

УЛААНБААТАР ХОТЫН УС ХАНГАМЖИЙН ЭХ ҮҮСВЭРҮҮДИЙН ГАЗРЫН ДООРХ УСНЫ МОНИТОРИНГИЙН СУДАЛГАА

З. Бямбасүрэн¹, Б. Отгонтуяа¹, Д.Одонцэцэг*
¹ШУА, Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэн,
Усны нөөц, ус ашиглалтын салбар

Abstract

Within the framework of the basic science project entitled “Scientific background for ecosystem service valuation in the Tuul River Basin”, the seasonal and long term groundwater changes were determined by establishing 2nd grade monitoring network. Groundwater levels were measured with data logger HOB0 and Diver, Baro in selected 6 wells along the water supply source of Ulaanbaatar city. In addition stationary groundwater level meter was installed in a production well.

he recharge of quaternary which is located in the Tuul river valley, had direct influence from precipitation and the maximum groundwater level in July, August of the year which was sufficient time of groundwater recharge and the minimum groundwater level appears in March, April of the year which is drought time of groundwater recharge by the long term observation work.

The long term observation’s climate data shown that the aquifer recharge which located in quaternary deposits in the Tuul river valley depends directly from the precipitation.

In the future necessary to improve and continuously implement the groundwater monitoring activity for sustainable development of groundwater resources management.

Түлхүүр үг: Нөөц, тэжээл, мониторингийн сүлжээ, орд, экосистемийн үнэ

Оршил

Манай улсын хүн амын 40 гаруй хувь нь амьдардаг Улаанбаатар хот нь Туул голын сав газарт байршдаг. Сүүлийн жилүүдэд уур амьсгалын өөрчлөлт, хүн ам болон малын өсөлт, хотжилт, уул уурхай, эрчим хүч, хөдөө аж ахуй, барилгын үйлдвэрлэл зэрэг нийгэм эдийн засгийн бүхий л салбарын хөгжилтэй уялдан салбар бүрд усны хэрэглээ нэмэгдсээр байна.

Нийслэл хотын хүн амын унд ахуй, үйлдвэрлэл, үйлчилгээний бүх усны хэрэглээг зөвхөн Туул голын хөндийг даган байрлах ус хангамжийн 8 эх үүсвэрээр газрын доорх усыг соруулан авч хангадаг.

Хүний буруутай үйл ажиллагааны нөлөөгөөр усан орчин тухайлбал газрын доорх усны нөөц хомстон өөрчлөлтөд их орж байгаа нь сүүлийн жилүүдэд хийгдсэн судалгааны үр дүн харуулж байна [6].

Газрын доорх ус нь байгалийн хамгийн чухал нөөцийн нэг юм [5]. Газрын доорх усны мониторингийн судалгааны үндсэн зорилго нь түүний байгалийн нөөц баялаг /түвшин, зарцуулаг, хурд/, физик шинж чанар, химийн найрлагын орон зай, цаг хугацаанаас хамаарсан өөрчлөлтийг нарийвчлан судалж тогтооход оршино [2].

Тодруулбал горимын судалгааны анхдагч материал болон гидрогеологийн зохих мэдээлэлд тулгуурлан газрын доорх усны тархалтын зүй тогтол, түвшний өөрчлөлт, тэжээгдэх нөхцөлд үнэлгээ өгөх улмаар бохирдох, хомстол үүсэх, зэргээр экологийн тэнцвэрт байдал алдагдахаас урьдчилан сэргийлэх арга хэмжээг боловсруулах цогц үйл ажиллагаа юм.

*. Д.Одонцэцэг, Судалгааны ажлын удирдагч

Улаанбаатар хот орчмын горимын судалгааг анх 1946-1948 онуудад К.И.Гоманько (ЗХУ-ын мэргэжилтэн) янз бүрийн хэсэгт байрласан 58 худагт хийж, усны түвшний хэлбэлзэл амплитуд $A=1.6\text{ м}$ хүрч байсныг тогтоож байжээ.

Үүний дараагаар Оросын Гипропроект институтээс Р.А.Кригер 1959-1960 онд явуулсан судалгаагаар ус хангамжийн Төв эх үүсвэрийн газрын доорх усны түвшний хэлбэлзлийн жилийн амплитуд нь Туул голын баруун талын татамд $A=1.0-1.3\text{ м}$, голын голдирол орчим $1.8-2.4\text{ м}$ хүртэл дунджаар 2.1 м болж нэмэгдсэнийг тогтоосон байна.

ОХУ-ын ПНИИИС-ийн экспедицийн 1979-1980 онд хийсэн горимын ажиглалтын дүнгээр усны түвшний хэлбэлзлийн амплитуд нь $A=2.7\text{ м}$,

Геоэкологийн хүрээлэнгээс (хуучин нэрээр) Г.Цэрэнжав, Д.Өнөржаргал 1997-1998 онд горимын ажиглалтын дүнгээр ундны болон техникийн ус хангамжид зориулан олборлосноос Туул голын аллювийн хурдас дахь газрын доорх усны түвшин 1959-1960 оны үеийнхээс $1-2\text{ м}$ хөндийн төв хэсэгт цутгал голуудын адаг орчмоор 0.5 метрээр тус тус буурсан байгааг тогтоосон бөгөөд усны түвшний хэлбэлзлийн амплитуд $A=3.1\text{ м}$ болж нэмэгдсэн, прогнозоор 2020 онд 3.7 м , 2050 онд 4.6 м тус тус хүрч Улаанбаатар хотын ус хангамжийн эх үүсвэрийн газрын доорх усны түвшний жилийн хэлбэлзэл нэмэгдэж улмаар 2050 онд ус хангамжийн жирийн буюу дундаж хангамшилтай үед усны түвшин боломжит доошлолтын хэмжээнээс буурч, усны хомстол үүснэ гэж тооцоолжээ [3].

