



БОЛОВСРОЛ, СОЁЛ,
ШИНЖЛЭХ УХААН,
СПОРТЫН ЯАМ



МОНГОЛЫН ЗАЛУУ
ЭРДЭМТГИЙН
ХОЛБОО



МОНГОЛ УЛСЫН
ШИНЖЛЭХ УХААНЫ
АКАДЕМИ



ШИНЖЛЭХ УХААН
ТЕХНОЛОГИЙН
САН



ГАЗАРЗҮЙ, ГЕОЛОГИЙН
САЛБАРЫН ЗАЛУУ
ЭРДЭМТГИЙН ХОЛБОО

ХҮРЭЛТӨГӨӨТ - 2019

ГАЗАРЗҮЙ, ГЕОЛОГИЙН САЛБАРЫН ЗАЛУУ
ЭРДЭМТЭН, СУДЛААЧДЫН БҮТЭЭЛ

УЛААНБААТАР

2019 он

ГАРЧИГ

Улиасны газарзүйн таримлын судалгаа	
Э.Батдорж, Х.Билгүүн, Д.Цэндсүрэн	7
Хөрсний экологийн чадавхийн газарзүйн хүчин зүйлсийн үнэлгээ	
Ц.Батням, Э.Авирмэд.....	10
Монгол орны экологи – геоморфологийн чадавхын Нэгдсэн үнэлгээ	
Б.Баянжаргал, Э.Авирмэд.....	16
Чулуун мандлын экологи-геологийн чадавхын үнэлгээний үр дүнгээс	
Т.Даваагатан, Э.Авирмэд, Ц.Батням.....	24
Газрын масс үнэлгээнд орон зайн хүчин зүйлсийг тооцоолох нь	
Д.Дорлигжав, С.Наранцогт	28
Бэлчээрийн усан хангамж, төлөвлөлтийн асуудалд	
И.Мягмаржав, П. Мягмарцэрэн.....	36
Шилжрээ амны бичил уур амьсгал	
Н.Нандинцэцэг, А.Дашцэрэн, Ч.Тэмүүжин	39
Монгол улсад бүртгэгдсэн шүлхий өвчний дэгдэлтэнд Нарны идэвхжил болон цаг агаарын зарим хүчин зүйлийн хамаарлыг судалсан дүн	
Х.Нарангэрэл, Ш.Оюунтуяа, Л.Энхбаатар	44
Туул голын гадаргын урсац болон бохирдуулагч бодисын агууламжийг загварчлалын аргаар үнэлэх асуудалд	
М.Пүрэвсүрэн, И.Бямбахүү	50
Бэлчээрийн доройтолд нөлөөлж буй хүчин зүйлсийг MRA болон фон талбайн харьцуулалтаар тодорхойлох нь	
Г. Пэрлиймаа, Б. Марал	58
Палеозойн ундаан формацын вулканоген чулуулгийн геохими, геохронологи	
А. Тулга, Ц. Наранцэцэг, Г. Азжаргал.....	66
Хээрийн бүсийн хэт талхлагдсан бэлчээрийг малын тэжээл бүхий ургамлуудаар нөхөн сэргээх нь	
А.Түрүүтүвшин, М.Уртнасан.....	74
Улаанбаатар хотын халианы асуудалд	
Г.Уламбаяр, А.Дашцэрэн, Х.Тэмүүжин	79
Эдийн засгийн төв, зүүн бүсийн суурин газруудын хөгжил	
Д.Хишигдорж, П.Цэенхан д, Ж.Оюунгэрэл	85
Бэлчээрийн эмзэг байдлын нийгэм эдийн засагт үзүүлэх нөлөө: Говь-алтай аймгийн жишээгээр	
Б.Хэрлэнбаяр, Б.Сувданцэцэг, М.Алтанбагана	92

ТУУЛ ГОЛЫН ГАДАРГЫН УРСАЦ БОЛОН БОХИРДУУЛАГЧ БОДИСЫН АГУУЛАМЖИЙГ ЗАГВАРЧЛАЛЫН АРГААР ҮНЭЛЭХ АСУУДАЛД

М.Пүрэвсүрэн¹, И.Бямбахуу²

¹ ШУА, Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэн

² МУИС, Хэрэглээний шинжлэх ухаан, инженерчлэлийн сургууль

Э-шуудан: geo.purevsuren@gmail.com

ABSTRACT

Urban area wastewater treatment, unmanaged mining activities, land cover degradation, and forest area changes are the key processes that negatively affect the water resources of the Tuul river basin. Due to the climatic and man-made impact conditions, surface runoff or discharge decline and growth of concentration of pollutants are being observed in that basin. For that reason, there is a need to identify runoff, discharge, and critical pollutants, its loss and transport potential. The study aimed to test the performance of the ArcSWAT model and the feasibility of using this model as a simulator of water flow, nitrogen, and phosphorus yields over the Tuul river basin. Spatial data layers of land slope, soil type, and land use were combined with GIS to aid in creating HRUs. And daily weather data obtained from NAMEM, digital elevation model were also used as model input data. Calibration and validation were conducted using the SWAT-CUP program. The observed discharge and pollutant's concentration data at Tuul-Ulaanbaatar, Tuul-Altanbulag gauging station in the Tuul river basin were used to calibrate and validate the model with SUFI-2 algorithm. Time series plots and correlation coefficient were used to verify model predictions. The correlation between the simulated and the observed flow is measured by r^2 was 0.7 in Tuul-Altanbulag gauging station and r^2 was 0.8 at the Tuul-Ulaanbaatar gauging station. Based on the simulated flow value, phosphorus and nitrate concentrations in streamflow have been identified. Nitrate and phosphorus content was positively correlated with range between 0.5-0.7 with gauging stations measurements.

