

# The study of groundwater quality in northeastern soums of Sukhbaatar province

Enkhjargal Togtokh<sup>1,\*</sup>, Odsuren Batdelger<sup>1</sup>, Byambasuren Zorigt<sup>1</sup>, Gerel-Od  
Dashdondog<sup>1</sup>, Gan-Erdene Enkhbold<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Division of Water Resources and Water Utilization, Institute of Geography and Geoecology, Mongolian  
Academy of Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia.*

\*Corresponding author email: [enkhjargalt@mas.ac.mn](mailto:enkhjargalt@mas.ac.mn)

Received: 31 October 2022 / Accepted: 30 November 2022 / Published online: 29 December 2022

## ABSTRACT

In this study, we presented the geochemical characteristics of groundwater in the northern part of the Sukhbaatar province of Mongolia. A total of 24 groundwater samples were collected in 2021, and major ions and trace elements were analysed. As the result, hydro-chemical facies of groundwater in the study area consisted of 33.3% of Ca-HCO<sub>3</sub>, 45.81% of Na-HCO<sub>3</sub>, 12.51% of Na-Mg-HCO<sub>3</sub>, and 8.38% of mixed-HCO<sub>3</sub>. All study sites were categorized into fresh (41.7%), freshly (50%), and salty or high mineralization (8.3%), while in terms of hardness, they were categorized into soft (25%), softish (25%), moderately hard (33.3%), hard (8.3%), and very hard (8.3%). Among all study sites, 14 sites had 1.03-8.4 times higher concentrations of uranium (U 30.9-258 µg/l), 1 site had 1.1 times higher concentration of strontium (Sr 2202 µg/l), 19 sites had 1.05-1.92 times higher concentration of fluoride ion (F 1.57-2.88 mg/l), and 6 sites had 1.28-3.47 times higher concentration of nitrate ion (NO<sub>3</sub> 63.7-173.1 mg/l) than standards. 21 or 87.5% of the total samples did not meet the requirement of MNS 0900:2018 Drinking water standard “Environment, Health protection, and safety. Hygienic requirement, and quality and risk assessments” by one or several parameters. According to the analysis of the water-rock interactions processes using the Gibbs diagram, the groundwater occurred in a rock-dominated zone and its component was dependent on the geological formations and rocks of the environment.

**Keywords:** *Sukhbaatar province, Groundwater, Water quality*

## Сүхбаатар аймгийн зүүн хойд сумдын газрын доорх усны чанарын судалгаа

Энхжаргал Тогтох<sup>1,\*</sup>, Одсүрэн Батдэлгэр<sup>1</sup>, Бямбасүрэн Зоригт<sup>1</sup>, Гэрэлт-Од  
Дашдондог<sup>1</sup>, Ган-Эрдэнэ Энхболд<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Усны Нөөц, Ус Ашиглалтын Салбар, Газарзүй, Геоэкологийн Хүрээлэн, Шинжлэх Ухааны Академи,  
Улаанбаатар, Монгол

\*Холбоо барих зохиогчийн цахим хаяг: [enkhjargalt@mas.ac.mn](mailto:enkhjargalt@mas.ac.mn)

Хүлээн авсан: 2022 оны 10 сарын 31 өдөр / Зөвшөөрөгдсөн: 2022 оны 11 сарын 30 өдөр / Нийтлэгдсэн: 2022  
оны 12 сарын 29 өдөр

### ХУРААНГУЙ

Энэхүү өгүүлэлд Сүхбаатар аймгийн хойд хэсгийн газрын доорх усны геохимийн шинж чанарыг танилцуулав. 2021 онд газрын доорх усны нийт 24 сорьц авч, гол ион болон микроэлементүүдийн шинжилгээ хийсэн.

Судалгааны дүнгээс харахад тус судалгааны талбайд гидрохимийн шинж чанараараа 33.3% Ca-HCO<sub>3</sub>, 45.81% Na-HCO<sub>3</sub>, 12.51% Na-Mg-HCO<sub>3</sub>, 8.38% Холимог-HCO<sub>3</sub> гэсэн найрлагатай ус тархсан байна. Судалгаанд хамрагдсан нийт уст цэгийн 41.7% нь цэнгэг, 50% нь цэнгэгдүү, 8.3% нь давсархаг буюу их эрдэстэй ангилалд хамаарч байгаа бол хатуулгийн хувьд 25% нь зөөлөн, 25% нь зөөлөвтөр, 33.3% нь хатуувтар, 8.3% нь хатуу, 8.3% нь маш хатуу устай ангилалд тус тус хамаарч байна. Нийт уст цэгээс 14 уст цэгт ураны (U 30.9-258 мкг/л) агууламж стандартаас 1.03-8.4 дахин их, стронций (Sr 2202 мкг/л) 1 худгийн усанд 1.1 дахин их, фторын ион (F 1.57-2.88 мг/л) 19 уст цэгт 1.05-1.92 дахин их, нитратын ион (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 63.7-173.1 мг/л) 6 уст цэгт 1.28-3.47 дахин их тус тус илэрсэн байна.

Судалгаанд хамрагдсан уст цэгүүдээс 21 нь буюу 87.5% нь аль нэг юм уу хэд хэдэн үзүүлэлтээрээ “Хүрээлэн буй орчин, эрүүл мэндийг хамгаалах аюулгүй байдал. Ундны ус эрүүл ахуйн шаардлага, чанар, аюулгүй байдлын үнэлгээ” MNS 0900:2018 ундны усны стандартын шаардлага хангахгүй байна.

Ус чулуулгийн харилцан үйлчлэлийг Гибссийн диаграмм ашиглан тодорхойлоход газрын доорх ус нь чулуулаг давамгайлсан бүсэд оршиж байгаа ба гүний усны найрлага нь тухайн орчны геологийн тогтоц болон чулуулгаас хамаарч ус чулуулгийн харилцан үйлчлэлд ордог байна.