Энэ нь экосистемийн нөөцөөр хангах үйлчилгээний (газрын доорх усны ашиглалт) үнэлэмж үгүй, ашиглалтын буруу горимтой байгааг илтгэнэ. Иймд тогтмол хяналт шинжилгээний ажлыг явуулж байх нь чухал бөгөөд урт хугацааны мониторинг нь газрын доорх усны ордын нөөцөд үнэлэлт өгөх улмаар загвар буюу ирээдүйн өөрчлөлтийг таамаглах, экосистемийн хувьд ямар үнэлэмжтэй болохыг тогтоох үндэслэл бий болгох боломжийг олгоно.

Судалгааны ажлаар газрын доорх усны нөөц, түвшин, температур даралтын, ажиглалт хийх, ашиглалт болон тэжээгдлийн горимыг судлах мөн түүнчлэн усны чанарын судалгаа хийх, байгалийн горим болон бусад судлаачдын судалгааны үр дүнд харьцуулан дүгнэх улмаар дээр дурдсан болон бусад үүсэж болох экосистемийн сөрөг нөлөөллүүдээс урьдчилан сэргийлэх, гарах арга замуудыг илэрхийлэх холбогдох аж ахуй нэгж, ард иргэдэд сурталчилан таниулах замаар усны зохистой ашиглалтыг бий болгох зэрэг хэтийн зорилтуудыг тавьж байна.

Судалгааны материал, арга зүй

Туул гол нь Төв аймгийн Мөнгөнморьт сумын нутагт Хан Хэнтий нурууны салбар уулс болох далайн түвшнээс дээш 2289.2 метр өндөрт өргөгдсөн Чисаалайн сарьдаг, Шороотын давааны өврөөс эх авсан Номин, Нэргүй хэмээх 2 голын уулзвараас Туул гол гэдэг нэрийг авч урссаар Сэлэнгэ аймгийн Орхонтуул сумын нутагт Орхон голд цутгана. Туул голын сав газар нь 5 аймгийн 37 сум, Улаанбаатар хотын 7 дүүргийн нутаг дэвсгэрийг хамран нийтдээ 49774.3 км^2 талбайг эзэлж байна. Сав газар далайн түвшнээс харьцангуй өндөр өргөгдсөн, далай тэнгисээс алслагдсан, эргэн тойрон уулсаар хүрээлэгдсэн тул бичил уур амьсгалын хувьд өөрийн онцлогтой бөгөөд түүний уур амьсгалын онцлог шинжийг авч үзвэл өдөр, шөнийн агаарын температурын ялгаа их, хүйтний улирал харьцангуй урт үргэлжилдэг бөгөөд тогтуун, харин зун богино, хур тунадасны ихэнх хувь энэ улиралд орох бөгөөд голдуу агаарын тогтворгүйжлээс үүдэх конвекцоос гаралтай байдаг [7].

Эх үүсвэрүүдийн ашиглалтын худгууд нь Туул голын хөндийд тархсан голоцений настай дөрөвдөгчийн сэвсгэр хурдсанд агуулагдах уст үед байршина. Энэ уст үе нь 2 үелсэн бүтэцтэй бөгөөд эдгээр нь хоорондоо гидравлик холбоотой, зөвхөн ус агуулагч чулуулаг болон усжилтаараа ялгаатай. Ус агуулагч нь том ширхэгт хайрга, жижиг

ширхэгт бул чулуунаас бүрдэх ба дүүргэгч нь элс, нарийн ширхэгт элс бага зэрэг шаварлаг материал байна. Ундарга нь 2-6.9л/с, шүүрэлтийн коэффициент нь 12-235м/хоног, нийт зузаан нь 4-48м, ус өгөмж нь 0.08-0.21 байна.