Түлхүүр үгс: ArcSWAT загвар, гадаргын усны загварчлал, гадаргын урсац, бохирдуулагч бодис

ОРШИЛ

Туул голын сав газар нь Монгол орны төв хэсэгт, эдийн засгийн Улаанбаатар, Төв болон Хангайн бүсийг дамнан оршдог. Тус сав газарт нийслэлийн 7 дүүрэг, Архангай, Булган, Өвөрхангай, Сэлэнгэ, Төв гэсэн 5 аймгийн 37 сумын нутаг дэвсгэр хамрагдах бөгөөд Монгол орны нутаг дэвсгэрийн 3.2 хувийг эзлэх хэдий ч

2016 оны байдлаар улсын нийт хүн амын 47.6 орчим хувь нь амьдарч байна (2010 оны үзүүлэлттэй харьцуулвал 4.8% өссөн) [1]. Мөн оны байдлаар сав газрын хэмжээнд Улаанбаатар хот 16274.9 тэрбум.төг, Төв аймаг 508.3 тэрбум.төг-ийн бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэсэн нь Монгол улсын ДНБ-ий 67.9%-ийг дангаар эзэлж байна. Дээрхи үзүүлэлтээс үзэхэд тус сав газар нь Монгол улсын нийгэм эдийн засгийн хувьд үр ашигтай, хүн амын хувьд төвлөрөл ихтэй цаашид ач холбогдол нь улам нэмэгдэх хандлагатай бүс нутаг юм.

Сав газрын хэмжээнд газар ашиглалтийн төрлөөр нь авч үзвэл хамгийн их талбайг бэлчээр 42660.9 км² буюу нийт талбайн 85.7 хувийг эзлэж байгаа ба тариалан, хадлан, хот, суурин, ой, замын эзлэх талбай 0.1-6.8 хувийн хооронд байна. Гол мөрөн, нуурын эзлэх талбай нийтдээ 16079 га байгаагаас 13899 га-г нь гол мөрөн, 2180 га-г нуур эзэлж байна. Газрын нэгдмэл сангийн тайланд дурьдсанаар сүүлийн жилүүдэд хотжилт болон дэд бүтцийн хөгжлийг даган хот, суурин газрын хэмжээ тэлж, бэлчээрийн талбай тодорхой хэмжээгээр багассан, хадлангийн газрын хувьд өөрчлөлт ороогүй, өвөлжөө, хаваржааны газрыг эзэмшүүлэх болсонтой холбоотойгоор хөдөө аж ахуйн барилга, байгууламж бүхий газар, мөн засмал зам ашиглалтад орсноор зам, шугам сүлжээний газар нэмэгдсэн.

Улаанбаатар хотын хэмжээнд хүн амын өсөлт хурдацтай явагдаж, хэт төвлөрөл үүсгэж буй нь хүний үйл ажиллагаанаас нөлөөтэй хүрээлэн буй орчны доройтлыг бий болгож байна. Уг доройтолд Улаанбаатар хотын агаарын бохирдол, газрын доорхи усны нөөцийн бохирдол, хөмсдол, Туул голын бохирдол, хөрсний нянгийн болоод хүнд металлын бохирдол зэргийг дурьдаж болох юм. Хүрээлэн буй орчны уг доройтолд хүний буруутай үйл ажиллагаа болон байгаль цаг уурын нөлөөлөл давхар сөргөөр нөлөөлж байна.

Дэлхийн уур амьсгалын дулаарлыг дагаж Туул голын сав газарт дулаарал эрчимтэй явагдаж байгаагийн тод илрэл нь уг сав газрын хэмжээнд хамаарах цаг уурын станцын ажиглалтын мэдээгээр 1940-2008 оны хооронд 0.043°C/жил

хурдтай дулааралт явагдаж байсан бол 2000 оноос хойш огцом өсч, тухайлбал 1991-2008 оны хооронд $0.14^{\circ}\text{C}/\text{жил}$ болоод байна [2]. Уг дулааралттай холбоотойгоор ургамал ургах хугацааны ашигтай температурын нийлбэр нэмэгдэж байгаа хэдий ч газрын гадаргуу болон усан мандлаас уурших усны хэмжээг нэмэгдүүлж энэ нь гол, нуур, усан сангуудын усны хорогдлыг ихэсгэж байна. 1961-2008 оны хооронд гадаргын ууршиц 153 мм-ээр нэмэгдсэн байхад дулааны улирлын хур тунадасны хэмжээ 51 мм-ээр буурсан үзүүлэлт тэмдэглэгдсэн [1].

Дээрхи хүний болон байгалийн хүчин зүйлсүүдийн нөлөөллийн үр дүнд Улаанбаатар хотоос дооши Туул голд төв цэвэрлэх байгууламжийн цэвэршүүлсэн бохир ус нийлснээс Төв аймгийн нутаг дахь Алтанбулагийн гүүр хүртэлх хэсгийн голын усны чанар, экологи нь доройтолд өртсөөр байна. Цаашлаад Туул голын бохирдолт нь 130 км-г өөрөө цэвэршдэг байсан бол судлаачдын судалгааны үр дүнгээс [3] үзэхэд энэ зайд цэвэршиж чадахаа больсон гэж дүгнэж байна. Иймд газар ашиглалтын ялгаатай хэв шинж болон уур амьсгалын өөрчлөлтөөс үүдэлтэйгээр Туул голын сав газрын гадаргын урсац болон бохирдуулагч бодисын агууламжид үзүүлж буй нөлөөлөл, өөрчлөлтийг судлан, үнэлэх шаардлага тулгарч байна.

Тус голын сав газарт цутгал голуудын гадаргын усны нөөц болон бохирдлын элементүүдийн агууламжийн хэмжээг хээрийн судалгаанд үндэслэн гадаргын усны чанарын индексээр тодорхойлох, гадаргын усны хими, физик шинж чанарыг лабораторийн анализийн үндсэн дээр тогтоох, гадаргын урсацын TOPLATS, NEC-HMS, HBV, DeFlow, QUAL2K загварчлалаар загварчлах зэрэг судалгааны ажлууд голчлон хийгдсэн [4]. Гадаргын урсацын хэмжээг, тухайн нөхцөлд агуулагдах бохирдуулагч бодисын агууламжийн хэмжээтэй хамтад нь загварчлалын аргаар байгалийн нөхцөл дор тооцоолох судалгааны ажил урьд өмнө хомс хийгдсэн. Иймд уг судалгааны ажлаар газар ашиглалт болон хөрсний ялгаатай хэв шинжээс шалтгаалан гадаргын урсацыг, нитрат болон фосфорын бохирдуулагч бодисын хамт тооцоолох ArcSWAT усзүйн загварыг Туул голын дээд сав газарт зүгшрүүлэн ажиллуулахыг зорьсон.