**Түлхүүр үгс:** Сүхбаатар аймаг, Газрын доорх ус, Усны чанар.

### 1. ОРШИЛ

Газрын доорх ус нь геологийн болон геохимийн үйл явцын онцгой ач холбогдол бүхий бүрэлдэхүүн хэсэг бөгөөд булгийн усыг тэтгэх, голын урсцын суурь хэсгийг бүрэлдүүлэх, нуур болон ус намгархаг орчныг тэтгэх зэрэг маш олон экологийн ач холбогдол бүхий үүрэгтэй байдаг [1]. Газрын доорх ус нь ялангуяа хуурай, хагас хуурай бүс нутагт хүний хэрэгцээг хангах усны гол эх үүсвэр бөгөөд бусад усны

эх үүсвэргүй үед тохиолдолд стратегийн чухал нөөц болдог [2]. Манай орны хувьд ашиглаж болох усны нөөц 36.4 км<sup>3</sup>, үүнээс газрын доорх усны нөөц 6.2 км<sup>3</sup> байдаг боловч нэг хүнд ногдох цэвэр усны хэмжээгээрээ хязгаарлагдмал нөөцтэй орны тоонд ордог. Манай орны ус хэрэглэгчид, ялангуяа төв суурин газрын усан хангамжийн эх үүсвэрт газрын доорх усыг ашигладаг бөгөөд нийгэм эдийн засгийн бүхий л салбаруудын үйл ажиллагаа газрын доорх усны нөөц, түүний боломжоос шууд хамаардаг. Гадаргын ус байхгүй газруудад малчид худгаас усаа авч ашигладаг, мөн газар тариалангийн усалгаа, уул уурхай болон жижиг дунд үйлдвэрлэлийн үйл ажиллагаанд газрын доорх усыг өргөнөөр ашиглаж байна.

Сүхбаатар аймгийн хэмжээнд худаг уст цэгийн судалгаа, шинжилгээ бусад аймгуудын нэгэн адил 1990-ээд оныг хүртэл төлөвлөгөөний дагуу хийгдэж, тухайн үеийн Усны бодлогын хүрээлэнгийн фондоод хадгалагдан, 1995-1996 онд мэдээллийн сан үүсгэж эмхэтгэсэн байдаг.

Сум, суурин газруудын байгалийн усны химийн найрлагыг бүс нутгийн хэмжээгээр судлах, хүн амын унд ахуйн, үйлдвэрлэлийн зориулалтаар хэрэглэх усны найрлагыг шинжлэн, чанарын шаардлага хангахгүй эрдэсжилт, хатуулаг ихтэй усыг цэнгэгжүүлэх, зөөлрүүлэх замаар байгалийн усыг зүй зохистой ашиглах технологийг боловсруулан, амьдралд нэвтрүүлэх, химийн чанар, найрлага сайтай цэнгэг, зөөлөн ус хэрэглэдэг хэрэглэгчдийн тоог нэмэгдүүлэх шаардлага байна. Мөн хүн амын ундны усны эх булгийг хамгаалах асуудал бол хүнийг урт удаан наслах, эрүүл энх байхын нэг үндэс болдог учраас хүн бүр аливаа өвчнөөс сэргийлэх ажлыг уух уснаасаа эхлэх ёстой. Хүний уух ус нь стандартын шаардлага хангасан, цэвэр ариун байвал эрүүл саруул амьдрах нөхцөл бүрдэнэ. Иймд Сүхбаатар аймгийн зүүн хойд сумдын унд, ахуйн хэрэгцээнд ашиглагдаж буй худгийн усны чанар, найрлага ямар төвшинд байгааг тодорхойлж, үнэлэлт, дүгнэлт өгөхийг зорьсон.

## 2. СУДАЛГААНЫ АРГАЗҮЙ

### 2.1. Хээрийн болон лабораторийн судалгааны аргазүй

Усны чанарын судалгааны хамгийн чухал процедур нь сорьцлолт юм. Бид хээрийн судалгаагаар сорьцлолтыг “Усны сорьцлолт тээвэрлэлт ISO5667-3:2015” стандартыг мөрдлөг болгон ажилласан. Хээрийн судалгаагаар усны температур, усны орчин рН, цахилгаан дамжуулах чадвар (ЦДЧ), нийт ууссан давс, булингар, исэлдэн ангижрах потенциал зэрэг үзүүлэлтүүдийг Nach Multiparameter (HANNA HI 98195) болон турбидитиметр зөөврийн багажаар хэмжиж тодорхойлсон. Усны үндсэн ионууд болох Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, мөн ерөнхий хатуулаг, исэлдэх чанар (ПИЧ) зэргийг титрийн аргаар, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Fe<sup>2+</sup> зэрэг ионуудыг фотометр (HI 833329) багажаар тодорхойлсон. Микроэлементийн шинжилгээг “SGS IMME” ХХК-ний лабораторид индукцийн холбоост плазмын масс спектрометрийн (ICP-MS) багажаар тодорхойлуулсан болно (Хүснэгт 1).

Хүснэгт 1. Усны шинжилгээний стандарт аргууд

Үзүүлэлтүүд	Нэгж	Стандарт арга
T°C	градус	MNS ISO 10523:2001
pH	-	MNS ISO 10523:2001
EC	µS/cm	MNS ISO 4810:99
TDS	ppm	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	мг/л	MNS 02:2005
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	мг/л	MNS ISO 6777:2001
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	мг/л	MNS ISO7890-3:2001
Ca <sup>2+</sup>	мг/л	MNS ISO 2572:1999
Mg <sup>2+</sup>	мг/л	MNS 4346:1991
Cl <sup>-</sup>	мг/л	MNS ISO 9297:2005
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	мг/л	MNS ISO 9280:2001
Fe <sup>2+</sup> Fe <sup>3+</sup>	мг/л	MNS ISO 4430:2005
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	мг/л	MNS 4425: 97
ПИЧ	мг/л	MNS ISO 4818:1999
Бичил элементүүдийг /53/ SGS-лабораторит тодорхойлох.		

Усыг эрдэсжилт, хатуулгаар нь ангилсан олон ангилал байдаг. Бид Оросын эрдэмтдийн ангилсан ангиллыг ерөнхийд нь баримтлан өөрийн орны стандарт, амьдралд нийцүүлэн ашигладаг дараах ангиллын дагуу ангилж, усны эрдэс, хатуулгийн зэрэгт үнэлгээ өгсөн (Хүснэгт 2).

**Хүснэгт 2.** Байгалийн усны эрдэсжилт, хатуулгийн ангилал

Эрдэсжилт, г/л		Хатуулаг, мг-экв/л	
Нэнцэнгэг	< 0.20	Маш зөөлөн	<1.50
Цэнгэг	0.21-0.50	Зөөлөн	1.51-3.00
Цэнгэгдүү	0.51-1.00	Зөөлөвтөр	3.01-5.00
Давсархаг	1.01-3.00	Хатуувтар	5.01-7.00
Давстай	3.01-7.00	Хатуу	7.01-9.00
Шорвог	>7.01	Маш хатуу	>9.01

Унд, ахуйд хэрэглэх газрын доорх усыг “Хүрээлэн буй орчин, эрүүл мэндийг хамгаалах аюулгүй байдал, Ундны ус эрүүл ахуйн шаардлага, түүнд тавигдах хяналт MNS 0900:2018 стандарт болон ДЭМБ-ийн зөвлөмж стандарттай харьцуулж үнэлгээ, дүгнэлт өгсөн (Хүснэгт-2) [4], [5].