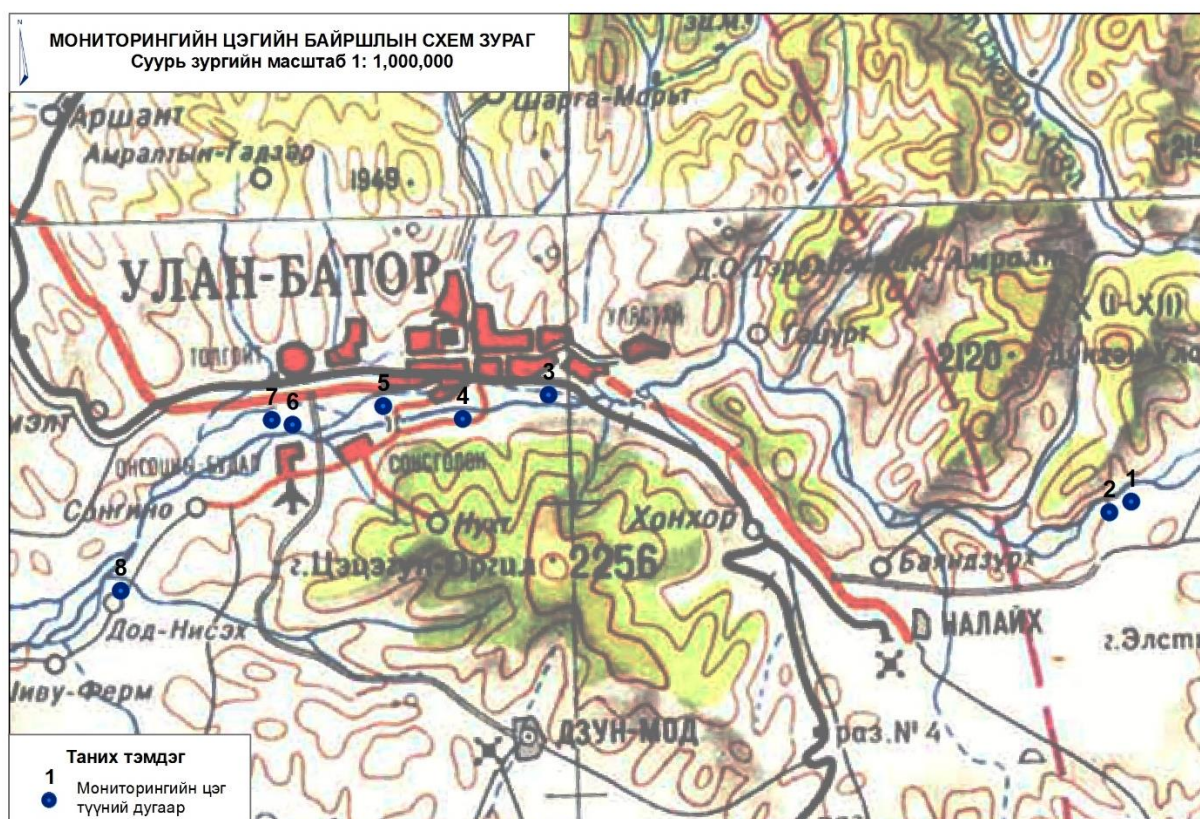
Уст үе нь Туул голын устай гидравлик холбоотой голын ус татарсан өвлийн нөхцөлд уст үеээс гол руу харина, тэжээлийн элбэг үед голоос газрын доорх ус руу нэвчилт явагдана, хэмжээ нь голын усны түвшинээс хамаарч үертэй үед хамгийн их байна. Уст үеийн налуу 0.001-0.006м байна [3].

Газрын доорх усны мониторингийн судалгааг анх Усны бодлогын хүрээлэн 1991 оноос, Геоэкологийн хүрээлэн (хуучин нэрээр) 1997 оноос цөөн цэгтэй сүлжээ байгуулан хэмжилт судалгаа хийж байна [4].

Судалгаанд Туул голын сав газар доторх газрын доорх усны нөөц батлагдсан 2 орд газар тухайлбал унд ахуйн 2, техникийн ус хангамжийн 3 эх үүсвэрүүдийг хамруулан мониторингийн нийт 8 цэгийг тоноглон хэмжилт туршилтын ажил хийж байна.

Газрын доорх усны түвшний ажиглалтыг Япон, Голланд улсуудын Onset-Hobo, Schlumberger-Diver, Baro зэрэг ус болон агаарын даралт, температур хэмжигч автомат багажуудыг мониторингийн 6 цэгт суурилуулан (2 дугаар зураг), [9]; хэмжилтийг 30 минутын давтамжтайгаар авч байна. Эдгээр багажууд нь өөр дээрээ санах ойтой бөгөөд хэмжилтийн мэдээг компьютерт электрон байдлаар авч холбогдох программ дээр боловсруулалтыг хийдэг. Харин суурин түвшин хэмжигчийг мониторингийн 2 цэгт суурилуулсан ба хэмжилтийн хувьд хөвүүрийн тусламжтайгаар түвшний өөрчлөлтийг зурагладаг (3 дугаар зураг).

Мониторингийн цэгүүдийг газрын доорх усны түвшний ажиглалт хийх аргачлалын [1]; дагуу мөн өмнө нь хэмжилт хийгдэж байсан харьцуулалт хийх боломжтой зэргийг харгалзан сонгосон (1 дүгээр зураг).

