

Surface water quality near the Erdenet mining area

Odsuren Batdelger^{1,*}, Gerelt-Od Dashdondog¹ Byambasuren Zorigt¹, Munkhtur Batsukh

¹*Division of Water Resources and Water Utilization, Institute of Geography and Geoecology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia*

**Corresponding author email: odsurenb@mas.ac.mn*

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

ABSTRACT

This study presented the geochemical characteristics of surface water in the Khangal river basin near the Erdenet mining area of Mongolia, aiming to study the spatiotemporal hydrochemical characteristics and evaluate the water quality. A total of 20 surface water samples were collected during the summer (June) and fall (September) seasons of 2021 and major ions and pollution indicators were analyzed. 83.3% of all samples were dominated by sulphate ions, of which 50% were sulphate-calcium and 33.3% were sulphate-calcium-magnesium type water. The results of major ions presented spatial and temporal differences. Electrical conductivity (EC) values of the Erdenet and Khangal river were increasing gradually with distance, especially after mixing with wastewater discharges (from the south side) at the Erdenet-3 site and tailing pond seepage water at the Khangal river-1, 2 sites, providing clear evidence of anthropogenic impacts. The water of the Erdenet and Khangal rivers had relatively high mineralization and hardness compared to other rivers in Mongolia, and the class and group were different or sulphate-class predominance. According to the research conducted in recent years, the amount of mineralization and hardness of the Khangal river water increased compared to 46 years ago or before the start of the industry's operation, the mineralization increased by 2.05 times in 2021, and the chemical composition was changed. Nitrite nitrogen, which is a domestic pollutant, was found relatively high (0.28-0.3 mg/l) in the samples taken from the Erdenet River-3 site, and this was 4.2 times higher than the MNS 4586:1998 standard, and classified as "highly polluted" compared to the Surface Classification Norm. Altanbulag's water had high mineralization, hardness, and sulphate ion predominance, which may be related to natural origin, but the sudden increase in these parameters indicated a significant influence from tailing pond seepage water. Based on the results, recommendations on how to prevent river water pollution were made and measures to be taken were included. The findings of the study could be useful for water quality management of the basin.

Keywords: *Hydrochemistry, Khangal River, Mineralization, Hardness.*

Уулын баяжуулах Эрдэнэт үйлдвэрийн районы гадаргын усны чанар

Одсүрэн Батдэлгэр^{1,*}, Гэрэлт-Од Дашдондог¹, Бямбасүрэн Зоригт¹, Мөнхтөр
Батсүх¹

¹Усны Нөөц, Ус Ашиглалтын Салбар, Газарзүй, Геоэкологийн Хүрээлэн, Шинжлэх Ухааны Академи,
Улаанбаатар, Монгол

*Холбоо барих зохиогчийн цахим хаяг: odsuren@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 судалгаа нь Эрдэнэт үйлдвэр орчмын Хангал голын сав газрын гадаргын усны геохимийн шинж чанар, түүний орон зай болон цаг хугацааны өөрчлөлтийг судлах, усны чанарыг үнэлэх зорилготой. Нийт 20 гадаргын усны сорьцыг 2021 оны зун (6-р сар) болон намар (9-р сар) 2 удаагийн давтамжтай цуглуулсан ба гол ионууд болон бохирдлын үзүүлэлтүүдийг шинжилсэн. Нийт дээжийн 83.3%-д сульфатын ион зонхилж, үүнээс 50% нь сульфат-кальци, 33.3% нь сульфат-кальци-магнийн найрлагатай байв. Гидрохимийн судалгааны үр дүн нь цаг хугацаа болон орон зайн өөрчлөлтийг харуулж байсан ба Эрдэнэт болон Хангал голын усны цахилгаан дамжуулах чадвар нь урсгалын дагуудаа аажмаар нэмэгдэж байв. Ялангуяа Эрдэнэт-3 цэгт урд уулнаас саарал өнгөтэй хаягдал ус, Хангал-1,2 цэгт хаягдлын далангийн шүүрлийн ус тус тус нийлсний дараа цахилгаан дамжуулах чадвар нэмэгдэж байгаа нь антропоген хүчин зүйлийн нөлөөг илтгэж байна. Эрдэнэт болон Хангал голуудын ус нь Монгол орны бусад голуудаас харьцангуй өндөр эрдэсжилт, хатуулагтай байгаагийн гадна анги, бүлэг төрлийн хувьд өөр буюу сульфатын ангийн байна. Сүүлийн жилүүдэд хийсэн судалгаагаар Хангал голын усны эрдэсжилт, хатуулгийн хэмжээ нэмэгдэж байгаа бөгөөд 46 жилийн өмнөх буюу үйлдвэрийн үйл ажиллагаа эхлэхээс өмнөх үетэй харьцуулахад эрдэсжилт 2021 онд 2.05 дахин нэмэгдэж, химийн бүрэлдэхүүнд өөрчлөлт орсон байв. Эрдэнэт гол-3 цэгээс авсан сорьцод ахуйн бохирдолт болох нитритийн азот харьцангуй өндөр илэрч (0.28-0.3 мг/л), MNS 4586:1998” стандартаас 4.2 дахин их, ГУЦЗАН-той харьцуулахад “Их бохирдолттой” гэсэн ангилалд орж байна. Алтанбулагийн ус нь өндөр эрдэсжилт, хатуулагтай, сульфатын ион давамгайлсан байгаа нь байгалийн гаралтай байх талтай ч эдгээр үзүүлэлтүүд огцом нэмэгдсэн нь хаягдлын сангийн усны нөлөөлөл их байгааг илтгэж байна.

