

# ХАРАА ГОЛЫН САВ ГАЗРЫН ХӨЛДӨЛТ, ГЭСЭЛТИЙН ГҮН БОЛОН СУУРЬ УРСАЦЫН ТАРХАЛТ

*З. Мөнхцэцэг\**  
*Ё. Амарбаясгалан\*\**  
*Я. Жамбалжав\*\**  
*Д. Баттогтох\*\**

*\*Монгол Улсын Их Сургууль-ХШУИС*  
*\*\*Газарзүйн хүрээлэн Шинжлэх ухааны академи, Монгол улс*  
*Email: hydro.amjilt@gmail.com*

## ХУРААНГУЙ

The aim of this paper is to present relationship between spatial distribution of the thawing depths and base flow over the Kharaa river basin in Mongolia. In this study, the Stefan approach ций used for estimating thawing depths using PCRaster which is environmental modeling software and originally developed at Utrecht University in the Netherlands. For estimations related to ground surface temperatures, monthly values of the LST (land surface temperatures) derived from the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) sensor in 2002-2009.

Түлхүүр үг: суурь урсац, суурь урсацын индекс, гидрограф, хөлдөлт, гэсэлтийн гүн

## ОРШИЛ

Голын урсац нь шууд болон суурь урсацаас бүрдэх бөгөөд шууд урсац гэдэгт хур борооны үед нэмэгддэг гидрографийн хэсэг болон хөрсний хэвтээ чиглэлийн дагуух урсацыг хамруулж ойлгоно. Харин голын урсацыг бүрдүүлдэг тогтвортой урсацыг суурь урсац гэх ба тухайн голын урсацын хэдэн хувийг суурь урсац бүрдүүлж байгааг илэрхийлж буй хэмжигдэхүүнийг суурь урсацын индекс гэж нэрлэдэг. Суурь урсац нь газрын доорх усны тэжээмжийг илтгэх мэдээлэл болж чаддаг.

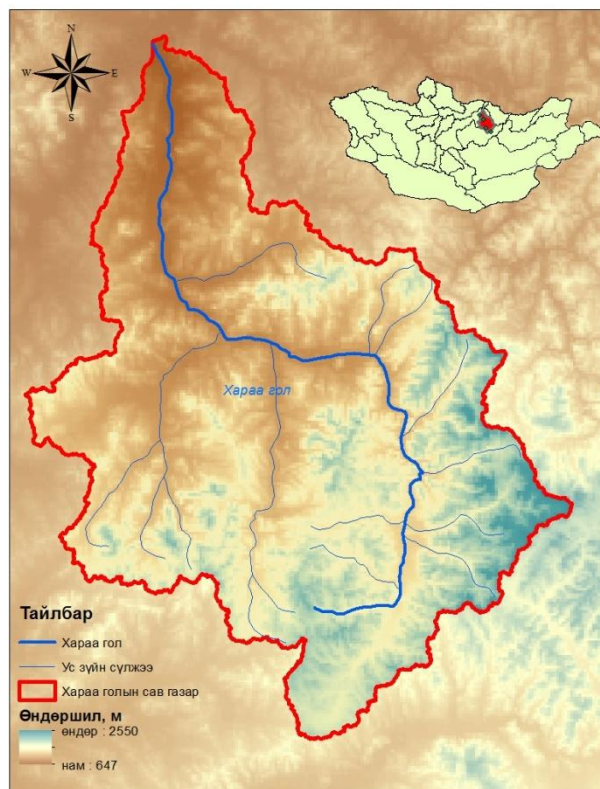
Хур борооны урсац бүрэлдэхэд уур амьсгал, геоморфологи, хөрс, ургамалан бүрхэвч зэрэг сав газрын физик газарзүйн хүчин зүйлс голчлон нөлөөлөх ба суурь урсац бүрэлдэн тогтоход геологийн тогтоц, газрын доорхи усны горим, түүний нөөц, тархалт нөлөөлдөг байна. Түүнчлэн суурь урсацын бүрэлдэхүүн хэсэгт мөнхцэвдэг чулуулаг, криогений үйл явц тодорхой нөлөө үзүүлдэг. Мөнхцэвдэг чулуулаг нь газар доорх усны тэжээмж тархалт, газрын гадаргад ил гарах, химийн найрлага бүрэлдэх зэрэгт онцгой нөлөө үзүүлдэг байна. Иймээс энэхүү судалгаанд Хараа голын сав газрын хувьд суурь урсацын давхраа болон ул хөрсний гэсэлтийн гүний тархалт хэрхэн хуваарилагддаг, тархалтын хувьд ямар холбоотойг тодорхойлохыг зорилоо. Сав газрын хувьд суурь урсац болон гэсэлтийн гүний тархалтыг тооцож зураглахдаа Нидерландын Утрихтын их сургуулийн боловсруулсан PCRaster программчлалын хэлийг ашиглав.