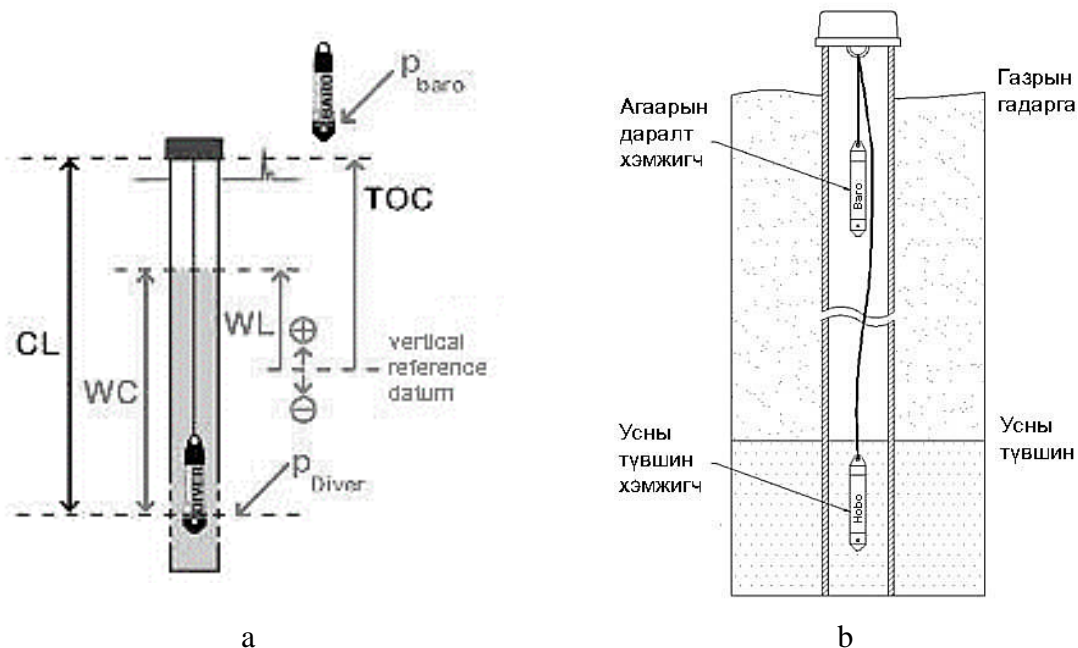


1 дүгээр зураг. Мониторингийн цэгүүдийн байршил

Автомат түвшин хэмжүүр

*. Д.Одонцэцэг, Судалгааны ажлын удирдагч

Автомат түвшин хэмжигчүүд нь ус болон агаарын даралтын зөрүүгээр бодолт хийдэг бөгөөд дараах томъёог ашиглан боловсруулалт хийнэ [5];



2 дугаар зураг. **a**-Diver болон Baro, **b**-Hobo багаж суурилуулалт

Water column (WC) – Усны түвшинээс багаж хүртлэх зай

$$WC = 9806.65 \frac{P_{diver} - P_{baro}}{\rho * g} \quad (1) \quad (9)$$

P_{diver} -усны даралт

P_{baro} -агаарын даралт

ρ -усны нягт

g -хүндийн хүчний хурдатгал

Water level (WL)-Усны түвшин;

$$WL = TOC - CL + WC \quad (2) \quad (9)$$

2-р томъёонд 1-р томъёог орлуулахад:

$$WL = TOC - CL + 9806.65 \frac{P_{diver} - P_{baro}}{\rho * g} \quad (3) \quad (9)$$

Top of casing (TOC)-цооногийн амсарын өндөр

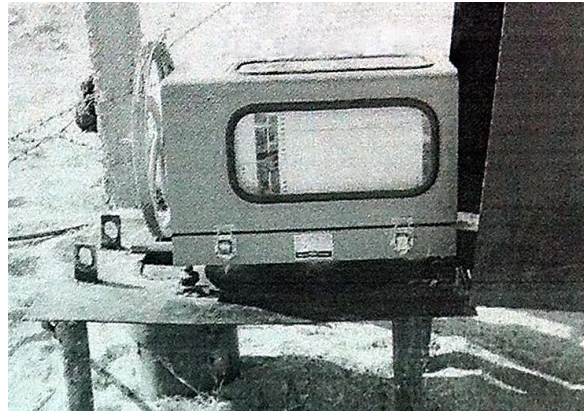
Cable length (CL)-Кабел утасны урт;

$$CL = MM + WC \quad (4) \quad (9)$$

MM-гараар хийсэн хэмжилт

Суурин түвшин хэмжүүр

Суурин түвшин хэмжигч нь хөдөлгөөнт дамрын эсрэг чигт байрлах хөвүүр болон хүндрүүлэгчийн тусламжтай тусгай туузан цаасан дээр бичиглэлийг сарын турш хийнэ.



3 дугаар зураг. Суурин түвшин хэмжүүр

Эх үүсвэрүүдийн газрын доорх усны олборлолтын мэдээг хотын УСУГ-аас авч тэжээгдлийн элбэг болон гачиг үеүдийн газрын доорх усны түвшинд харьцуулан дүгнэх, тэжээгдлийн нөхцөлд хамаарсан ашиглалтын горимыг оновчлох, мөн Ус цаг уур орчны судалгаа, мэдээллийн хүрээлэнгээс эх үүсвэрүүдийн районы хур тунадас, агаарын температур зэрэг холбогдох цаг уурын мэдээг авч газрын доорх усны түвшинд харьцуулан боловсруулсан.

Үр дүн

Судалгааны талбайн нь эрс тэс хуурай уур амьсгалтай, жилийн дундаж хур тунадас 200-400мм орчим бөгөөд хур тунадасны 80-90 орчим хувь нь дулааны улиралд унадаг.

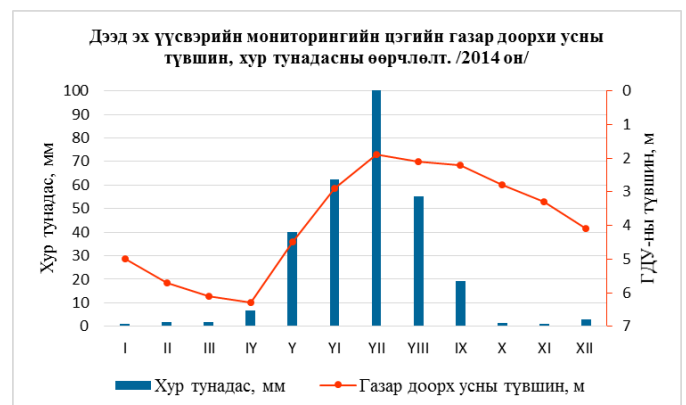
Туулын ай савын газрын доорх усны үндсэн тэжээл нь агаарын тунадасны шүүрэлт байна энэ нь уст давхаргуудын геологийн тогтоц болоод газрын доорх усны түвшин зуны хур бороо элбэг үед эрс нэмэгдэж байгаагаар батлагдана.