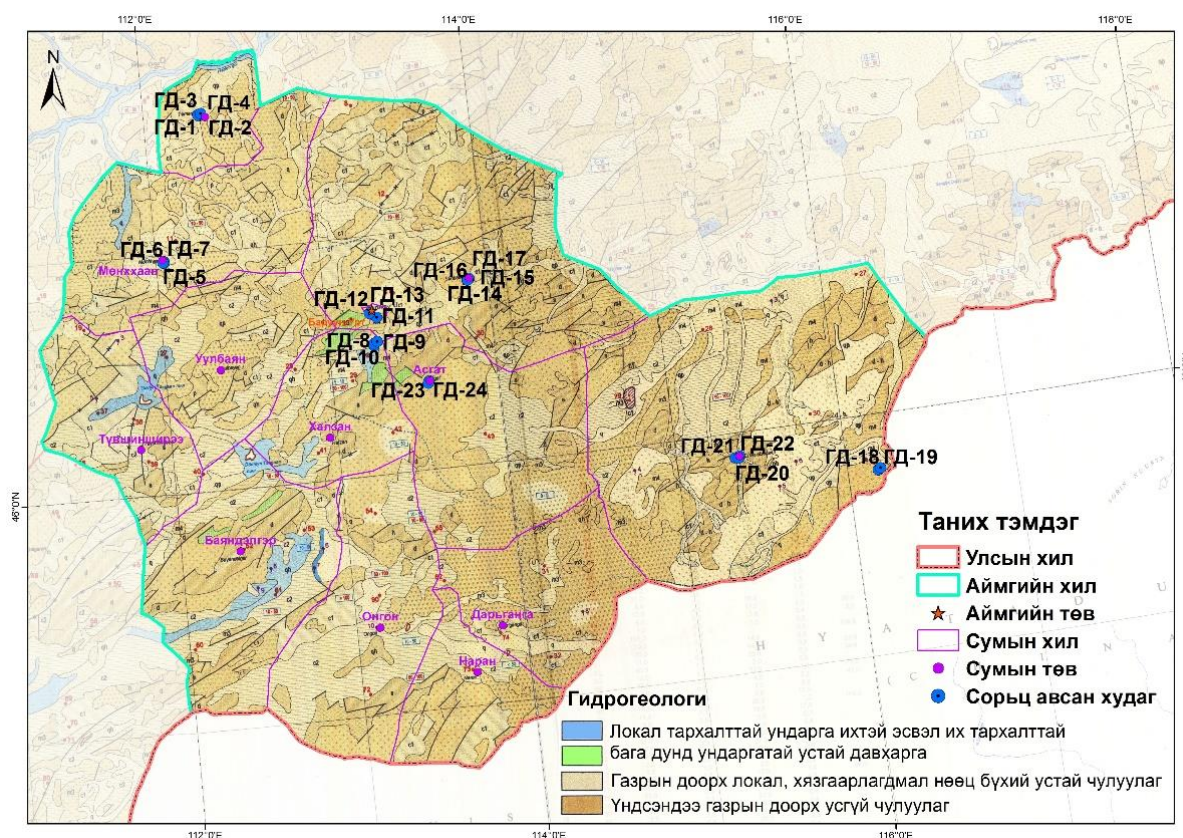
## 2.2. Судалгаа явуулсан талбай

Тус аймгийн нутгийн хилийн нийт урт 1340 км бөгөөд урд талаараа БНХАУ-тай 485 км, баруун талаараа Дорноговь аймагтай 165 км, хойд талаараа Хэнтий аймагтай 260 км, зүүн хойд талаараа Дорнод аймагтай 430 км газраар тус тус хиллэдэг. Аймгийн нутаг Дорнод Монголын тэгш талын өмнөд хэсгийн үргэлжлэл бөгөөд нийтдээ 82.3 мянган ам км газар нутагтай, тал хээрийн бүсэд багтдаг [3].

Гидрогеологийн нөхцөлийн хувьд доктор Н.Жадамбаа нарын Монгол орны гидрогеологийн 1: 1000 000 зургаас үзвэл үндсэндээ газрын доорх усгүй чулуулаг зонхилж тархсан, судалгаанд хамрагдсан Түмэнцогт, Мөнххаан, Сүхбаатар, Асгат, Эрдэнэцагаан сумдын ус хангамжийн худаг, Бичигтийн боомтын ус хангамжийн худагууд нь газрын доорх усны хязгаарлагдмал нөөц бүхий устай судаг бэлийн элс, хайрга, элсэнцэр, элсжин, зануужин, хөрзөн, нүүрс, шаваржин, хүчиллэг, дундаж хүчиллэг түрмэл болон бялхмал чулуулагт өрөмдөж гаргасан гол төлөв ан цав хагарлын устай [4].

Баруун-Урт хотын ус хангамжийн судалгааг У.Борчулуун, С.Ганхуяг нар эрэл, нарийвчилсан хайгуул гэсэн 2 үе шаттай гидрогеологийн судалгаа явуулж Шавдал овоо орчимд Монгол орны нөхцөлд анх удаа неогений гандуу эх газрын хурдас дотор өндөр бүтээмжтэй ус агуулагч бүрдэл байгааг илрүүлсэн байна[5].

Бид судалгааны ажлын хүрээнд Сүхбаатар аймгийн 6 сум (Баруун-Урт, Түмэнцогт, Мөнххаан, Асгат, Эрдэнэдалай, Сүхбаатар)-ийн төвийн хүн амын унд ахуйн төвлөрсөн ус хангамжийн худаг болон аж ахуйн нэгж байгууллага, иргэний унд ахуй, үйлдвэрлэлдээ ашиглаж буй өрөмдмөл болон гар худгаас нийт 24 сорьц авсан (Зураг 1).