АРГАЗҮЙ, МАТЕРИАЛ

A. ArcSWAT загварын тодорхойлолт

SWAT загварын анхны хувилбар 1990-ээд оны эхээр үүссэн. Srinivasan, Arnold болон бусад судлаач нар анх уг загварыг гарсны дараа тус загварын GIS программтай харьцах байдал болон SWAT загварын гол бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг тодорхойлж бүтээлээ хэвлүүлсэн [5]. SWAT загварын үүсэл хөгжил нь USDA буюу АНУ-ын хөдөө аж ахуйн судалгаа, үйлчилгээний төвийн 30 жилийн явц дахь загварчлалын туршилт, судалгааны ажилтай нягт холбоотой [6]. Өнөөдрийн байдлаар ашиглаж буй SWAT загвар нь USDA-ARS-ийн болон бусад загваруудын ч ерөнхий гол концепцийг өөртөө шингээсэн загвар [7] бөгөөд тус загвар нь газар ашиглалтын болон газрын менежментийн үйл ажиллагаанд усан орчин болон хэмжигдэж, судлагдаагүй усны сав газар дахь хөдөө аж ахуйн талбайн усан орчин дахь хурдас хуримтлалд үзүүлэх нөлөөллийг тогтооход чиглэгдэнэ [8].

Загвар нь байгалийн үйл явц бүхий физикийн хуулинд суурилсан, тооцооллын хувьд хэрэгцээтэй, үр дүнтэй бөгөөд урт хугацааны туршид үргэлжлэх загварчлалыг боловсруулан гаргах чадвартай. Загварын гол бүрэлдэхүүнд цаг агаар, усзүй, хөрсний гадаргын температур, түүний шинж чанар, ургамлын ургалт, тэжээлийн бодис, пестицид, бактери болон өвчин үүсгэгч жижиг организм болон газар ашиглалтын хэв шинж зэрэг болно [9]. SWAT загварын хүрээнд тухайн усны сав газар нь хэд хэдэн дэд сав газруудад хуваагдах бөгөөд цаашлаад дэд сав газрууд нь дотроо нэгэн хэв шинжийн газар ашиглалт, хөрс, гадаргын налуу бүхий HRU (Гидрологийн хариу үйлдлийн нэгж)-д хуваагддаг. HRU нь дэд сав газрын талбайн тодорхой хувь хэсэг юм [10].

Сав газрын урсацын загварчлалын үйл явц 2 хэсгээс бүрдэнэ. Дэд сав газар бүр дэх голын урсцаар зөөгдөх тэжээлийн бодис, бактери, хурдас, хуримтлал, усны хэмжээг хянах <land phase>, тухайн сав газар дахь <outlet> хэсгийн урсацын, хурдсын хөдөлгөөнийг тооцох <routing phase> гэсэн үе шатуудыг дамжина. Байгаль дахь усны эргэлт нь уур амьсгалын хүчин зүйлийн нөлөөн дор явагдах тул чийгшил, энергийн эх үүсвэрийн оролтууд заавал шаардлагатай. Үүнд хур тунадас, хамгийн их ба бага температурын утга, нарны цацраг, салхины хурд, харьцангуй чийгшил зэрэг үзүүлэлтүүд хамаарна. Эдгээр үзүүлэлтүүд нь байгаль дахь усны эргэлтийг хянадаг [11]. Тус загварчлалын тусламжтайгаар навчинд агуулагдах усны хэмжээ, гадаргын урсац, нэвчилт, ууршилт, суурь урсац болон

буцах урсацын хэмжээ, бохирдуулагч бодисын агууламжийг тодорхойлох боломжтой.

В. Загварчлалд ашигласан үндсэн томъёол
 Гадаргын урсац тооцох SCS муруйн дугаарын арга: Гадаргын урсац нь гадарга дээгүүрх урсац нэвчилтийн хурдаас давсан тохиолдолд үүсэх нөхцөл бүрдэнэ. Хуурай хөрсөн дэх урсацын хувьд хөрсөнд нэвчих нэвчилт өндөр байна. Гэвч хөрс чийгээр ханаж эхлэх үед нэвчилтийн хэмжээ багасна. SWAT загварчлалд гадаргын урсацын хэмжээг тодорхойлох SCS муруйн дугаарын (1972) болон Green&Ampt (1911) нэвчилтийн гэсэн 2 аргыг ашигладаг. Гадаргын урсацын хэмжээг тодорхойлох SCS муруйн дугаарын арга буюу тус томъёо нь анх 1950-аад оны үед ашиглагдаж эхэлсэн. Тус арга нь АНУ-ын нутаг дэвсгэр дэх жижиг хөдөөгийн сав газар бүрт 20 жилийн туршид хур тунадас-гадаргын урсацын хамаарлыг тогтоох судалгааны үр дүнд бий болсон [12]. Мөн уг арга нь газар ашиглалтын болон хөрсний төрөл бүрийн хэв шинж дэх гадаргын урсацын хэмжээг тооцоолох зорилготойгоор үүссэн [13].

$$Q_{surf} = \frac{(R_{day} - I_a)^2}{(R_{day} - I_a + S)} = \frac{(R_{day} - 0.2S)^2}{(R_{day} + 0.8S)} \quad (1)$$

Q_{surf} - Хуримтлагдсан гадаргын урсацын хэмжээ, мм

R_{day} - Тухайн өдрийн хуримтлагдсан хур борооны хэмжээ

I_a - Анхдагч хийсвэр утга, мм

S - Зохицуулалтын параметр, мм

Гадаргын урсацыг тооцох SCS муруйн дугаарын арга нь газар ашиглалтын ялгаатай байдал болон хөрсний хэв шинжид тулгуурлан гадаргын урсацыг тооцоолох зорилготой арга юм. US Natural resource conservation service (NRCS) байгууллагаас хөрсийг ус нэвчүүлэх чадварт нь тулгуурлан 4 бүлэгт (A, B, C, D) хуваадаг. Уг 4 бүлэгт үндэслэн газар ашиглалтын хэв шинжтэй нь хослуулан тухайн талбайн муруйн дугаарын утгыг чийглэгийн нөхцөл II үед тооцдог [14].