Өгүүлэлд ус хангамжийн Дээд, Төв, ТЭЦ-4 эх үүсвэрүүд дэх мониторингийн цэгүүдийн 2009-2015 оны сар бүрийн хэмжилтийн мэдээг үзүүлэв.

Мониторингийн 1 ба 2р цэг байрлах ус хангамжийн дээд эх үүсвэр орчимд жил бүрийн 1-4р саруудад 4.5-6.5 м хүрч доошлон 7-8р саруудад усны түвшин 1.5-1.9 м хүрч дээшилж байна, тус эх үүсвэрийн хувьд хоногт дунджаар 55400 м³ усыг авч түгээдэг бөгөөд газрын доорх усны түвшинд харьцуулбал (1 дүгээр тахирмаг) хүйтний улиралд олборлолт харьцангуй нэмэгдэж усны түвшин бууралтад шууд нөлөөлж байна.

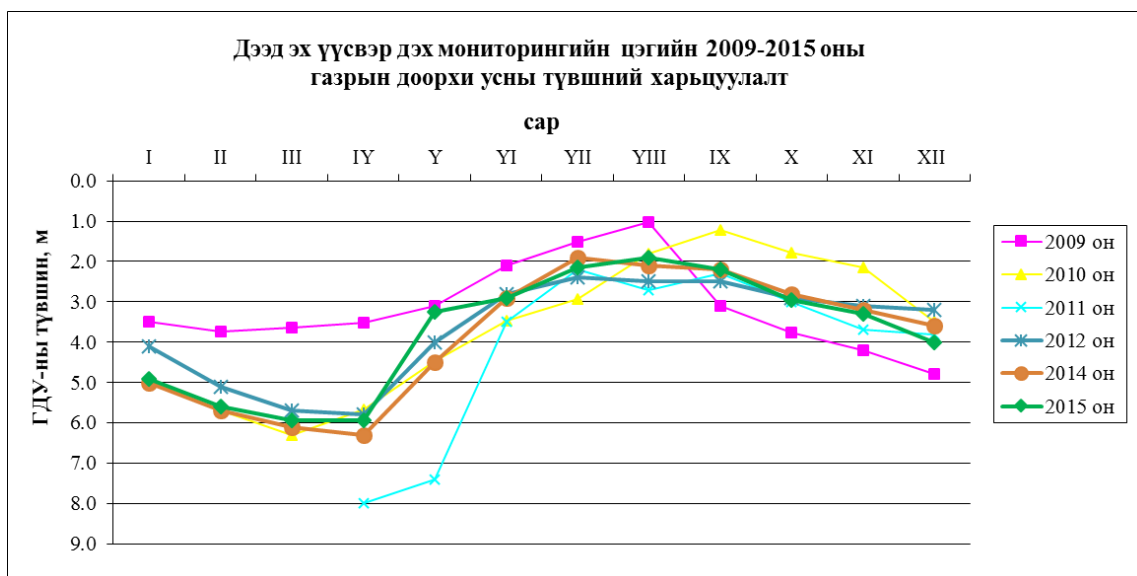


1 дүгээр тахирмаг. Мониторингийн 1 ба 2р цэгүүдийн усны түвшинг, олборлолттой харьцуулсан байдал



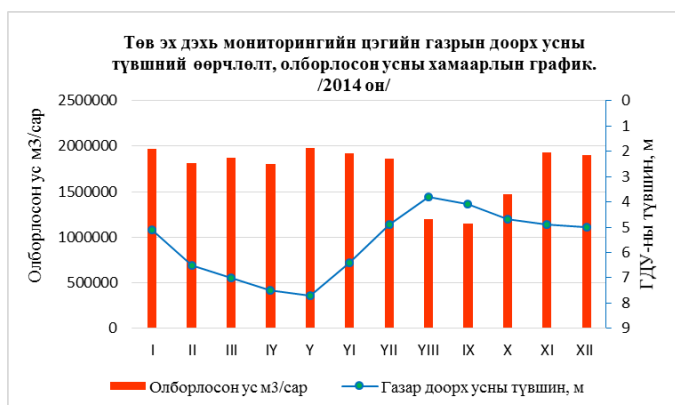
2 дугаар тахирмаг. Мониторингийн 1 ба 2р цэгүүдийн усны түвшинг, хур тунадастай харьцуулсан байдал

Газрын доорх усны үндсэн тэжээл хур тунадас болох нь (2 дугаар тахирмаг)-с батлагдаж байна 2014 оны 7р сард нийлбэр тунадас 104 мм хүрч унасан ба газрын доорх усны түвшин 1.9 м-т хүрч дээшилсэн байна. Дээд эх үүсвэрийн газрын доорх усны түвшний өөрчлөлтийг доорх тахирмагт харуулав (3 дугаар тахирмаг).