Зураг 1. Сорьц авсан цэгүүдийн байршил

### 3. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

#### 3.1. Статистикийн дүн шинжилгээ:

Судалгааны талбайн газрын доорх усны физик-химийн голлох үзүүлэлтүүдээр хамгийн их, дундаж, стандарт хазайлтын утгыг тооцож Хүснэгт 3-д нэгтгэн харуулав. Судалгаанд хамрагдсан гүний худгуудын усны цахилгаан дамжуулах чанар нь хамгийн их хэлбэлзэлтэй 285-2620.0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , дундаж утга нь 944.75  $\mu\text{S}/\text{cm}$  байна. Судалгааны дүнгээс үзэхэд Түмэнцогт болон Мөнххаан сумын аллювийн хурдсан дахь усанд ЦДЧ нь харьцангуй бага (285-640  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) байгаа бол аймгийн төв болон зүүн чиглэлийн гүний худгийн усны ЦДЧ нь 965-2620.0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ -г хүрч байна. Тухайлбал, ГД 8-13, ГД-20, ГД-21, ГД-24 зэрэг 9 уст цэгт ЦДЧ-ын хэмжээ нь Монгол улсад мөрдөгдөж байгаа ундны усны стандартад заасан хэмжээнээс 1.3-2.6 дахин их, харин ГД-11 уст цэгийн цахилгаан дамжуулах чанарын утга 2620 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) буюу Дэлхийн Эрүүл Мэндийн зөвлөмж хэмжээнээс 1.75 дахин их байна (Хүснэгт 3).

Хүснэгт 3-аас харахад усны орчин буюу рН-ийн утга 7.01-7.84 хооронд хэлбэлзэж саармагаас сул шүлтлэг орчинтой, дундаж утга нь 7.56 байна. Шинжилгээний дүнгээр катионуудаас натрийн ион давамгайлж натри ( $\text{Na}^+$ ) 26.3-262.4 мг/л, дундаж утга нь 99.01 мг/л, кальци ( $\text{Ca}^{2+}$ ) 26.1-110.2 мг/л, дундаж утга нь 47.99 мг/л, магни ( $\text{Mg}^{2+}$ ) 8.5-126.5 мг/л, дундаж утга нь 34.75 мг/л тус тус агууламжтай байна. Анионуудаас гидрокарбонатын ион бүх тохиолдолд зонхилж ( $\text{HCO}_3^-$ ) 158.6-915 мг/л, дундаж утга нь 339.82 мг/л, хлор ( $\text{Cl}$ ) 7.1-266.3 мг/л, дундаж утга нь 77.01 мг/л, сульфат ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) 10.0-160 мг/л, дундаж утга нь 56.96 мг/л тус тус агууламжтай байна.

Ерөнхий хатуулгийн хэмжээ 2.1-15.8 мг-экв/л хооронд хэлбэлзэж, дундаж утга нь 5.25 мг-экв/л байна. Судалгааны дүнгээс харахад ГД-11, ГД-17 уст цэгүүдэд ерөнхий хатуулгийн хэмжээ нь усны стандартад заасан хэмжээнээс 1.08-2.26 дахин их, кальцийн агууламж нь ГД-11, ГД-18 уст цэгүүдэд стандартад заасан

хэмжээнээс ялимгүй их, харин ГД 8-14, ГД-17, ГД-18, ГД 20-24 зэрэг нийт 14 уст цэгүүдэд магнийн агууламж нь стандартад зааснаас 1.18-4.2 дахин их, ундны усны стандартын шаардлагад нийцэхгүй байна.

**Хүснэгт 3.** Газрын доорх усны гол ионуудын статистик үзүүлэлт (n=24)

Үзүүлэлтүүд	Хамгийн бага утга	Хамгийн их утга	Дундаж	Стандарт хазайлт	WHO 2011	MNS 0900:2018
pH	7.01	7.84	7.56	1.13	6.5-8.5	6.5-8.6
ТН, мг/л	2.10	15.80	5.25	2.88	7.0	7.0
ЕС, (µS/cm)	285.00	<b>2620.0</b>	944.75	527.91	1500	1000
TDS, (ppm)	157.00	<b>1440.0</b>	509.88	282.47	500	-
Ca <sup>2+</sup> , (мг/л)	26.10	<b>110.2</b>	47.99	24.32	75	100.00
Mg <sup>2+</sup> , (мг/л)	8.50	<b>126.5</b>	34.71	23.85	30	30.00
Na <sup>+</sup> , (мг/л)	26.30	<b>262.4</b>	99.01	70.41	200	200.00
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , (мг/л)	158.60	915.0	339.82	157.40		-
Cl <sup>-</sup> , (мг/л)	7.10	266.3	77.01	64.32	250	350.00
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , (мг/л)	10.00	160.0	56.96	39.06		500.00
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , (мг/л)	3.00	<b>173.10</b>	39.38	52.86		50.00
F, (мг/л)	0.96	2.88	1.96	0.55		0.7-1.5

### 3.2. Корреляцийн коэффициент

Гүний усны химийн найрлага нь Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> зэрэг гол катион, анионуудаар тодорхойлогддог. Цаг уурын процесс болон антропоген хүчин зүйлс нь газрын доорх усны геохимийн найрлагыг өөрчлөх гол хүчин зүйл болдог [6].

Судалгаанд хамрагдсан уст цэгүүдийн уран-физик химийн үзүүлэлтүүдийн корреляцийн хамаарлыг Хүснэгт 4-д үзүүлэв. Судалгааны дүнгээс харахад усны эрдэжилт (TDS) нь усны орчин /рН/-той сул хамааралтай, харин Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> зэрэг ионуудтай хүчтэй хамааралтай байна. Эдгээр голлох ионуудын агууламж нэмэгдэхэд эрдсийн хэмжээнд нөлөөлж байгаа нь харагдаж байна.

Усан дахь Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup> нь ерөнхий хатуулагтай маш хүчтэй хамааралтай буюу корреляцийн коэффициент нь Mg ион нь 0.944, Ca ион 0.845 байна. Cl<sup>-</sup> ион нь Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> ионуудтай хүчтэй хамааралтай, харин HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ион нь Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> ионуудтай r=0.929, r=0.863 буюу хүчтэй хамааралтай байна. Фторын ион нь усны орчин рН-тай r=-0.128 сөрөг хамааралтай байна.

Усан дахь ураны агууламж нь нийт хатуулаг, магни, гидрокарбонат, хлорын ионуудтай болон цахилгаан дамжуулах чанартай хүчтэй эерэг хамааралтай, усны орчинтой сул хамааралтай байна. Уран болон эрдэс хоорондоо эерэг хамааралтай байгаа нь усан дахь эрдэс бодисын уусалт хэдий чинээ их байна төдий чинээ ураны уусалт явагдах ба илрэх магадлал тодорхой хэмжээгээр нэмэгдэхийг харуулж байна (Хүснэгт 4).