Судалгааны үр дүн дээрээ үндэслэн хэрхэн голын усыг бохирдуулахгүй байх талын зөвлөмж өгч, авч хэрэгжүүлэх арга хэмжээг тусгасан.

Түлхүүр үгс: Гидрохими, Хангал гол, Эрдэсжилт, Хатуулаг.

1. ОРШИЛ

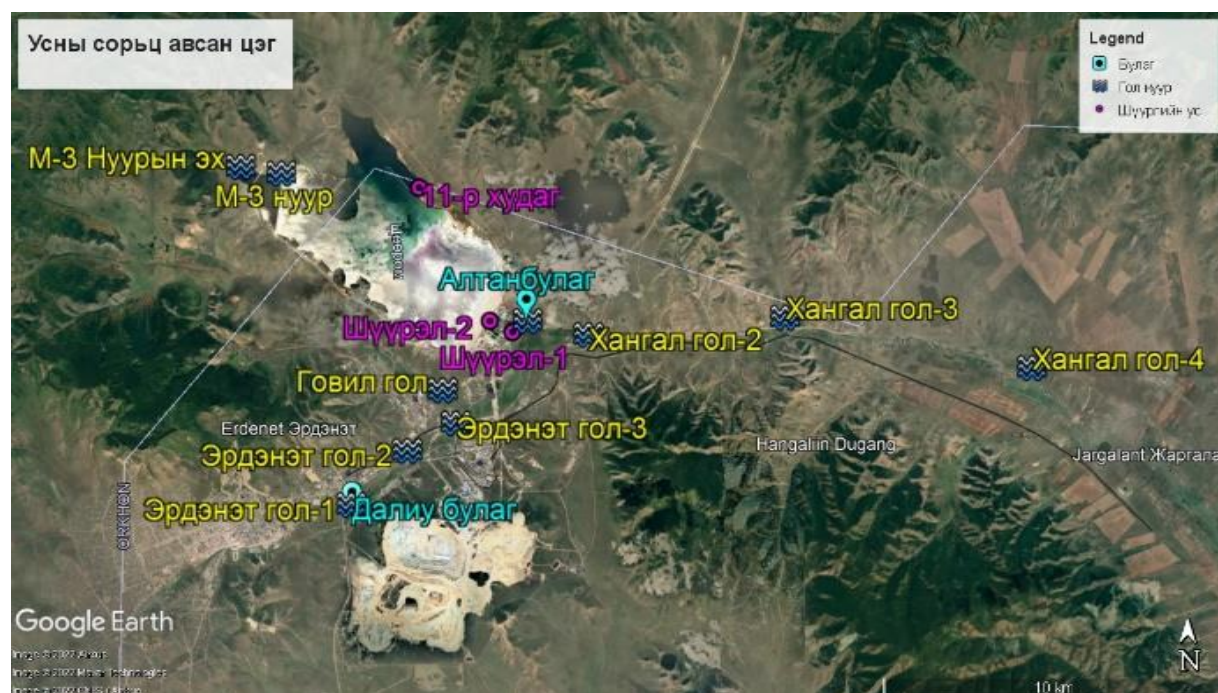
Хуурай болон хагас хуурай бүс нутгуудад уур амьсгалын өөрчлөлттэй холбоотой хур тунадас багасах, усны хэрэгцээ нэмэгдэх, гадаргын усны бохирдол зэргээс үүдэлтэйгээр устай холбоотой олон асуудлууд үүсдэг. Мөн эдгээр бүс нутгуудад тогтвортой усны нөөцийн нэгдсэн менежмент дутагдалтай байдаг. Усны