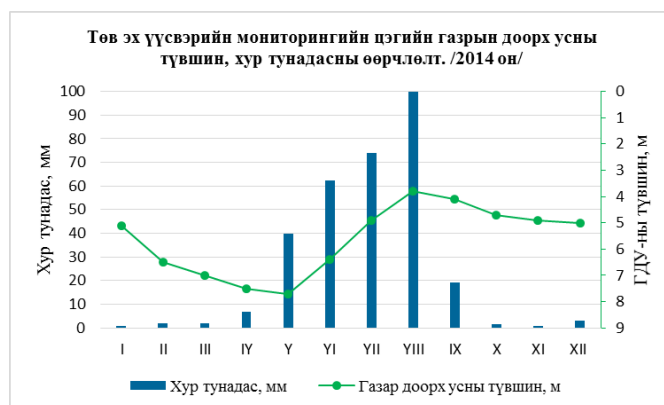


3 дугаар тахирмаг. Мониторингийн 2р цэгийн олон жилийн түвшний харьцуулалт

Мониторингийн 3-4р цэгүүд байрлах ус хангамжийн төв эх үүсвэр орчимд газрын доорх усны түвшний өөрчлөлт тэжээлийн гачиг үе болох 1-4р саруудад 6.2-8.3 м-т хүрч доошлон 7-8р саруудад 2.5-3.5 м-т хүрч дээшилдэг бөгөөд тус эх үүсвэр хоногт 65000 м³ усыг авч хотын хүн амын унд ахуйн усны хэрэглээний 60-70 хувийг хангадаг байна. Ашиглалтын дээрх горимоор тогтмол олборлолт явуулах нь тэжээлийн гачиг үед экологийн хязгаараас хэтэрсэн байдал ажиглагдаж байна (4 дүгээр тахирмаг).



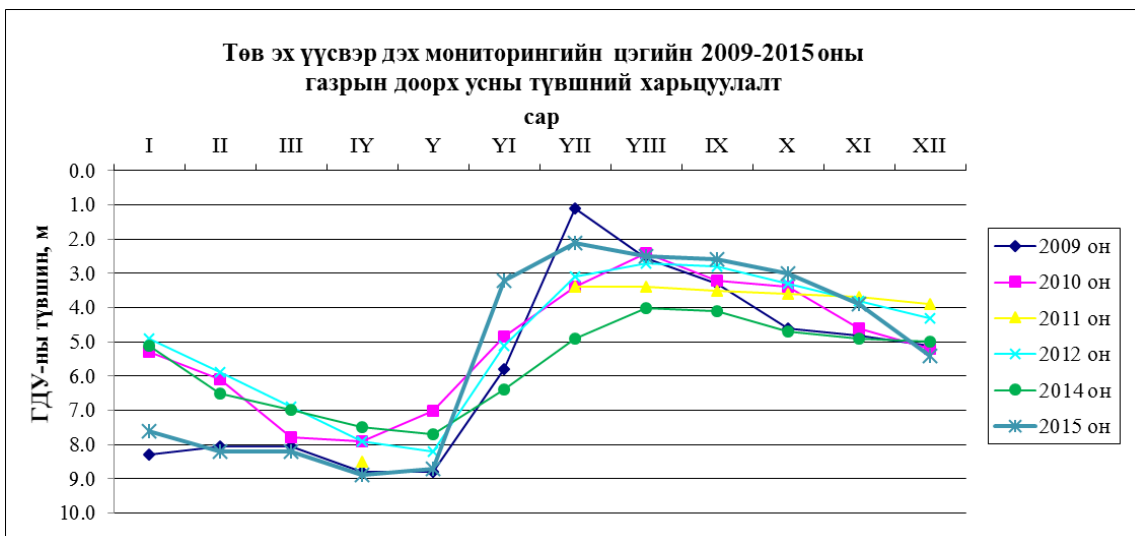
4 дүгээр тахирмаг. Мониторингийн 3р цэгийн усны түвшинг, олборлолттой харьцуулсан байдал



5 дугаар тахирмаг. Мониторингийн 3р цэгийн усны түвшинг, хур тунадастай харьцуулсан байдал

Унд ахуйн ус хангамжийн Төв эх үүсвэр нь байгуулагдсанаас хойш 50 гаруй жил тасралтгүй ашиглагдаж байгаа харьцангуй том талбайтай боловч сүүлийн жилүүдэд техноген үйл ажиллагаанд ихээр өртөж ус хураах талбайн хэмжээ багасаж, зарим цооногийн ус бохирдож эхэлсэн байна. Мониторингийн цэг дэх газрын доорх усны түвшний өөрчлөлтийг доорх тахирмагт үзүүлэв (6 дугаар тахирмаг) эндээс газрын доорх усны түвшин өмнөх жилүүдээс буурах хандлагатай байгааг харж болно.

