Бэлтгэсэн: ШУА-ийн Газарзүй-Геокологийн Хүрээлэнгийн Цөлжилтийн судалгааны салбарын ЭШДаА М.Нямаа

**“AnAqSim газрын доорх усны тоон загварыг ашиглах нь”**

Дэлхийн хүн бүр усны үнэ цэнийг мэддэг ч усны нөөц хязгаарлагдмал. Ноён хутагт Д.Данзанравжаа "Цангасан хүнд мянган лан алтнаас нэгэн ооч ус тус болно" гэсэн алдарт уг усыг зөв зохистой ашиглахыг сануулсан биз. Усны нийт нөөц нь гадаргын болон газрын доорх усны хэмжээгээр тодорхойлогдоно. Дэлхийн усны хуваарилалт, хуримтлагдаж буй төлөв байдлыг харгалзан нийт усны хэмжээ 1,400 мянган км3 гэж тооцоолсноос 97 орчим хувийг далайн ус байхад газрын доорх ус үүнээс асар бага буюу зөвхөн 1.7 хувийг эзэлж байна (К.П.Воскресеньский, 1956; М.В.Львович, 1974). Монгол Улс төдийлөн усны нөөцөөр баялаг орон биш юм. Одоогоор гадаргын усны нөөц 21035.4 сая м3, газрын доорх усны нөөц 3062.1 сая м3 (Үндэсний статистикийн хороо, 2017) гэж тогтоогдсон. Усны энэ хэмжээнд хур тунадас, ууршилт, усны олборлолт болон бохирол зэрэг хүчин зүйлс нөлөөлөл үзүүлнэ. Өндөр уулын бүсэд 250 мм-ээс их хур тунадас буудаг учир энд гадаргын усны нөөц харьцангуй их бол газрын доорх ус хангайн бус нутгийн томоохон голын хөндийд ихээр хуримтлагддаг. Гэвч бид газрын доорх усыг хүн амын унд ахуй, үйлдвэрлэл, газар тариалан, мал аж ахуй гээд бүх салбарт ашиглаж байна. Иймд ирээдүйн хойч үеэ бодвоос газрын доорх усны нөөцийн зохистой ашиглалтын асуудал эмзэг сэдэв үлдсэн хэвээр байна.

Өнөөгийн үед нилээд яригдаж буй газрын доройтол, цөлжилт, уул уурхай, даац хэтэрсэн бэлчээр зэрэг асуудлуудын тус бүр усны нөөцөд шууд болон шууд бусаар нөлөөлдөг. Цөлжилттэй тэмцэх олон улсын конвенцээс 1994 онд "Цөлжилт гэдэг нь уур амьсгалын өөрчлөлт, хүний үйл ажиллагаа хавсарсан олон янзын хүчин зүйлсийн нөлөөгөөр хуурай, заримдаг хуурай, хуурайвтар, чийг дутмаг газар нутагт биологийн болон эдийн засгийн чадавхи буурч, газар доройтох үйл явц юм" гэж заасан. Өдгөө цөлжилт, газрын доройтолд хүргэж буй хэд хэдэн хүчин зүйлсийн нэг нь бэлчээрээс шалтгаалсан талхлагдалт. Үүний үр дүнд ургамалжилтийн нөмрөг багасч, газрын доорх усны гол тэжээмжийн эх үүсвэр болох хур тунадасны ус нэвтрэхэд хүндрэлтэй болдог. Бэлчээрийн даац хэтрэх нь дээрхтэй мөн адил төсөөт үр дагавар үзүүлнэ. Дараагийн нэгэн асуудал бол уул уурхайн зориулалтаар ашиглагдаж буй ус. Газрын гадаргаас хэдэн арван метрийн доор тархах ус ашиглалтын хэмжээнээс хэд дахин удаан нөхөн сэргэдэг. Ерөнхий дүр зураглалыг дүгнэхэд манай орны нийгэм, эдийн засгийн хөгжил нь газрын доорх усны олборлолтод ихээр тулгуурладаг. Оновчтой тооцооллоор олборлолт явуулахгүйн аваас усны нөөц, түүний нөхөн сэргээлт, усны чанар, бохирдлын хандлагыг тооцоолоход хүндрэлтэй болж байгаа учир урьдчилан тооцох зорилгоор тоон загварчлалын шаардлага гарч байна.

Оролтын мэдээллийн тоо хэмжээ, нарийвчлалыг харгалзан ашиглахад хялбар загвар болох Аналитик Элементийн Арга (цаашид "АЭА")-ыг ашигладаг Fitts Geosolutions (АНУ) компаний "AnAqSim" програмыг танилцуулж байна.

Загварчлал эхлэхээс өмнө судалгааны талбайд өрөмдлөгийн болон шавхалтын ажлууд хайгуулын төслийн хүрээнд хийгдсэн байна. Эдгээр хэмжилтүүдийг гидрогеологийн параметруудыг тогтоох, усны нөөцийг тооцоход шаардалагатай үнэн зөв, нарийвчлал өндөртэй мэдээлэл цуглуулах зорилгоор гүйцэтгэдэг.