Хүснэгт 1. Гадаргын урсац тооцох SCS муруйн дугаар арга

№		Томъёо
1	R_{day}	$\gamma = \frac{c_p * P}{0.622 * \lambda}$ $P = 101.3 - 0.1152EL + 0.544 * 10^{-6} * EL^2$
2	I_a	$= 0.2S$
3	S	$= 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$ CN - Тухайн өдрийн муруйн дугаар
4	CN_1	$= CN_2 - \frac{20 * (100 - CN_2)}{(100 - CN_2 + \exp[2.533 - 0.0636(100 - CN_2)])}$
5	CN_3	$= CN_2 * \exp[0.00673 * (100 - CN_2)]$

Боломжит болон бодит ууршилтыг тооцоолох арга: Боломжит ууршилтыг тооцоолох хэд хэдэн аргууд байхаас SWAT загварын хувьд Пенман-Монтейт арга (Monteith, 1965; Allen, 1986; Allen et al, 1989), Priestley-Taylor арга (Priestley and Taylor, 1972) болон Hargreaves арга (Hargreaves et al, 1985)-уудыг ашигладаг. Дээрх 3 аргыг ашиглан боломжит ууршилтыг тооцоолоход ялгаатай оролтын өгөгдлүүдийг оруулахыг шаардана. Пенман-Монтейт аргыг ашиглаж буй тохиолдолд нарны цацраг, агаарын температур, харьцангуй чийгшил, салхины хурд гэсэн оролтын мэдээг, "Priestley-Taylor" арга нь нарны цацраг, агаарын температур болон харьцангуй чийгшлийн цаг уурын мэдээг шаарддаг. Харин "Hargreaves" аргын хувьд зөвхөн агаарын температурын мэдээг оруулахад хангалттай. Судалгааны хувьд ууршилтыг тооцоолоход Пенман-Монтейтын аргыг ашигласан бөгөөд уг арга нь ууршилтыг явуулахад шаардагдах энергийн хэмжээ, усны уурын болон аеродинамик, гадаргын эсэргүүцэл зэрэг параметруудийг агуулна.

$$\lambda E_t = \frac{\Delta(H_{net} - G) + \gamma * K_1 * (0.622 * \lambda * P_{air} / P) * (e_z^0 - e_z) / r_a}{\Delta + \gamma * (1 + \frac{r_c}{r_a})} \quad (2)$$

Хүснэгт 2. Ууршилт тооцох Пенман-Монтейт арга

№	Товчлол	Томъёо	Эх сурвалж
1	H_{net}	Хэмжилтийн мэдээ	CFCR weather generator
2	γ	$\gamma = \frac{c_p * P}{0.622 * \lambda}$	Brunt, 1952
		$P = 101.3 - 0.1152EL + 0.544 * 10^{-6} * EL^2$	Doorenbos and Pruitt, 1977
3	λ	$\lambda = 2.501 - 2.361 * 10^{-3} * T_{av}$	Harrison, 1963
4	e_z	$= \exp \left[\frac{16.78 * T_{av} - 116.9}{T_{av} + 237.3} \right]$	Tetens (1930) and Murray (1967)
5	e_z^0	$= R_h * e_z$	
6	Δ	$\Delta = \frac{4098 * e_z}{(T_{av} + 237.3)^2}$	
8	K_1	$= 8.64 * 10^4$	
9	P	$P = 101.3 - 0.1152EL + 0.544 * 10^{-6} * EL^2$	Doorenbos and Pruitt, 1977
11	r_a	$= \frac{114}{u_z}$	Jensen et al, 1990
12	r_c	$LAI = 1.5 * \ln(h_c) - 1.4 = \frac{4.1}{r_c}$ $r_c = 49 / \left(1.4 - 0.4 * \frac{CO_2}{330} \right)$	Allen et al, 1989

Усны бохирдлын үзүүлэлтийг тооцох арга: Усны чанарт нөлөөлөл үзүүлэх бохирдуулагч гол бодисуудад хатуу бодисын хэмжээ, биологийн хэрэгцээт хүчилтөрөгч, нитрат, микроорганизмуудыг хамааруулна. Хоёрдахь чухал үзүүлэлт нь үнэр, амт, булинггар зэрэг физик үзүүлэлтүүд юм. Шууд урсгал дахь усны чанарыг тодорхойлоход QUEL2E загварын алгоритмуудыг ашигладаг [15].

$$\Delta orgP_{str} = (\alpha_2 * \rho_a - \beta_{p,4} * orgP_{str} - \sigma_5 * orgP_{str}) * TT \quad (3)$$

$$\Delta orgN_{str} = (\alpha_1 * \rho_a - \beta_{N,3} - \sigma_4 * orgN_{str}) * TT \quad (4)$$

$$NO_2 = (\beta_{N,1} * NH_{4str} - \beta_{N,2} * NO_{2str}) * TT \quad (5)$$

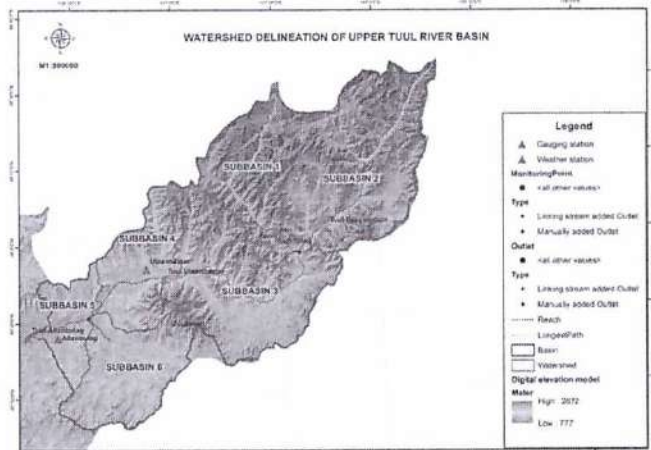
$$NO_3 = (\beta_{N,2} * NO_{2str} - (1 - fr_{NH4}) * \alpha_1 * \mu_a) * TT \quad (6)$$

С. Оролтын мэдээ.