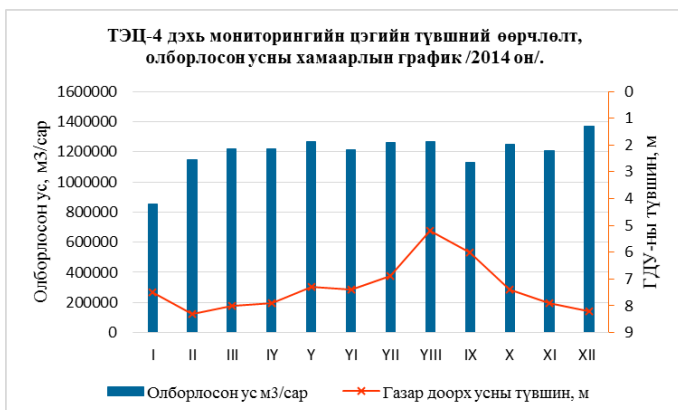
*. Д.Одонцэцэг, Судалгааны ажлын удирдагч



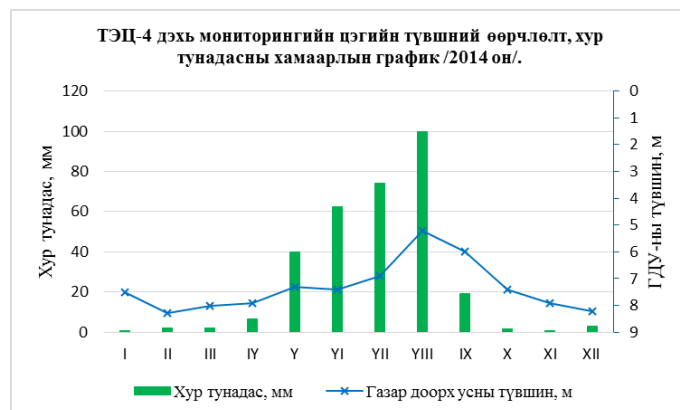
6 дугаар тахирмаг. Мониторингийн 3р цэгийн олон жилийн түвшний харьцуулалт

Техникийн ус хангамжийн эх үүсвэр болох Үйлдвэрийн эх үүсвэр дэх мониторингийн цооногийг 2014.2р сараас эхлэн тоноглон ажиллуулж байна 2 жилийн хэмжилтийн мэдээгээр 1-4р саруудад газрын доорх усны түвшин 7.9-9.2 м-т хүрч доошилсон бол 7-8р саруудад 2.5-3.1 м хүрч дээшилсэн байна, тус эх үүсвэрийн ус олборлолт хоногт дунджаар 20700 м³ орчим бөгөөд дулааны улиралд олборлолт багасна.

Дулааны 3 болон 4р цахилгаан станцын эх үүсвэрүүд дэх мониторингийн цэгийн мэдээллээр тэжээлийн гачиг үе буюу 1-4р саруудад, ТЭЦ-3 орчим 3.4-5.2 м, ТЭЦ-4 орчим 8.9-10.5 м хүрч доошилж, тэжээлийн элбэг 7-8р саруудад 1.3-1.7 м, 2.9-4.5 м-т хүрч тус тус дээшилдэг ба эдгээр эх үүсвэрүүдээс хоногт дунджаар 38000 м³ орчим усыг олборлодог байна.



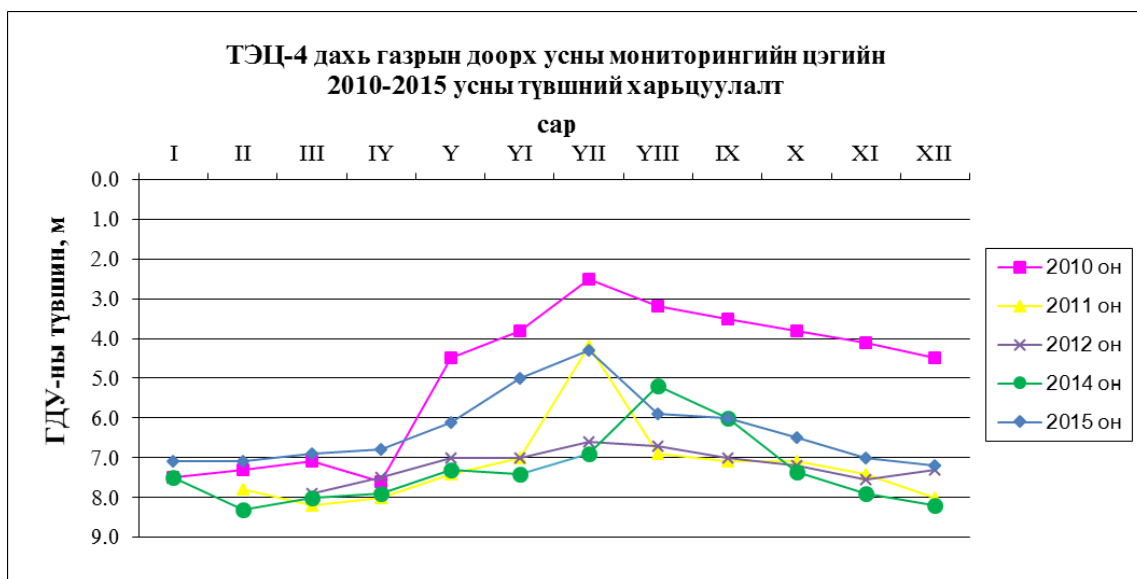
7 дугаар тахирмаг. Мониторингийн 8р цэгийн усны түвшинг, олборлолттой харьцуулсан байдал



8 дугаар тахирмаг. Мониторингийн 8р цэгийн усны түвшинг, хур тунадастай харьцуулсан байдал

Дулааны цахилгаан станц -4 нь Нийслэл хотын цахилгаан, дулааны 60 гаруй хувийг дангаар хангадаг ба хот өргөжин тэлж байгаатай холбоотой газрын доорх усны олборлолт нэмэгдсээр байна. ТЭЦ-4 эх үүсвэрийн мониторингийн цэгийн газрын доорх усны түвшний хэмжилтийн мэдээг доорх тахирмагт үзүүлэв (9 дүгээр тахирмаг)[8].