## СУДАЛГААНЫ МУЖ

### *Гадаргын болон газрын доорх ус*

Бага Хэнтийн нурууны баруун өмнө захын Ар Толгойт хэмээх дундаж өндөр уулын бэлээс эх аван урсах Хүйн голыг Хараа голын эх гэж үздэг. Хараа голын урт нь 291 км,

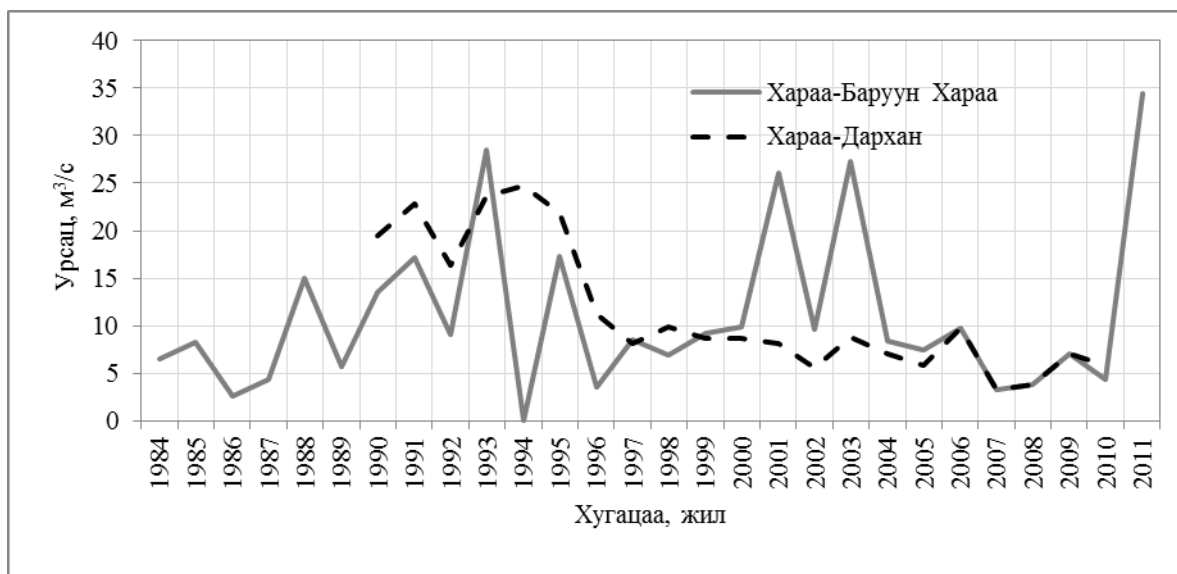
ус хураах талбай нь 14.538 км<sup>2</sup> бөгөөд ус хураах талбайн дундаж өндөр нь 1331 м. Голын хэвгий нь 0.014 м ба голын өргөн эхэн хэсэгтээ 15-20 м-ээс адаг хүрэхдээ өргөссөөр 30-45м хүрдэг байна.



Зураг 1. Хараа голын сав газар

Хараа голын сав газрын голуудын горимд хур борооны үер зонхиж, хаврын шар усны үер богино хугацаанд болдог. Хараа голын ихэнх цутгал голууд нь Хэнтийн нуруунаас эх авсан байдаг бөгөөд усны тэжээлийн горимын хувьд хур борооны ус зонхилдог байна. Хараа голын дунд болон адгаар татам нуга өргөсөх учир эргийн зохицуулах нөлөө ихсэж ул хөрсний тэжээл буурах шинж чанартай.