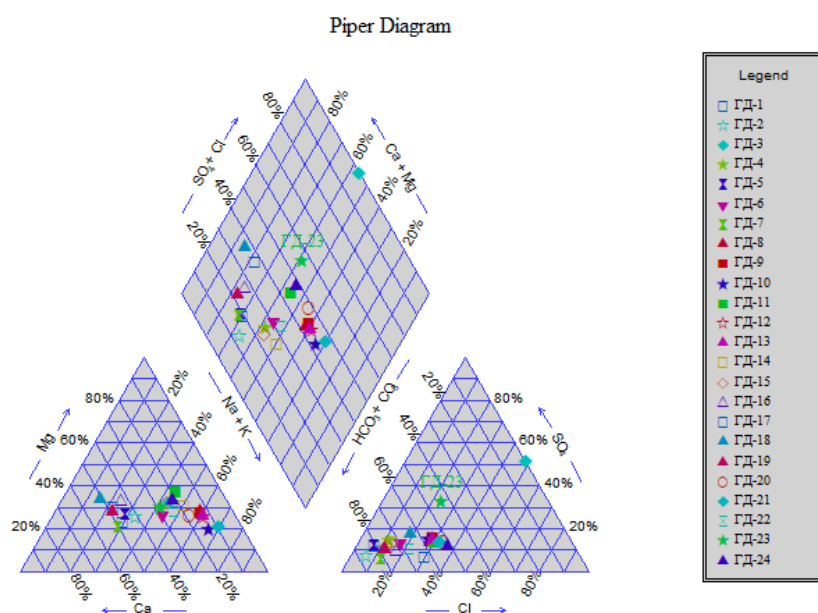
**Хүснэгт 4.** Физик-химийн үзүүлэлтүүдийн хоорондох Пирсоны корреляцийн хамаарал.

	ТН	pH	ЕС	TDS	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	F	U
ТН	1											
pH	0.132	1										
ЕС	0.842**	0.139	1									
TDS	0.877**	0.142	0.996**	1								
Ca <sup>2+</sup>	<b>0.845**</b>	0.166	0.482	0.539**	1							
Mg <sup>2+</sup>	<b>0.944**</b>	0.091	0.936**	0.952**	0.620	1						
Na <sup>+</sup>	0.550**	0.115	0.910**	0.880**	0.090	0.751**	1					
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.820**	0.123	0.941**	0.938**	0.441	<b>0.929**</b>	<b>0.863**</b>	1				
Cl <sup>-</sup>	0.767**	0.139	0.987**	0.976**	0.373	<b>0.893**</b>	<b>0.946**</b>	0.911**	1			
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.696**	0.064	0.853**	0.847**	0.355	0.801**	0.803**	0.800**	0.842**	1		
F	0.405*	-0.128	0.565**	0.560**	0.084	0.542**	0.593**	0.587**	0.553**	0.395	1	
U	<b>0.866**</b>	0.069	<b>0.842**</b>	<b>0.858**</b>	0.536*	<b>0.937**</b>	0.685**	<b>0.917**</b>	0.796**	0.742**	0.520*	1

### 3.3. Гидрохимийн шинж чанар

Гурвалсан диаграммаас (Piper 1944; Зураг 2) харахад судалгааны талбайд  $\text{Ca}[\text{HCO}_3]$ ,  $\text{Na}[\text{HCO}_3]$ ,  $\text{Na}[\text{Mg}]\text{HCO}_3$ ,  $\text{X}[\text{HCO}_3]$  гэсэн найрлагатай ус тархсан гидрогеохимийн фацийг харуулж байна. Силикат өгөршлийн давамгайлал ба ус, чулуулгийн харилцан үйлчлэл нь гүний усан дахь үндсэн ионы агууламжийг нэмэгдүүлэх үндсэн хүчин зүйл болдог гэж үздэг. Газрын доорх усны гол катионы хувьд  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ -ийн өндөр агууламж нь монтморилонит, иллит, хлорит зэрэг шаварлаг эрдэс бодисуудтай холбоотой байдаг. Гүний усанд агуулагдах кальци, магнийн ионууд нь ялангуяа шохойн чулуу, доломит, гипс, ангидрит, харин кальцийн ионууд нь мөн катион солилцооны процессоос үүсдэг [7].

Пайпер диаграммаас харахад химийн бүрэлдэхүүний хувьд анионуудаас бүх тохиолдолд гидрокарбонатын ион дангаараа зонхилж, анионы харьцаа  $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$ , катионуудын хувьд 8 худгийн ус нь кальцийн ион давамгайлсан, катионы харьцаа  $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+}$  гэсэн найрлагатай, 1, 3 -р төрлийн устай, чанарын хувьд цэнгэгээс цэнгэгдүү (эрдэжилт 247-764 мг/л), хатуулгийн хувьд зөөлнөөс маш хатуу (хатуулаг 2.1-9.10 мг-экв/л) устай, 14 худгийн ус нь натрийн ион давамгайлсан, катионы харьцаа  $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$ , 1, 2-р төрлийн устай, чанарын хувьд цэнгэгээс давсархаг (эрдэжилт 378-1924 мг/л), хатуулгийн хувьд зөөлнөөс маш хатуу (хатуулаг 2.75-15.8 мг-экв/л) устай байна. Харин Асгат болон Сүхбаатар сумын ус нь химийн бүрэлдэхүүнээр гидрокарбонатын ион дангаараа зонхилж анионы харьцаа  $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$ , катионы хувьд бүгд ойролцоо холимог бүлгийн, 1, 2-р төрлийн устай, цэнгэгээс цэнгэгдүү (эрдэжилт 466-660 мг/л), хатуулгийн хувьд зөөлнөөс хатуувтар (3.6 ба 5.9 мг-экв/л) устай байна (Зураг 2).



