluation of temporal-spatial precipitation variability and prediction using seasonal ARIMA model in Mongolia, *KSCE Journal of Civil Engineering*, 917–925. <https://doi.org/10.1007/s12205-011-1097-9>
- Leta, O. T., El-Kadi, A. & Dulai, H. (2018). Impact of climate change on daily streamflow and its extreme values in Pacific Island watersheds, *Sustainability*, 1–22. <https://doi.org/10.3390/su100662057>
- Saadi, Z., Shahid, Sh., Ismail, T., Chung, ES., Wang, XJ. (2019). Trend analysis of rainfall and rainfall extremes in Sarawak, Malaysia using modified Mann-Kendall test, *Meteorol Atmos Phys* 131, 263-277. <https://doi.org/10.1007/s00703-017-0564-3>
- Tosunoglu, F., & Kisi, O. (2017). Trend analysis of maximum hydrologic drought variables using Mann–Kendall and Şen's innovative trend method. *River Research and Applications*, 33(4), 597-610.
- Wang, F., Shao, W., Yu, H., Kan, G., He, X., Zhang, D., ... & Wang, G. (2020). Re-evaluation of the power of the mann-kendall test for detecting monotonic trends in hydrometeorological time series. *Frontiers in Earth Science*, 14. <https://doi.org/10.3389/feart.2020.00014>
- Yilmaz, B. (2019). Analysis of hydrological drought trends in the GAP region (southeastern Turkey) by Mann-Kendall test and innovative sen method. *Appl Ecol Environ Res*, 17(2), 3325-3342. http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1702_33253342