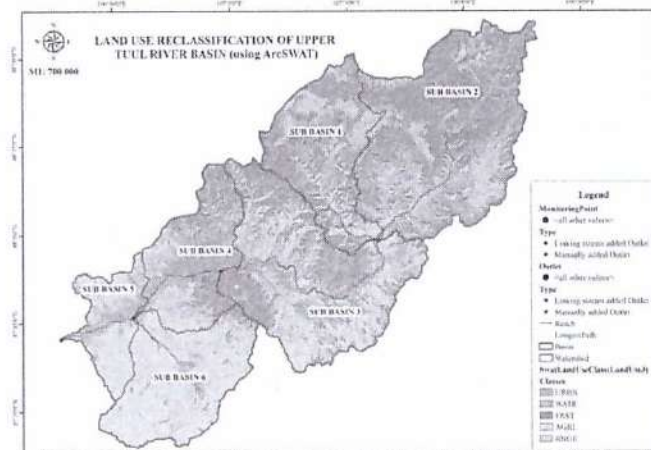
ArcSWAT загварыг ажиллуулахад оролтын өгөгдөлд орон зайн мэдээ (газар ашиглалт, бүрхэвч, топограф, хөрс) болон цаг уурын мэдээ (хур тунадас, агаарын температур, харьцангуй чийгшил, салхины хурд, нарны цацраг) орно [16].



Зураг 1. Судалгааны талбайн гадаргын налуу Өндрийн тоон мэдээ. ArcSWAT загвар нь DEM-д суурилан автоматаар дэд сав газруудыг зурагладаг. Сав газрыг зураглах явцад гадаргын өндөршил, сав газрын талбай, налуу зэрэг байрзүйн параметруудийн утгыг тооцоолохоос гадна сав газрын зураглалд сав газрын хил, ус цуглуулах талбай, түүний хил, outlet, мониторингийн цэгүүдийн байршил нэмэгдэнэ [10] Судалгааны талбайн хилийг тодорхойлох ‘outlet’ цэгээр Туул-Алтанбулаг болон Туул-Улаанбаатар усны харуулын байршлыг сонгон оруулав. Сав газрын дүрслэл хэсгийн үр дүнд сав газрын дундаж өндөршил 1694 метр, хамгийн өндөр 2673 метр, хамгийн нам цэг 1165 метрийн өндөрт оршино. Сав газрын хүрээнд “outlet” цэгийн байршил болон Туул голын үндсэн урсгалын чиглэл дагууд судалгааны талбайг 6 дэд сав газарт хуваасан болно.



Зураг 2. Судалгааны талбайн сав газрын дүрслэл Газар ашиглалтын оролтын мэдээ. Загварын оролтын өгөгдөлд оруулах шаардлагатай газар ашиглалт, газрын бүрхэвчийн мэдээг Ландсат 8 хиймэл дагуулын 2019 оны 6 сарын сансрын зурагт сургалттай ангилал хийж оруулав. Туул голын дээд сав газрыг судалгааны талбайгаар сонгож загварыг ажиллуулахад нийт судалгааны талбай 9263.09 км² талбайг эзлэж байна. Нийтдээ HRU анализын үр дүнд 6 дэд сав газар, 98 HRU-д хуваагдав. Ландсатын мэдээнд ангилал хийн газар ашиглалтын мэдээг боловруулахад ArcSWAT загварын өгөгдлийн санд байрлах ерөнхий 18 төрлийн газар ашиглалтын хэв шинжийн нэршлийн дагууд оролтын мэдээг бэлтгэв.

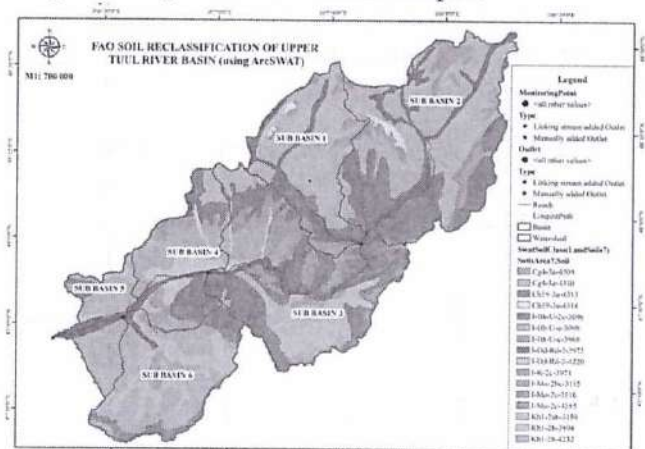


Зураг 3. Судалгааны талбайн газар ашиглалтын хэв шинж

Үүнээс нийт судалгааны талбайн 1613.6 км² (17.4%) талбайг хотжсон бүс нутаг, 2424.3 км² (26.1%) талбайг ойн бүрхэвч, 2717.7 км² (29.3%) талбайг бэлчээрийн ургамал бүхий газар, 1537.3 км² (16.6%) талбайг хөдөө аж ахуйн газар, 10.4% талбайг усан сан бүхий газар эзлэж байна.

Хөрсний хэв шинжийн мэдээ. Загварын оролтын мэдээлэлд шаардлагатай хөрсөн бүрхэвчийн мэдээг 1:1 000 000 масштаб бүхий Монгол орны хөрсний төрөл, тархалтын зураг болон MWSWAT өгөгдлийн сангаас бэлтгэв.

FAO-ийн хөрсний ангиллын зурагт дэлхийн хэмжээнд нийт 106 хөрсний нэршлийг ялган харуулдаг судалгааны талбайд дараах 16 төрлийн хөрсний хэв шинж ялгарав.



Зураг 4. Судалгааны талбайн хөрсөн бүрхэвчийн хэв шинж

Цаг уурын мэдээ. Загварыг ажиллуулахад шаардлагатай хур тунадас, агаарын их болон бага температур, харьцангуй чийгшил, салхины хурд, нарны цацраг гэсэн 5 параметрийн Улаанбаатар, Буянт-Ухаа болон Улаанбаатар цаг уурын станцад 2008-2018 оны хооронд хэмжсэн өдөр бүрийн хэмжилтийн мэдээг Ус цаг уур, орчны шинжилгээний газраас авч судалгаанд ашиглав.

D. Загварын зүгшрүүлэлт болон баталгаажуулалт. Зүгшрүүлэлт хийх үеийн өмнөх байдлаар гадаргын урсац харьцангуй бага байсан тул тус загварын хувьд гадаргын урсацтай харьцах харьцаа өндөртэй (Sensitive parameters) CN2 (Curve number for moisture condition II), ALPHA_BF (Baseflow recession constant) параметруудийг зүгшрүүлэхэд SWAT-CUP программын SUFI-2 алгоритм болон 2014-2018 (Warm up period – 1 жил) оны усны өнгөрөлтийн сарын дундаж мэдээг ашиглав. SUFI2 алгоритм нь SWAT загварт оруулсан оролтын мэдээнүүд, загварын концепцилал, параметрууд, хэмжилтийн өгөгдөл зэрэгт үндэслэн 95% -ийн итгэх магадлалын түвшинд загварын зүгшрүүлэлтийг явуулдаг. SWAT загварчлалаар тооцоологдсон үр дүнг баталгаажуулах үүднээс дараах статистикийн үзүүлэлтүүдийг ашиглав.