Зураг 2. Уст цэгүүдийн усны химийн бүрэлдэхүүн (Piper diagram)

### 3.4. Микроэлемент болон бусад бохирдол

Судалгаанд хамрагдсан гүний худгийн усанд хүнд металл болон микроэлементийн шинжилгээг 53 үзүүлэлтээр тодорхойлсон ба шинжилгээний дүнгээс харахад хүнцэл, бари, молибден, никель, стронций зэрэг элементүүд илэрсэн боловч Ундны усны MNS 0900:2018 стандартын шаардлагыг хангаж байна. Харин зарим уст цэгүүдэд тухайлбал, нийт 14 худгийн усанд (ГД 8-14, ГД 18-24) уран 30.9-258 мкг/л, 1 худгийн усанд (ГД-11) стронцийн агууламж 2202 мкг/л тус тус илэрсэн нь стандартад заасан хэмжээнээс 1.11 дахин их байна. Шинжилгээний дүнгээс харахад ГД-11, ГД-12, ГД 16-18, ГД-20, ГД-24 зэрэг 6 уст цэгүүдэд нитратын агууламж нь ундны усны стандартад заасан хэмжээнээс 1.28-3.47 дахин их илэрсэн,

нитратын бохирдолт ихтэй байна. Мөн судалгаанд хамрагдсан 24 уст цэгээс 19 уст цэгүүдэд фторын ион стандартаас 1.04-1.92 дахин их илэрсэн байна.

Судалгаанд хамрагдсан газрын доорх усанд  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Bi}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{238}\text{U}$  зэрэг цацрагийн аюулгүйн үзүүлэлтүүдийг тодорхойлоход радоны агууламж (110-206 Бк/л) нь 5 уст цэгт (ГД-2, ГД-11, ГД-14, ГД-21, ГД-24) стандартад заасан хэмжээнээс 1.1-2.06 дахин их илэрсэн байна.

### 3.5. Ус, чулуулгийн харилцан үйлчлэл

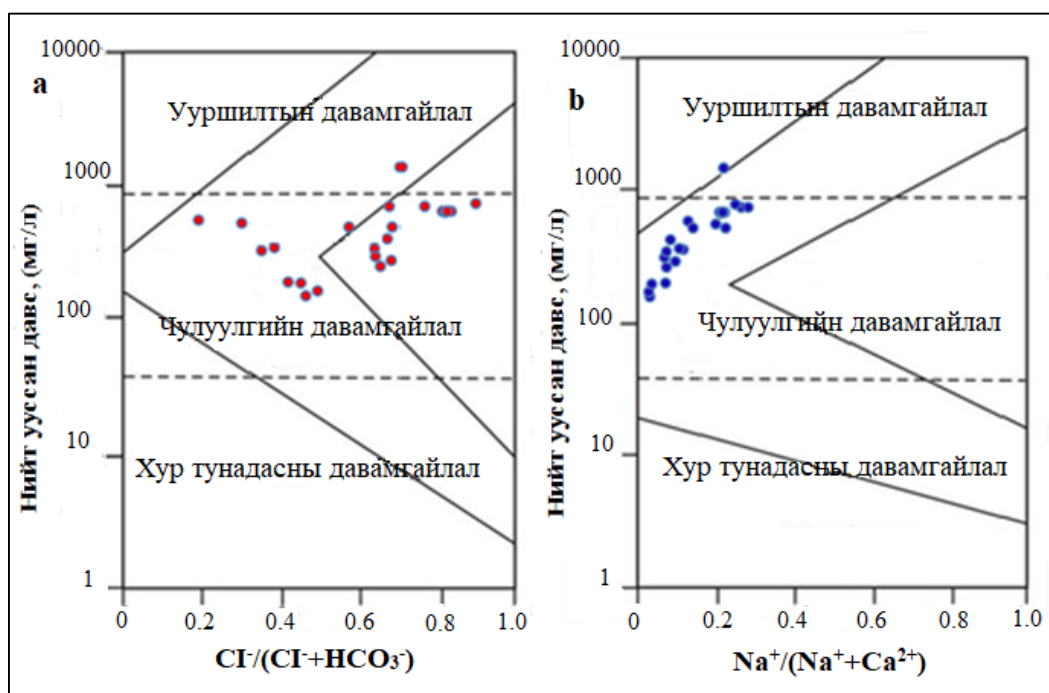
Газрын доорх усны байгалийн химийн найрлага бүрэлдэн тогтох нь ус агуулагч чулуулгийн литологи-петрографийн бүрэлдэхүүнээс хамаардаг. Газрын доорх усны чанар нь цаг уур болон антропогены нөлөөгөөр мэдэгдэхүйц өөрчлөгддөг. Гиббсийн диаграмм нь газрын доорх усны гидрохимийн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг хянах механизм, тэдгээрийн хоорондын харилцан холбоог тодорхойлоход ашигладаг. Гиббсийн диаграммыг нийт ууссан давсны утгыг давамгайлсан катионуудын харьцаа  $[\text{Na}^+(\text{Na}^+\text{+Ca}^{2+})]$  болон анионууд  $[\text{Cl}^-(\text{Cl}^-\text{+HCO}_3^-)]$ -гай харьцуулж гаргадаг [8].

Диаграммд дээрээс доош чиглэлд ууршилт, чулуулаг, хур тунадас гэсэн гурван механизмын мужид хуваагддаг бөгөөд ус чулуулгийн харилцан үйлчлэл нь газрын доорх усны химийн найрлагыг хянах гол хүчин зүйл болохыг харуулдаг[8].

Судалгаанд хамрагдсан гүний худгуудын химийн шинжилгээний дүнгээр Гиббсийн диаграмм байгуулан Зураг 3-д үзүүлэв. Уг диаграммаас харахад гүний худгуудын ус нь бүгд чулуулаг давамгайлсан мужид оршиж байна. Эндээс харахад судалгаанд хамрагдсан уст цэгүүдийн ихэнх ус нь ус чулуулгийн харилцан үйлчлэлд орж усны бүтэц, химийн найрлага тухайн орчны геологийн тогтоц болон чулуулгаас хамаарч байгааг харуулж байна.

$$\text{Gibbs ratio I (анион)} = \text{Cl}^- / (\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-)$$

$$\text{Gibbs ratio II (катион)} = \text{Na}^+ + \text{K}^+ / (\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Ca}^{2+})$$



Зураг 3. Гүний худгуудын усны анион болон катионы Гиббсийн диаграмм

## 4. ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Тус аймгийн газрын доорх ус ихэнхдээ эрдэжилт, хатуулаг ихтэй, хатуулаг дотроо магнийн ион зонхилсон, азотын төрлийн ион их, төмрийн ионоор баяжсан ундны усны стандартаас их байх тохиолдол харьцангуй элбэг байдаг [9]. Урьд өмнө хийгдсэн химийн шинжилгээний дүнгээс харахад (1984, 1990,