Усны горимын хувьд Хараа гол нь хаврын шар усны үер, зуны хур борооны үертэй гол юм. Хаврын шар усны үер 4-р сарын дунд 10 хоногоос эхэлж 6-р сарын эхний 10 хоногт дуусна. Судалгаанд Хараа-Баруун Хараа, Хараа-Дархан ус судлалын харуулын 1990-2011 оны урсацын мэдээг ашигласан ба олон жилийн урсацын гидрографаас үзэхэд харуул хоорондын усны алдагдал их байна Зураг 2. Хараа-Баруун Хараа, Хараа-Дархан ус судлалын харуулын олон жилийн урсацын гидрограф.



Зураг 2. Хараа-Баруун Хараа, Хараа-Дархан ус судлалын харуулын олон жилийн урсацын гидрограф

Хараа голын сав газарт Дархан хотын орчимд өрөмдсөн хайгуул- ашиглалтын 12 цооногийн хамгийн их ундарга 65 ба 125 л/с хүрч, усны түвшин туршилтын шавхалтын үед 17 м хүртэл буурч байжээ. Энд анх 9 цооногийн өгөмжийг иш үндэс болгон тооцоолсон дүнгээр 742 л/с нийлбэр ундарга гаргаж болно гэж үзэж байжээ (Р.Баттөмөр, Д.Дорж, С. Нэргүй нар, 2007; Г.Цэрэндогдов, 2009).

### *Хараа голын сав газар дахь мөнхцэвдэг криогений үйл явц*

Хараа голын эх, адаг хэсэг мөнхцэвдгийн тохиолдлын чанартай бүсэд, дунд хэсэг нь алаг цоог ба ховор алаг цоог тархсан нутагт тус тус хамрагдана. Голуудын хөндийн татмын чийглэг, ширэгжсэн хөрсөнд мөнхцэвдгийн дов сондуул /туфур/ өргөн тархжээ. Ай савын чийглэг өндөрлөг хэсэгт хөрсний гулгадас, цэвдгийн гаралтай тэгшрэл их хөгжсөн бөгөөд мөнхцэвдгийн бөөрөг бас тохиолдоно. Мөнхцэвдэгт кригоны үйл явцтай холбоотой үүсдэг хөрсний усны халиа нь газрын доорх усаар тэжээгддэг төдийгүй өвлийн улиралд халиан гарч ирдэг. Ул хөрсний хөлдөлтийн норматив гүн Хараа голын савд дунджаар шавар-шавранцар хурдсанд 2.7 м, элсэнцэр хурдсанд 2.9 м, дан элсэнд 3.3м элсэн дүүргэвчтэй хайр хайрганд 4.2 м байх ба гадаргын тогтоц, тухайн нутгийн гадаргад ирэх нарны цацрагийн хэмжээ, температурын зөрүү харилцан адилгүй байдгаас ийнхүү ялгаатай тогтдог байна. Мөн хурдасны механик бүрэлдэхүүн, дулаан, хүйтнийг хадгалах, дамжуулах, нэвтрүүлэх чадвар бас тодорхой нөлөө үзүүлнэ.

## **СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ**

### *Суурь урсацыг ялгах тухай*

Суурь урсац нь гадаргын болон газрын доорх урсац бүрэлдэх гадаргын урсацын чухал бүрэлдэхүүн юм. Суурь урсацыг голын урсацын олон жилийн мэдээнээс график, үерийн шилжилтийн долгион, масс хадгалагдах хууль дээр үндэслэсэн тооцох арга зэрэг олон арга хэрэгслээр ялгаж болдог. Гадаргын усны олон жилийн мэдээн дээр суурилан суурь урсацыг ялгахдаа Эркхардтын тэгшитгэлийг ашиглав.

$$Q_{b,t} = \frac{(1 - BFI_{max}) \cdot a \cdot Q_{b,i-1} + (1 - a) \cdot BFI_{max} \cdot Q_{s,t}}{1 - a \cdot BFI_{max}}$$

Үүнд:

$Q_{b,t}$  - t хугацаан дахь суурь урсац

$BFI_{max}$  - суурь урсацын индексийн хамгийн их утга

$a$  - итгэлцүүр

$Q_{b,i-1}$  - t-1 хугацаан дахь суурь урсац

$Q_{s,t}$  - t хугацаан дахь нийлбэр урсац

### **Хөлдөлт, Гэсэлтийн гүнийг тооцох**

Хасах температурын нөхцөлд бүрэлдэн бий болсон физик, хими, минералогийн үйл явцуудын нийлмэл цогцыг криогены / мөнхцэвдэгт гарлын/ үйл явц гэх бөгөөд энд солифлюкци /хөрс гулсалт/, улирлын хөлдөлт, улирлын гидролокалит зэрэг үзэгдлүүд хамрагдана. Мөнхцэвдэг гэдэг нь 0° буюу түүнээс доош температурт 2 буюу түүнээс дээш жил хөлдүү байдалтай оршин буй ул хөрс чулуулгийг мөнхцэвдэг гэж тодорхойлдог. Мөнхцэвдгийн тархалт болон түүний өөрчлөлтийг тооцоход загварчлалын аргаар өргөн ашигладаг бөгөөд тухайн газар нутгийн уур амьсгал, газарзүйн онцлогоос гадна газрын гадаргын физик шинж чанарыг илтгэдэг параметрууд чухал нөлөө үзүүлдэг байна (Riseborough, 2008; Holmes, 2008).

Гэсэлтийн гүнийг тооцоолохдоо Стефаны аргыг ашигласан ба дараах байдлаар тодорхойлогддог.

$$X = \sqrt{\frac{2\lambda ns l}{L}}$$

$$L = \frac{80\rho W}{100}$$

Үүнд:

$X$ - гэсэлтийн гүн, м

$\lambda$ - дулаан дамжуулах коэффициент, Вт/м<sup>0</sup>С

$n$  – температурын итгэлцүүр

$l$ - газрын гадарга дахь температурын итгэлцүүр

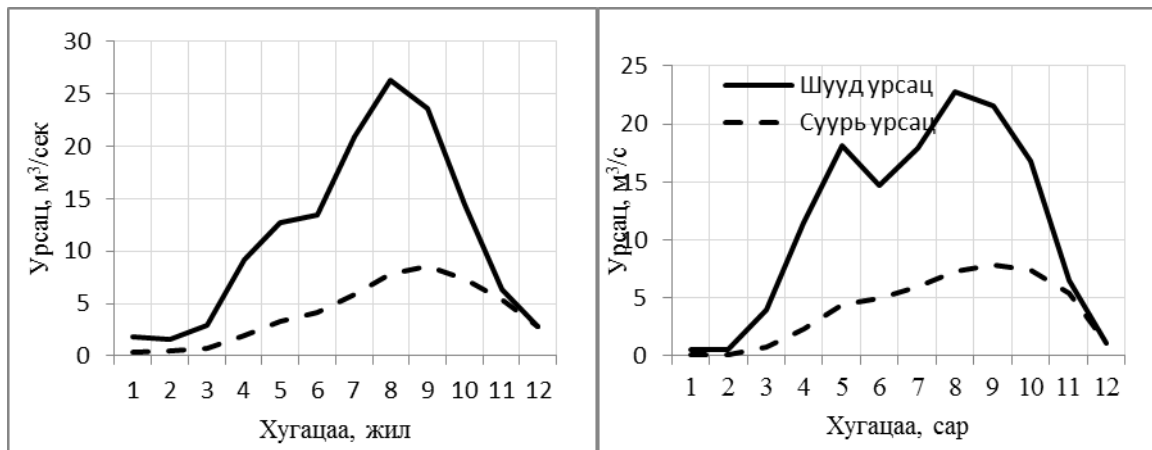
$L$ - нууц дулаан, ДЖ/м<sup>3</sup>

$\rho$  – хөрсний хуурай үеийн нягт, кг/м<sup>3</sup>

$W$  – хөрсөн дэх усны агууламж, %

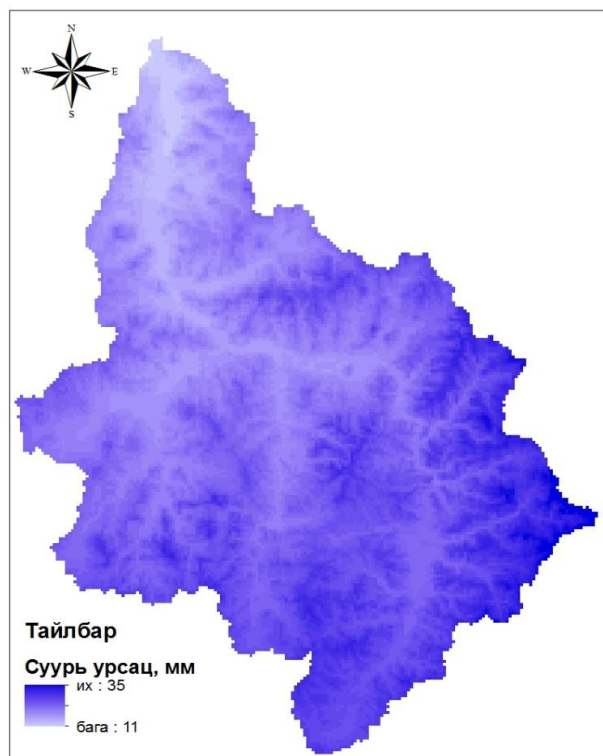
### **ҮР ДҮН**

Хараа-Баруунхараа болон Хараа-Дархан харуулын 1990-2011оны урсацын мэдээг ашиглан гидрографаас Echardt-ын аргаар суурь урсацыг ялгахад суурь урсацын индекс ойролцоогоор 0.4 буюу нийт урсацын 40 орчим хувийг суурь урсац бүрдүүлдэг байна. Тооцооллыг хийхдээ  $a$  коэффициентийг 0.4, харин суурь урсацын индексийн хамгийн их утга буюу  $BFI$ -ыг 0.7 гэж авсан болно (Welderufael, 2010).



Зураг 3. Erkhardt-ийн аргаар тооцсон суурь урсац болон голын нийлбэр урсац. а) Хараа-Баруун б) Хараа-Дархан

Хараа-Баруун Хараа болон Хараа-Дархан харуулын 1990-2011 оны урсацын мэдээнээс шууд болон суурь урсацыг ялгасан. Ийнхүү Erkhardt-ийн аргаар суурь урсацыг ялгаж суурь урсацын индексийг тодорхойлоход дунджаар 0.39 гарсан бөгөөд уг мэдээллийг ашиглан суурь урсацын тархалтыг Хараа голын сав газрын түвшинд зураглав (Зураг 4. Суурь урсац, мм).



Зураг 4. Суурь урсац, мм

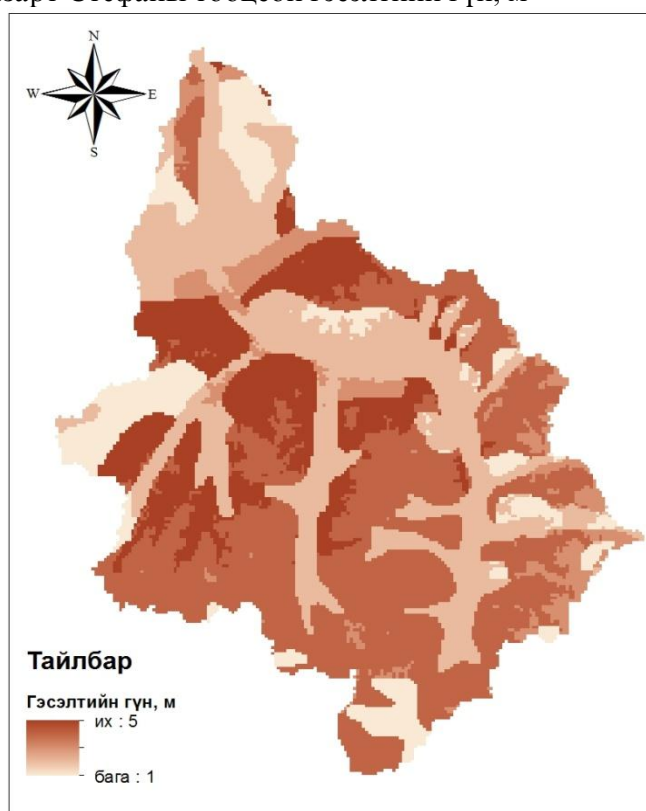
Судлагааны дүнгээс үзэхэд сав газрын уулархаг хэсгээр болон голын эх хэсгээр суурь урсац бүрэлдэх нөхцөл илүү байна.