АnAqSim программ нь цаг хугацаа, байршлын функцуудээр илэрхийлэгдэх усны түвшин болон цооногийн ундаргын тэгшитгэлүүдийн цогц шийдлийг АЭА-ыг ашиглан гаргаж ирдэг. АЭА-д домэйны хил хязгаарууд нь тусдаа боловч домэйнүүд нь өөрсдөө хоорондоо нийлдэг болно. Энэхүү программ нь загварчлалын талбайг дэд хэсгүүдийг хуваадаг АЭА-ын хувилбаруудаас ашигладаг. Дэд хэсэг бүр нь өөрийн тодорхойлогч параметруудтэй байх бөгөөд нэг бүрчлэн АЭА-ын салангид загвар болно. Эдгээр салангид загвар бүр дэд домэйны дотор байрлаж буй болон гадаад хил зааг дээр байгаа элементүүдийг агуулж, үүнд дэд домэйны хилээс гаднах элементүүд орохгүй. Дэд домэйн бүр хоёр хэмжээст байх боловч усны урсацыг гурван хэмжээст байдлаар харуулахын тулд хэд хэдэн усны түвшинг загварт оруулж өгнө. Олон усны түвшин бүхий загваруудад босоо чиглэлийн урсгал усны түвшин хоорондын шилжилтээр илэрхийлэгддэг. Энэ төрлийн дэд домэйнүүд загварын нэгэн төрлийн бус байдал, анизотроп, үелэлийг илүү үнэн зөв оруулахад нэмэртэй. Мөн дэд домэйнүүдийг ашигласнаар үечлэлийг харуулахад хялбар байдаг. Жишээлбэл, хэд хэдэн усны түвшинтэй талбай (дэд домэйнүүд босоо чиглэлд давхцаж байрлан тэдгээрийн хооронд ус босоо чиглэлд шилжинэ) нэг усны түвшинтэй талбайтай залгаа байрлаж болно. Ингэснээр загварын талбайн үечлэлд илүү анхаарал төвлөрч бодолтын үр дүн нь харьцангуй сайн байна. Түүнчлэн AnАqSim программын нэгэн давуу тал бол тодорхой хугацааны давтамжтайгаар хэмжилтийг дахин дахин хийдэг явдал юм. Ингэхдээ загвар нь дараах 2 төрөлд хуваагдана:

Байгалийн горимт загвар (Steady State Model) нь ямарваа нэгэн гидрогеологийн өрөмдлөг болон шавхалт явагдаагүй үеийн байгалийн төлөв байдлыг харуулна. Загвар нэгэнт бий болсоны дараагаар, загварчилсан усны түвшинг хээрийн судалгааны бодит усны тогтонги түвшинтэй жишиж тохируулга хийнэ. Ингэхдээ уст давхаргын параметрууд болон загварын хил заагууд дээр усны түвшинг зааж өгнө.

Хөдөлгөөнт горимт загвар (Transient Model) нь Байгалийн горимт загвар дээрээ тулгуурлан бий болдог бөгөөд уст давхаргын өөрчлөлтийг заасан хугацаанд харуулдаг. Ингэхдээ загварт тодорхой нөхцлүүдийг өөрчилж болно. Тухайлбал, усны цооногийн ундаргыг заасан хугацаа бүрт ялгаатай тохируулж болно.

Уст давхаргыг үнэн бодит дүрслэхийн тулд загварт хамаарагдах талбайн хил заагуудыг тус бүрд хэд хэдэн хэсэгт хувааж болдог. Хэсэг бүрийн эхлэлийн ба төгсгөлийн цэгийн утгыг тухайн орчмын усны түвшнээр авч, загварын талбайн хил зааг дээр тодорхой түвшин мэдэгдэхгүй бол талбай доторх цооногуудын мэдээллээс ойролцоогоор сонгож захын цэгүүд дээр тохируулга хийнэ.

Загварын хилийн нөхцөл нь "Head Specified" ба тухайн заагууд өөрчлөгдөхгүй гэсэн болзолтой байдаг. Үүнийг ус шавхалтгүй үеийн байгалийн төлөв байдлыг дүрслэх зорилгоор зөвхөн Байгалийн горимт загварт хэрэглэж, усны түвшин хязгаарын эхлэл ба төгсгөлийн цэгийн утгуудаас хамааран бодогдоно. Жишээлбэл, 1000 м урт хязгаарын шулуун 1000 м-т эхэлж 900 м-т төгсөж байгаа тохиолдолд усны түвшин 100 м урт тутамд 10 м-ээр доошилж байгаа гэсэн үг юм. Харин ус нэвтрүүлэгч давхаргаар хучигдсан даралтат давхаргын жишээн дээр авч үзвэл сонгосон талбайд тархсан уст давхаргын параметруудыг тэдгээрийн орших гүн, зузааныг авч үзэн загварт оруулна. Энд байр зүйн зургийг бодолтонд ашигладаггүй юм. Иймд давхаргын зузааныг сонгосноор усны түвшний өөрчлөлтийг тооцож тухайн хэсэгт загвар хуурай эсвэл ус агуулж буйг харуулна.