2000, 2010-2020 он) Сүхбаатар аймгийн судалгаанд хамрагдсан газрын доорх ус нь чанарын хувьд ихэнх хэсэгтээ цэнгэгдүү, хатуулаг дотроо магнийн ион зонхилсон, хатуувтраас хатуу устай байна [10]. Тухайлбал: Баруун-Урт сумын төвийн худгийн ус нь цэнгэгдүү-давсархаг (814-1869 мг/л), зөөлнөөс маш хатуу (4.2-15.8 мг-экв/л) устай, Эрдэнэцагаан болон Сүхбаатар сумын нутагт орших худгийн усны эрдэсжилтийн хэмжээ нь ихэнх хэсэгтээ харьцангуй өндөр, цэнгэгээс давсархаг (337-1856 мг/л), хатуулгийн хувьд зөөлөвтрөөс маш хатуу (4.2-10.95 мг-экв/л) устай байхад Асгат сумын газрын доорх ус нь чанарын хувьд цэнгэгдүү (528-771 мг/л), зөөлнөөс хатуувтар (2.7-5.5 мг-экв/л) устай байна. Мөнххаан сумын газрын доорх ус нь чанарын хувьд цэнгэгээс цэнгэгдүү (306-735 мг/л), зөөлнөөс хатуу (2.65-8.15 мг-экв/л) устай байна. Харин Түмэнцогт сумын газрын доорх худгийн ус нь чанарын хувьд цэнгэг (308-468 мг/л), зөөлнөөс (3.5-4.2 мг-экв/л) устай байгаа нь бидний судалгааны ажлын үр дүнтэй нийцэж байна [3], [10].

Х.Цоохүү, Н.Тэгшбаяр, О.Болормаа нарын судалгааны дүнгээр Сүхбаатар аймгийн Эрдэнэцагаан сум усны фторын ион нь 3.51 мг/л, Сүхбаатар сумын усны 3.12 мг/л, судлаач Ц.Буухүүгийн “БНМАУ-ын хүн амын унданд хэрэглэж байгаа усан дахь фторын агууламж” бүтээлд дурдсанаар Сүхбаатар аймгийн Баруун урт суманд фторын агууламж 2.1-2.9 мг/л, Усны бодлогын хүрээлэнгийн судлаач А.Баатархүү, Л.Мягмарсүрэн, Д.Гэрэлчулуун (1991) нарын “Монгол орны зүүн өмнөд регионы газрын доорх усны фторын агууламж, түүний тархалтын онцлог” судалгааны ажилд тэмдэглэсэнээр Баруун-Урт сум фтор 1.8-2.9 мг/л, Сүхбаатар сум 2.5-3.2 мг/л, Эрдэнэцагаан сум 2.9 мг/л тус тус илэрсэн нь тухайн бүс нутгийн газрын доорх усанд фторын агууламж өндөр тархалттай байгааг харуулж байгаа ба энэ нь бидний судалгаа шинжилгээний үр дүнтэй дүйж байна. Газрын доорх ус фтороор баяжихад нөлөөлөх гол хүчин зүйлийн нэг нь геологийн тогтоц бөгөөд хайлуур жоншны эрдсүүд газрын доорх усны фторын агууламжид голлох нөлөөг үзүүлдэг. Манай орны төв болон дорнод хэсэгт хайлуур жоншны ордууд байх ба тэдгээрийг нийтэд нь Дорнод Монголын флюоритийн бүслүүр гэж нэрлэдэг. Уг судалгааны талбай нь энэхүү Дорнод Монголын флюоритийн бүслүүрт хамаардаг учир газрын доорх усанд фтор илэрсэн гэж үзэж байна [11].

Түүнчлэн доктор Н.Тэгшбаярын 2020 онд “Монгол орны ундны усан дахь ураны судалгаа” сэдэвт физикийн ухааны докторын зэрэг горилсон бүтээлд Монгол улсын ундны усан дахь ураны хэмжээ дэлхийн бусад орнуудаас 3-7 дахин их байгааг дурдсан байна. Тухайлбал: Сүхбаатар аймгийн усан дахь уран Монгол улсын хэмжээнд 2-р байранд ордог байна. Сүхбаатар аймгийн Эрдэнэцагаан сумын 2-р багийн худгийн усанд 67 мкг/л, Баруун-Урт хотын 135-ийн А, Б, В худгуудын усанд уран харгалзан 53 мкг/л, 49 мкг/л, 63 мкг/л, Асгат суманд 56 мкг/л, Сүхбаатар суманд 46 мкг/л, Түмэнцогтод 32 мкг/л гэж бүртгэгдсэн байна [12], [13]. Бидний судалгаагаар Сүхбаатар аймгийн зарим худгуудын усанд уран (30.9-258 мкг/л) илэрч байгаа нь тус аймгийн ихэнх хэсэг нь Монгол-Аргун орчмын уран агуулсан их мужийн Зүүн говийн ураны хүдрийн потенциал дүүрэгт хамаарах ба энэ дүүрэгт Өлзийтийн уран агуулсан сав газар оршдогтой холбоотой. Мөн Сүхбаатар аймгийн нутгийн баруун хойд талаар орших хүрэн нүүрс агуулсан сав газруудыг хамардагтай холбоотойгоор усанд уран илэрсэн гэж үзэж байна. Уран нь газрын гадаргуугийн дээд хэсэгт исэлдэх төлөв байдалтай нөхцөлд сайн шилждэг ба исэлдэлттэй орчинд чөлөөт  $O_2$ -ийн үйлчлэлээр анхдагч болон хоёрдогч минералууд газрын доорх усанд шилждэг. Түүний үр дүнд болон хүдрийн орд газрын орчимд газрын доорх усаар угаагдаж уранаар болон радоноор баяжсан усны бөөгнөрөл бий болдог байна [14]. Гүний ус нь ус чулуулагтай харилцан үйлчлэлцэж төрөл бүрийн эрдэс, минерал ураны исэл давсыг уусган авна.

Дээрх судалгааны дүнгээс харахад Монгол улсад ундны усны ураны агууламжийг тодорхойлох, цаашид хүн амын эрүүл мэндийн нөлөөг судлах зайлшгүй шаардлага байна.