Гэсэлтийн гүнийг Стефаны аргаар тооцож зураглахдаа хөрсний физик параметруудийн утгуудыг Хараа голын сав газрын Дөрөвдөгчийн хурдсын зураг дээр суурилан сонгосон (Хүснэгт 1).

**Хүснэгт 1. Стефаны аргаар гэсэлтийн гүнийг тооцоход ашигласан хөрсний физик шинж чанарын тодорхойлолт**

Дөрөвдөгчийн хурдас	Хөрсний дулаан дамжуулах коэффициент $\lambda$ (Вт/м $^{\circ}$ С)	Хөрсний хуурай үеийн нягт $\rho$ (кг/м $^3$ )	Хөрсний чийгшил, %	Дулаан багтаамж, ккал/м $^3$ $^{\circ}$ С
Шавар, шавранцар	1.88	1.68	17.3	0.6
Элсэнцэр	2.38	1.96	16.1	0.43
Элс	2.4	1.73	18.6	0.4
Хайргатай элсэнцэр	1.63	1.52	21.9	0.42
Элс шаврын дүүргэвчтэй хайрганцар	2.77	1.7	29.7	0.52
Голын хөндийн элс хайрганцар	2.19	1.52	11.6	0.39

Хараа голын сав газарт гэсэлтийн гүнийг тооцож зураглахад 1-5 м байна (Зураг 5. Хараа голын сав газарт Стефаны тооцсон гэсэлтийн гүн, м



Зураг 5. Хараа голын сав газарт Стефаны тооцсон гэсэлтийн гүн, м

## ДУГНЭЛТ

Хараа голын сав газарт Стефаны аргаар хөлдөлт, гэсэлтийн гүнийг тооцоход газрын гадаргын температураас гадна тухайн хөрсний дулаан дамжуулалт, чийг, нягт зэрэг физик шинж чанарыг илэрхийлсэн параметрууд чухал нөлөөтэй байна.

Эрхардын аргаар тооцсон суурь урсацын тархалтаас үзэхэд сав газрын өндөрлөг хэсэгт суурь урсац их, харин хөлдөлт, гэсэлтийн гүн өндөрлөг хэсэгтээ багассан байгаа нь агаарын болон газрын гадаргын температур өндөршил нэмэгдэх тусам буурдгаас гадна ой, ургамлын бүрхэвч газрын гадаргад ирэх дулааныг бууруулдагтай холбоотой. Харин сав газрын дунд буюу адаг хэсэг ялангуяа Дархан хотын орчимд суурь урсац бусад хэсгүүдтэй харьцуулахад бага бөгөөд хөлдөлтийн гүн 1-3 м-т хэлбэлзж байна. Гэсэлтийн гүн болон суурь урсацын хоорондын хамаарлыг нарийн тогтооход суурь урсацыг ялгах арга зүйг ашиглах боломжтой хэдий ч хэмжилтийн мэдээгээр судалгааны үр дүнг шалгаж сайжруулах нь зүйтэй.

## АШИГЛАСАН ХЭВЛЭЛҮҮД

Туул, Хараа, Ерөө голуудын сав нутгийн ландшафтын бүтэц, өөрчлөлт” сэдэвт эрдэм шинжилгээний ажлын тайлан. 2007. Газарзүйн хүрээлэн

Цэрэндондов, Г. 2009. Газрын доорх усны эрэл хайгуулын ашиглалтын гидрогеологийн судалгаа.

Holmes, T. M. (2008). Estimating soil temperature profile from a single depth observation: A simple empirical heatflow solution. *Water resources research*, Vol44, W02412, doi:10.1029/2007WR005994 .

Riseborough, D., Shiklomanov, N., Etzelmuller, B., Gruber, S., Marchenko, S. (2008). Recent Advances in Permafrost Modelling. *Permafrost and Periglac. Process.* 19: 137–156, DOI: 10.1002/ppp.615.

Welderufael, W., Woyessa, Y.E. (2010). Stream flow analysis and comparison of base flow separation methods: Case study of the Modder river basin in Central South Africa. *European water* 31:3-12.

Zhang, Y., Ahiablame, L., Engel, B., Liu, J. (2013). Regression modeling of baseflow and baseflow index for Michigan USA. *Water-5*, doi:10.3390/w5041797.