*. Д.Одонцэцэг, Судалгааны ажлын удирдагч



9 дүгээр тахирмаг. Мониторингийн 8р цэгийн олон жилийн түвшний харьцуулалт

Хэлэлцүүлэг

Газрын доорх усны түвшин сүүлийн 50 жилийн туршид буурах хандлагатай байгаа төдийгүй түүний хэрэглээ тэжээлтэй нь харьцуулахад хурдацтай өсөж байна [3]. Улаанбаатар хот орчмын газрын доорх усны горимын судалгааг явуулсан судлаачдын судалгааны үр дүн, прогнозтой бидний судалгааны үр дүн нийцэж байгаа нь учирч болох экосистемийн сөрөг нөлөөллүүдийг анхааралдаа авах, урьдчилан сэргийлэх арга хэмжээний тараар холбогдох аж ахуй нэгж байгууллагуудад сурталчлан таниулах, ямарваа сөрөг үйл ажиллагаа явуулахгүй байх шаардлагатай илтгэнэ.

Дүгнэлт

- Мониторингийн судалгаагаар Туул голын ай савын газрын доорх ус нь агаарын хур тунадасны шүүрэлтээр шууд тэжээгддэг бөгөөд түүний байгалийн горимыг тэжээлийн элбэг болон гачиг гэсэн хоёр үед хуваан үзэж болно.
- Ус хангамжийн эх үүсвэрүүд газрын доорх усны тэжээлийн гачиг үед экологийн хязгаараас хэтрүүлэн олборлолт явуулж газрын доорх усны балансыг алдагдуулж байна. Иймээс газрын доорх усны тэжээлийн гачиг үеийн ашиглалтын горимыг тогтоох ашиглагч байгууллагуудтай хамтран ажиллаж усны хомстолд орохоос урьдчилан сэргийлэх.
- Мониторингийн цэгүүдийн усны түвшин урьд жилүүдээс буурах хандлагатай, ба газрын доорх усны түвшний хэлбэлзлийн амплитуд $A=3,48\text{м}$ болж нэмэгдсэн байна.
- Газрын доорх усны мониторингийг үргэлжлүүлэн, цэгүүдийг бүрэн автомат багажаар тоноглох, шинэ эх үүсвэрүүдийг хамруулах зэргээр өргөжүүлэх шаардлагатай.

Талархал

Энэхүү өгүүллийг “Туул голын сав газрын экосистемийн үйлчилгээний төлбөр тогтоох шинжлэх ухааны үндэслэл боловсруулах” сэдэвт суурь судалгааны хүрээнд бичив. Судалгааны ажил гүйцэтгэх боломж гаргаж арга зүйн туслалцаа үзүүлсэн салбарын дарга, төслийн удирдагч, судлаач хамт олондоо болон Ус сувгийн удирдах газар, Ус цаг уур орчны судалгаа, мэдээллийн хүрээлэнгийн албан хаагчдад гүн талархал илэрхийлье.

Ашигласан ном, хэвлэл

1. Батсүх Н., 2006. Хээрийн гидрогеологи. Улаанбаатар, 81-89 хууд.
2. Батсүх Н., 1976. Газрын доорх усны горимын судалгааны одоогийн түвшин цаашдын зорилт. Хайгуулчин сэтгүүл. Улаанбаатар,
3. Долгорсүрэн Г., Чагнаа Н., Гантуул Ш., 2012. Туул голын сав газрын усны нөөцийн нэгдсэн менежментийн төлөвлөгөө боловсруулахад зориулсан судалгаан эмхтгэл. Улаанбаатар, 171-216 хууд.
4. Жанчивдорж Л., 2011. Туул гол: Экологийн өөрчлөлт, усны менежментийн асуудал. Улаанбаатар, 78-87 хууд.
5. Наранчимэг Б., Батдэмбэрэл Б., Адъяасүрэн Э., Гантөмөр Б., 2014. Улаанбаатар хотын усан хангамжийн төвийн эх үүсвэрийн газрын доорх усны мониторинг. Геологи сэтгүүл №29. Улаанбаатар, 111-116 хууд.
6. Өнөржаргал Д., 2011. Туул голын ай савын газрын доорх усны хувьсал өөрчлөлт. Монгол орны геоэкологийн асуудал. Улаанбаатар, 9-13 хууд.
7. Ус цаг уур, о. х. (2008-2014). “Цаг уурын мэдээ.” Цаг уурын сектор. Ус сувгийн удирдах газар. (2008-2014). “Ус олборлолтын мэдээ.”
8. Хауленбек А., 2006. ШУА-ийн Газарзүй – Геоэкологийн хүрээлэнгийн эрдэм шинжилгээний бүтээлд нийтлүүлэх материалыг хүлээн авах журам. Монгол орны геоэкологийн асуудал. Улаанбаатар, 280-284 хууд.
9. (Onset Computer Corporation), (2014). “HOBOWare User’s guide.” www.onsetcomp.com (SWS), S.W.S. (2010).”Product Manual.” www.swstechnology.com