## 5. ДҮГНЭЛТ

Сүхбаатар аймгийн **Мөнххаан сумын** ус хангамжийн эх үүсвэрийн худгууд нь ундны усны стандартын шаардлага хангаж байгаа учир ямар нэгэн төхөөрөмж суурилуулах шаардлагагүй, харин **Түмэнцогт сумын** хувьд химийн үндсэн үзүүлэлтүүд нь стандартын шаардлага хангаж байгаа боловч эх үүсвэрийн 2 худгийн усанд радон илэрсэн учир усыг аль болох задгай санд байршуулж задрал явуулах хэрэгтэй. **Баруун-Урт, Асгат, Эрдэнэцагаан сумдын** хүн амын унданд, ахуйд хэрэглэж байгаа ихэнх уст цэгүүд нь чанарын шаардлага хангахгүй байгаа учир сумын төв тус бүрд голлон хэрэглэж байгаа ядаж нэг худагт **Мембран түүнтэй адилтгах шүүлтүүр бүхий усны чанарыг сайжруулах төхөөрөмж суурилуулж**, байнгын ажиллагаанд оруулж хэрэглэгчдийн эрүүл мэндийг хамгаалах шаардлагатай байна. **Бичигтийн**

**боомтын** худагт мөн мембран шүүлтүүр тавих шаардлагатай, харин Гаалийн ажилчдын худаг харьцангуй чанарын шаардлага хангаж байна. Гэхдээ ураны агууламжийг хянаж байх шаардлагатай. **Сүхбаатар сумын** хувьд Зүүн худгийн ус нь бусад худгаасаа илүү чанартай байгаа учир энэ худгаас унд ахуйдаа түлхүү хэрэглэж байхыг зөвлөж байна. Эмнэлгийн болон Цэцэрлэгийн усанд бохирдол ихээр илэрсэн учир бохирдлыг багасгах бүх талын арга хэмжээг авах шаардлагатай. Ихэнх сумдын ус нь фторын ионы хэмжээ стандартад зааснаас их байгаа тул хэрэглэгчид аль болох фторжуулсан бүтээгдэхүүн (фторжуулсан оо зэрэг) бага хэрэглэхийг зөвлөж байна. Сүхбаатар аймгийн судалгаанд хамрагдсан сумдын 24 сорьцоос 4-т нь (16.6%) нь бичил амь судлалын үзүүлэлтүүд болох нийт нянгийн тоо, гэдэсний бүлгийн нийт нянгийн тоо стандартаас давсан буюу илрэх ёсгүйгээс илэрсэн тул ариутгал халдваргүйжүүлэлт тогтмол хийж байх шаардлагатайг харуулж байна. Халдваргүйжүүлэх хамгийн энгийн арга нь “буцалгаж хэрэглэх” юм.

## ТАЛАРХАЛ

Энэхүү судалгааны ажлыг хамтран хийсэн, санхүүжүүлсэн “Хот, суурины ус хангамж, ариутгах татуургын ашиглалт, үйлчилгээг зохицуулах зөвлөл”-ийн хамт олонд талархсанаа илэрхийлье.

## АШИГЛАСАН НОМ, ХЭВЛЭЛ

- [1] Байгаль орчин, ногоон хөгжлийн яам, “Улсын усны нөөцийн нэгдсэн менежментийн төлөвлөгөө боловруулахад зориулсан судалгааны эмхэтгэл”, Хоёрдугаар дэвтэр, Улаанбаатар, 2012.
- [2] Adam Ricka, et al., “Identifying the flow pattern and natural recharge at a strategic groundwater resource in the Dornogobi Province, Mongolia”, *Hydrological Sciences Journal*, Vol. 63, No. 9, 1408–1423, Accepted 18 June 2018. Available: <https://doi.org/10.1080/02626667.2018.1511053>
- [3] Хот, суурины ус хангамж, ариутгах татуургын ашиглалт үйлчилгээг зохицуулах зөвлөл, ШУА-ийн Газарзүй, Геоэкологийн хүрээлэн. “Сүхбаатар аймгийн төв болон сум, суурин газрын ундны усны чанарын судалгаа, усны чанарын судалгаа, дүгнэлт, зөвлөмж” “Гарьд Дизайн” хэвлэх үйлдвэр, 2021.
- [4] Н. Жадамбаа, (Геологи эрдэс баялгийн хүрээлэн), Монголын гидрогеологийн зураг 1: 1000 000, Улаанбаатар 1996.
- [5] Н. Жадамбаа, Монголын геологи ба ашигт малтмал VIII-р боть Гидрогеологи, Улаанбаатар 2009.
- [6] H. Wu, J. Chen, H. Qian, X. Zhang, “Chemical characteristics and quality assessment of groundwater of exploited aquifers in Beijiao water source of Yinchuan, China: A case study for drinking, irrigation, and industrial purposes”. *Hindawi Publishing Corporation Journal of Chemistry*, p.1-14, 2015. Available: <https://doi.org/10.1155/2015/726340>
- [7] Dashdondog Gerelt-Od<sup>1\*</sup>, Togtokh Enkhjargal<sup>1</sup>, Zorigt Byambasuren<sup>1</sup> and Ganbold Dagvasuren<sup>2</sup>. “Physicochemical characterization of drinking water from borehole wells in Ulaanbaatar city, Mongolia”. *Proceedings of the Mongolian Academy of Sciences*, p. 23-34, Vol. 61 No 02 (238) 2021 DOI: <https://doi.org/10.5564/pmas.v61i2>. Available: <https://doi.org/10.5564/pmas.v61i2.1757>
- [8] R. J. Gibbs. “Mechanism controlling world water chemistry”. *Science*. 170, p.1088-1090, 1970. Available: <https://doi.org/10.1126/science.170.3962.1088>
- [9] Монголын гидрогеологичдын холбоо. “Хэрлэн голын сав газрын усны нөөцийн нэгдсэн менежментийн төлөвлөгөө”, Улаанбаатар, 2016.
- [10] “Усны шинжилгээний нэгтгэсэн дүнгийн материал”, ШУА-Геоэкологийн хүрээлэн, Улаанбаатар, 2009-2018.
- [11] А. Баатарсүх, Л. Мягмарсүрэн, Д. Гэрэлчулуун, “Монгол зүүн өмнөд регионы газрын доорх усны фторын агууламж түүний тархалтын онцлог”. Усны бодлогын Хүрээлэн, Улаанбаатар, 1991.
- [12] Н. Тэгшбаяр, “Монгол орны ундны усан дахь ураны судалгаа”. Улаанбаатар, 2020, х.39-95.
- [13] Х. Цоохүү, О. Болормаа, Н. Тэгшбаяр, “Монгол орны ундны усны ураны судалгаа”, МУИС -ийн Эрдэм шинжилгээний бичиг, №25 (487), х.116 -132, 2017 он.
- [14] John D. Hem., “Study and Interpretation of the chemical characteristics of Natural water” 1985. U.S Geological survey water supply paper. p.148 Available: <https://doi.org/10.3133/wsp2254>
- [15] WHO, (2011). WHO guidelines for drinking-water quality, 4th Ed. World Health Organization, Geneva.