Дараагийн чухал алхам бол орон зайн хувьд өөр өөр гидрогеологийн нэгжүүдийг ялгана. Тогтмол идэвхитэй ашиглаж буй цооногуудтай ашигтай талбай болон түүний эргэн тойрны бага ашигтай талбайг загварт тус бүрээр нь домэйнээр дүрсэлнэ. Хэрвээ газрын доорх ус агуулж буй талбайг ямарваа нэгэн ус үл нэвтрүүлэгч, аль эсвэл даралтат уст давхарга хязгаарлаж байгаа бол тухайн талын усны хөдөлгөөнийг "No Flow" буюу урсацгүй болгох тохиргоог хийж болно. Энэ нь эргэн тойрны бусад уст давхаргуудаас тэжээлгүй хэмээн тооцож буйг илтгэнэ. Хур тунадасны мэдээлэл байгаа тохиолдолд тэжээмж авах газруудад тоон утгуудыг оруулж өгнө.

Цаг хугацааны тодорхой давтамжаар усны түвшинг тооцож гаргахын тулд загварт анхнаасаа нийт болон хэмжилт хоорондын хугацааг зааж өгөх хэрэгтэй байдаг. Удаан хугацаанд загвар гаргаж буй тохиолдолд ихэвчлэн 1 жилийн давтамжтай хэмжилт хийхээр сонгодог. Ингэснээр цооног тус бүр дээр усны динамик түвшин, цооногийн ундарга тэмдэглэгдэнэ.

Загвар нь багц тэгшитгэлүүдээс бүрддэг. Загварчилсан болон хээрийн судалгаагаар хэмжсэн бодит утгуудын хооронд тэнцвэрт байдлыг зөвшөөрөгдөх хэмжээтэй жишиж үзэх хэрэгцээ гарна. Нийцэхгүй тохиолдолд загвар худал бодолт хийгдсэн хэмээн дүгнэж болно. Иймд энэ шалгууруудыг Байгалийн болон Хөдөлгөөнт горимын аль алинд нь шалгаж явах нь зүйтэй. Тус программ нь тэгшитгэлүүдийн багцыг анхнаасаа бий болгож цооног, шулуун элементүүд, тэжээмжтэй холбоотой алдааг нэн даруй заадгаараа онцлог. Тогтвортой хил зааг шугаман бус тэгшитгэлээр бодогддог тул шугаман тэгшитгэл рүү шилжих хүртэл давталттайгаар боддог юм.

БОАЖ-ын сайдын 2012 оны А/28 дугаар тушаалын "Газрын доорх усны нөөцийг хүлээн авах ангилал, зэрэглэл"-ийн аргачилсан зааврын дагуу "...Газар доорх усны нөөцийг хэмжээг зөвхөн баланс, гидравлик, гидродинамик /аналитик/-ийн аргаар А,В,С болон хэтийн төлөвийг Р зэргээр үнэлж тодорхойлохоор, харин нөөцийн үнэлгээнд нэмэлт тооцооны хэлбэрээр загварчлалын /Математик тоон загвар/ болон бусад хувилбарын аргыг хэрэглэж болно" гэж заасан байдгийг дурьдах нь илүүдэхгүй. Геологи, геофизик, геоморфологи, гидрогеологи зэрэг олон талт өгөдлүүдээр тоон загварыг бий болгосноор талбайн гадаад хилийг тогтоох, гадаргын ус болон агаар мандлын харилцан хамаарал, газрын доорх усны тэжээмж, усны шүүрэлт зэргийг хоёр/гурван хэмжээстээр харуулах боломжийг олгодог. Цаашлаад загварыг ашиглан газрын доорх усны ордын ашиглалтаас үүдэх нөлөөлөл, хор уршиг, өөрчлөлтүүдийг тогтоож байгаль орчинд ээлтэй шийдвэр гаргахад чухал нөлөөтэй. Иймд байгалийн бэлэг болон ундарсан усаа хамгаалахын тулд хөгжлийн технологитой хөл нийлүүлэн алхаж, загварчлалыг өндөр түвшинд ашиглаж сурах шаардлагатай юм.

Ашигласан бүтээлийн жагсаалт:

* Монголын Геологи ба Ашигт малтмал, VIII боть, 2012;
* Е.Батчулуун, Дэлхий Судлал, 2013;
* Воскресеньский К.П., Гидрогеологические расчёты при проектировании на малых реках, ручьях и временных водотоках,1956;
* Львович М.В., Мировые водные ресурсы и их будущее, 1974;
* www.fittsgeosolutions.com;
* Үндэсний Статистикийн Хороо, <http://www.nso.mn/index.php>;
* <http://geografia.na6.pl/wody-podziemne>;
* [www.legalinfo.mn/law/?cat=34](http://www.legalinfo.mn/law/?cat=34)