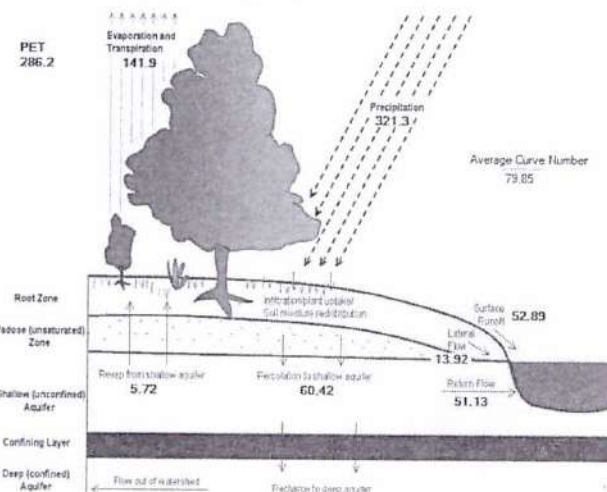
Хүснэгт 3. Статистикийн шалгуур үзүүлэлт [17]

Шалгуур	RSR	NSE	PBIAS, %
Маш сайн	0.000< RSR<0.50	0.75< NSE<1.00	PBIAS<±10
Сайн	0.50< RSR<0.60	0.65< NSE<0.75	±10< PBIAS<±15
Хангалттай	0.60< RSR<0.70	0.50< NSE<0.65	±15< PBIAS<±25
Хангалтгүй	RSR>0.70	NSE<0.50	PBIAS>±25

ҮР ДҮН, ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Орон зайн болон цаг уурын оролтын мэдээнүүдийг загварыг ажиллуулахад шаардлагатай форматын дагууд бэлтгэн оруулж ArcSWAT усзүйн загварыг 2008-2018 онуудын хооронд ажиллуулан сарын дундаж (олон жилийн дундаж) үр дүнгүүдийг гаргав. Загварын үр дүнгээр гарсан үзүүлэлтүүдийг сав газрын балансын үзүүлэлтүүд, тооцоолсон гадаргын урсцын болон бохирдуулагч бодисын тооцоолол гэсэн байдлаар доор үзүүлэв.

Сав газрын баланс. Туул голын сав газрын хувьд гадаргын урсацын 70 орчим хувь нь хур тунадасны тэжээлээр, 30 орчим хувь нь газрын доорхи усны тэжээлээр тэжээгддэг. Загварчлалын үр дүнгээс үзэхэд тус сав газрын усны балансын байдал дараах байдалтай байна (Зураг 5). Энэхүү тооцоолол нь Туул голын хэмжээнд хийгдсэн өмнөх усны балансын судалгааны үр дүнтэй ихээхэн таарч байна [18].



Зураг 5. Судалгааны талбайн усны балансын үзүүлэлтүүд (Загварчлагдсан)

Гадаргын урсацын тооцоолол. Загвараар тооцоолсон гадаргын урсацын мэдээнд нэгжийн шилжүүлэг хийн Туул-Алтанбулаг болон Туул-Улаанбаатар усны харуулын хэмжсэн усны өнгөрөлтийн мэдээтэй харьцуулалт хийн дүгнэв.



График 1. Тооцоолсон болон хэмжилтийн мэдээний хамаарал (Туул-Улаанбаатар харуул)



График 2. Тооцоолсон болон хэмжилтийн мэдээний хамаарал (Туул-Алтанбулаг харуул)

Загварчлалын явцад гарсан гадаргын усны өнгөрөлтийн үр дүнг дээрхи 2008-2018 оны сар бүрийн Туул-Улаанбаатар, Туул-Алтанбулаг усны харуул дээр хэмжигдсэн мэдээтэй харьцуулж үзэхэд Туул-Улаанбаатар харуулын хувьд детерминацийн коэффициент 0.82, Туул-Алтанбулаг харуулын хувьд 0.79 гарсан нь ажиглалтын утга болон загвараар тооцоолсон мэдээний хооронд эерэг хамаарал байгааг илтгэж байна.

Хүснэгт 4. Гадаргын урсцын тооцоологдсон болон хэмжигдсэн утгуудын хоорондын статистик хамаарал

Коэффициент	Утга	Тайлбар
NSE	0.6793	Сайн
PBIAS	6.784	Маш сайн
RSR	0.566	Сайн
R ²	0.79-0.82	Хамааралтай

Загвараар гадаргын усны өнгөрөлтийг тооцоолох явцад 3, 4 болон 8-10-р саруудад хэмжилтийн утгаас хазайх нийтлэг алдаа ажиглагдаж байсан нь хаврын шар усны үер болон намрын сүүлээр гол хадаалах зэрэг үйл явцуудад цас, мөсний горимтой холбоотой загварын параметруудийн утгыг нарийвчлан оруулж өгөөгүйтэй холбоотой тул цаашдын судалгаанд загварын цас, мөсний үзэгдэлтэй холбоотой параметруудийг нарийвчлан тодорхойлж, зүгшрүүлэн ажиллаж үр дүнг гарган авахад анхаарах хэрэгтэй.

Бохирдуулагч бодисын агууламжийн тооцоолол. ArcSWAT загварын хувьд азот, фосфор, нитрат зэрэг бохирдуулагч бодисын агууламжийг тухайн сав газрын хүрээнд тооцоолдог. Эдгээр бохирдуулагч бодисууд нь эх үүсвэрээсээ гадаргын урсац болон суурь урсацаар дамжин тархана. Туул-Улаанбаатар усны харуулд, 2008 болон 2013 онуудын сар бүр хэмжигдсэн бохирдуулагч бодисын хэмжилтийн мэдээнээс үзэхэд нитратын агууламж 0.5 мг/л-ээс бага байх бөгөөд улирлын хувьд зуны сарууд болон хавар 3-р сард бага зэрэг өсөлт ажиглагддаг. Харин

фосфорын агууламжийн хувьд 0.025 мг/л-ээс бага агуулагдах бөгөөд хүйтний улиралд өсөх хандлагатай байдаг.

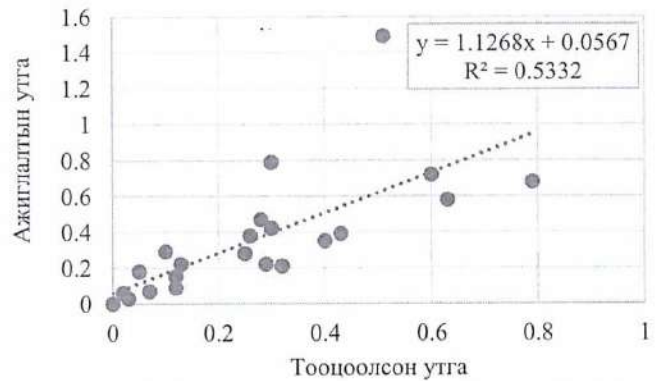


График 3. Нитратын агууламжийн хэмжилтийн болон тооцоолсон утгуудын хамаарал (Туул-Улаанбаатар усны харуул)

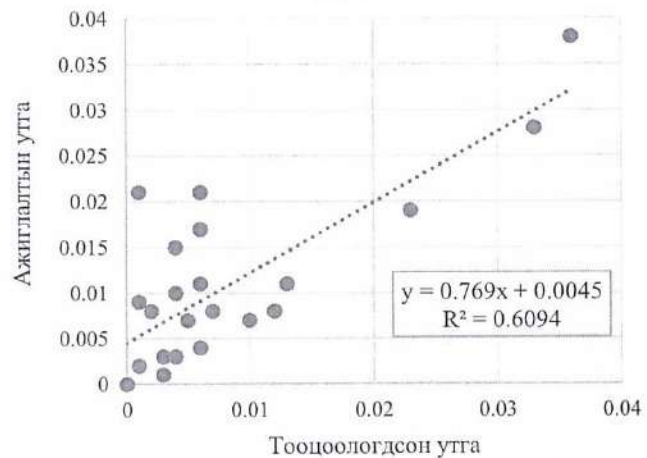


График 4. Фосфорын агууламжийн хэмжилтийн болон тооцоолсон утгуудын хамаарал (Туул-Улаанбаатар усны харуул)

ArcSWAT загвараар тооцоолсон нитрат болон фосфорын агууламжийн утга нь Туул-Улаанбаатар усны харуул дээр хэмжигдсэн хэмжилтийн утгатай хамаарах хамаарал детерминацийн коэффициентийн хувьд 0.6-0.76 гарсан нь тооцоолсон утгууд үнэн зөв, хэмжилтийн утгыг тодорхой хэмжээнд төлөөлж болохуйц байна. Гэхдээ зарим нэг хэт өндөр утгуудаас хамааран тус хамаарал нь өндөр гарч байж болзошгүй байсан тул хэмжилтийн мэдээнээс тэдгээр өндөр гарсан утгуудыг хасаж дахин хамаарал тооцож үзэхэд детерминацийн коэффициент 0.53 болж буурсан нь ажиглагдав.

Туул-Алтанбулаг усны харуулд 2008 болон 2013 онуудын сар бүр хэмжигдсэн бохирдуулагч бодисын хэмжилтийн мэдээнээс үзэхэд нитратын агууламж 1.4 мг/л-ээс бага байх бөгөөд улирлын хувьд зуны саруудад бага зэрэг өсөлт ажиглагддаг. Харин фосфорын агууламжийн хувьд 0.6 мг/л-ээс бага агуулагдаж байсан.

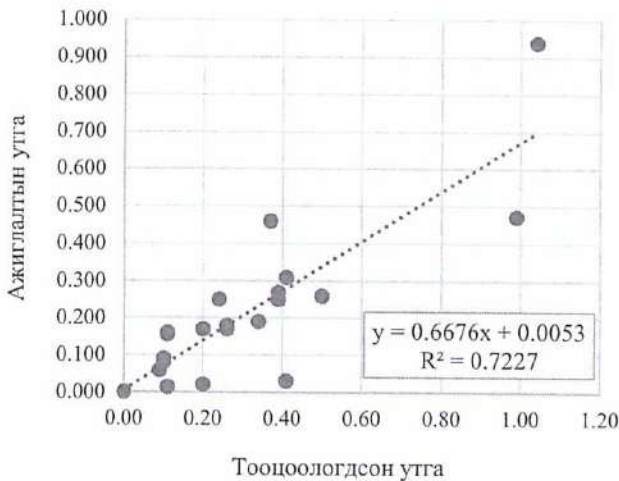


График 5. Нитратын агууламжийн хэмжилтийн болон тооцоолсон утгуудын хамаарал (Туул-Алтанбулаг усны харуул)

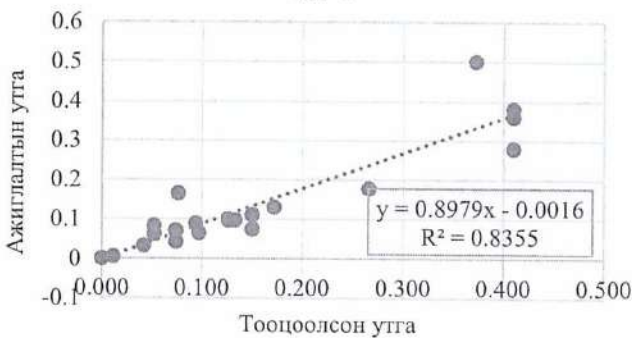


График 6. Фосфорын агууламжийн хэмжилтийн болон тооцоолсон утгуудын хамаарал (Туул-Алтанбулаг усны харуул)

ArcSWAT загвараар тооцоолсон нитрат болон фосфорын агууламжийн утга нь тус харуул дээр хэмжигдсэн хэмжилтийн утгатай хамаарах хамаарал детерминацийн коэффициентийн хувьд 0.72-0.83 гарсан нь эерэг хамааралтай байна.

ДҮГНЭЛТ

ArcSWAT загварыг зүгшрүүлж, Туул голын гадаргын урсац болон бохирдуулагч бодисын агууламжийг тодорхойлох үүднээс дэд сав газар тус бүрийн ууршилтыг тооцоход Пенман Монтейт арга, гадаргын урсацыг тодорхойлоход SCS муруйн дугаарын аргуудыг ашиглав. Загвараар тооцоологдсон гадаргын урсацын утгыг SWAT-CUP нэмэлт программ, SUFI-2 алгоритм, 2013-2018 оны өдөр бүрийн гадаргын урсацын мэдээнд тулгуурлан CN2 болон Alpha_BF параметруудад зүгшрүүлэлт хийв.

Зүгшрүүлэлтийн үр дүнд тус загвараар тооцоолсон гадаргын урсацын хэмжээ болон бодит хэмжилтийн хоорондын хамаарал Туул-Улаанбаатар ус судлалын харуул дээр детерминацын коэффициент 0.82, Туул-Алтанбулаг ус судлалын харуул дээр детерминацын коэффициент 0.79 гарсан нь тус

загварыг ашиглан гадаргын урсацын хэмжээг үр дүнтэй тооцоолох боломжтой гэж үзэж байна.

Харин бохирдуулагч бодисын хувьд гадаргын урсацын тооцоологдсон мэдээлэлд үндэслэн урсац дахь фосфор, нитратын агууламжуудыг тодорхойлов. Нитратын агууламж хоёр усны харуулын хэмжилтийн мэдээтэй детерминацийн коэффициентын хувьд 0.5-0.7, фосфорын агууламжийн хувьд 0.6-0.8 байсан нь тус загвараар тооцоолсон утгууд бодит хэмжилтийн утгуудтай эерэг хамааралтай гарч байна. Иймд тухайн гидрологийн загварыг ажиллуулахад шаардлагатай орон зайн болон цаг уурын оролтын мэдээнүүдийг нарийвчлал өндөртэй, зөв форматын дагууд бэлдсэн нөхцөлд уг загварыг Монгол орны нөхцөлд зүгшрүүлэн ажиллуулж үр дүн гаргах боломжтой. Загварын зүгээс тооцоолсон сав газрын балансын үзүүлэлтүүд болон гадаргын урсацын улирлын хуваарилалт нь бодит хэмжилтийн утгуудтай тодорхой хэмжээнд эерэг хамааралтай гарсан тохиолдолд цаашид газар ашиглалтын болон хөрсний хэв шинж, уур амьсгалын өөрчлөлтөөс сав газрын гадаргын урсацад үзүүлэх нөлөөлөл, өөрчлөлтийг тогтоох судалгааны ажлуудыг уг загварын тусламжтайгаар явуулах боломжтой.

ТАЛАРХАЛ

Энэхүү судалгааны ажлыг хийхэд усзүй, усны эргэлт, загварчлалын талаархи онолын болон практик мэдлэгийг өгсөн доктор И.Бямбахүү болон судалгааны ажилд хэрэгцээтэй статистик мэдээ, тоо баримтаар тусалсан доктор С.Эрдэнэсүх, мөн физик газарзүйн салбарын хамт олонд талархал илэрхийлэе.

АШИГЛАСАН НОМ, ХЭВЛЭЛ

- [1] БОНХЯ, 2012а. Туул голын сав газрын усны нөөцийн нэгдсэн менежментийн төлөвлөгөө боловсруулахад зориулсан судалгааны эмхэтгэл. Улаанбаатар хот.
- [2] БОНХЯ, 2012б. Туул голын сав газрын усны нөөцийн нэгдсэн менежментийн төлөвлөгөө. Улаанбаатар хот.
- [3] Геоэкологийн хүрээлэн, 2011. Туул голын усан орчны экологийн судалгаа. Улаанбаатар хот.
- [4] Byambakhuu, I., 2011. Study of Eco-hydrological Responses to Global Warming and Grazing Pressure in Mongolian Semi-arid Region. University of Tsukuba, Japan.
- [5] Williams, J.R., Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Gassmen, P.W., Green, C.H., 2008. History of model development. *Hydrol.Sci.* 53, 648-690.
- [6] Arnold, J.G., Allen, P.M., 1999. Automated methods for estimating baseflow and groundwater recharge from streamflow records. *J.American Water Resource Association* 411-424.
- [7] Gassmen, P.W., Reyes, M., Green, C.H., Arnold, J.G., 2007. The soil and Water assessment Tool: Historical development, applications and future directions. *Trans: ASABE* 50, 1211-1250.
- [8] Brown, L.C., Barnwell, T.O., 1987a. The enhanced stream water quality models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS: Documentation and user manual.

- [9] Neitsch, S.I., Arnold, J.G., Williams, J.R., 2011. Soil and water assessment tool theoretical documentation- Version 2009.
- [10] Bhumika, U., Madan, K.J., 2015. Assessing climate change impact on water balance components of a river basin using SWAT model. *Water Resource Manage* 29, 4767–4785.
- [11] Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Srinivasan, R., 2013. Soil and water assessment tool-Input and output documentation-Version 2012.
- [12] Micheal, W.V.L., Jurgen, G., 2007. Hydrologic simulation of the little Washita river experimental watershed using SWAT. American Water resources association Paper No.01246.
- [13] Rallison, R.E., Miller, N., 1981. Past, Present, and Future SCS Runoff Procedure in Rainfall-Runoff Relationship. Proceedings of the International Symposium on Rainfall-Runoff Modelling.
- [14] King, K.W., Arnold, J.G., Bingner, R.L., 1999. Comparison of Green-Ampt and curve number methods on Goodwin creek watershed using SWAT. *Transactions of the ASABE* 42, 919–926.
- [15] Moriasi, D.N., Arnold, J.G., Van Liew, M.W., Bingner, R.L., Harmel, R.D. and Veith, T.L., 2007. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the ASABE* 50(3), 885-900.
- [16] Chinzorig, S., Sajjad, R.U., Janchivdorj, L., Seung-Hoon, Y., Chang-Hee, L., 2017. Climate Change Impact on the Tuul River Flow in a Semiarid Region in Mongolia. *Water Environment Research* 89, 527–538.
- [17] Enkhbayar, D., 2017. Water resources assessment in cold regions: The Upper Tuul river basin, Mongolia. Technical University of Catalonia, UPC-BarcelonaTech., Barcelona, Spain.
- [18] Davaa, G., Oyunbaatar, D., Surface water of Mongolia, Japan, pp:76.