бохирдлын гол эх үүсвэрүүдэд ахуйн болон үйлдвэрийн хаягдал ус, хөдөө аж ахуйн урсац, борооны ус, хотын урсац ордог [1]-[3]. Ялангуяа, цэвэршүүлсэн болон цэвэршүүлээгүй ахуйн болон үйлдвэрийн бохир уснаас гаралтай олон төрлийн бохирдуулагч бодисууд усанд тэр дундаа голын экосистемд нөлөөлдөг. Хөдөө аж ахуй, хот суурин газраас гаралтай цэгэн бус бохирдлын эх үүсвэрүүд нь мөн усны чанарт ихээхэн нөлөөлдөг ба эдгээрийн нөлөөллийг тодорхойлох болон тооцоолоход хүндрэлтэй байдаг [4]-[6].

Эрдэнэт гол Говилын голтой нийлж Хангал голыг үүсгэдэг бөгөөд Эрдэнэт хот болон Эрдэнэт үйлдвэрийн дундуур урсахдаа ихээхэн ачаалалд өртдөг гол юм. Голын эхэн хэсэг болох Эрдэнэт гол нь хотжилтын нөлөөнд өртдөг бол Говилын голтой нийлж Хангал гол болж эхлэсэнээс доошоо үйлдвэрийн хаягдлын далангийн шүүрлийн усны нөлөөлөлд орж чанар, найрлага нь өөрчлөгддөг байна. Хангал гол нь Орхон голын цутгалуудаас хамгийн их эрдэсжилт, хатуулаг болон бохирдолттой гол ба Орхон голын усны чанар, бохирдолтод ихээхэн нөлөө үзүүлдэг юм. Эрдэнэт уулын баяжуулах үйлдвэрийн үйл ажиллагаа явуулахаас өмнө 1975 онд Хангал голын ус цэнгэг (дундаж эрдэсжилт 480 мг/л), хатуувтар (дундаж хатуулаг 5.02 мг-экв/л), химийн бүрэлдэхүүний хувьд кальци, гидрокарбонатын ион зонхилж байсан бол 1975-1978 оны судалгаагаар Хангал голын усны эрдэсжилт 585 мг/л, хатуулаг 5.44 мг-экв/л байжээ. 1980-аад оны судалгаагаар голын усны эрдэсжилт улирлын байдлаас хамаарч өөрчлөгдөж, Эрдэнэт голын усны эрдэсжилт 519-829 мг/л, хатуулаг 6.96-7.20 мг-экв/л, Говил голын усны дундаж эрдэсжилт 503 мг/л, хатуулаг 7.89 мг-экв/л, харин Хангал голын усны дундаж эрдэсжилт 585 мг/л, дундаж хатуулаг 5.44 мг-экв/л байжээ [7]. Эндээс харахад эдгээр голын усны эрдэсжилт, хатуулаг нь ерөнхийдөө өндөр байснаас гадна аажим нэмэгдэж байгааг харуулж байна. Хангал голын усны чанарын 2009-2011 онуудад хийсэн судалгаагаар голын усны эрдэсжилт нь 600-800 мг/л, хатуулаг нь 6.50-7.50 мг-экв/л, Орхон голд цутгадаг голуудаас ганцаараа 3-р төрлийн (анион катионы харьцаагаар нь 4 төрөл болгон ангилдаг) устай байсан байна [8]. Сүүлийн жилүүдэд антропоген хүчин зүйлийн нөлөөгөөр эрдэсжилт, хатуулгийн хэмжээ нэмэгдэж эхэн хэсэгтээ хотжилт болон үйлдвэрийн, адаг хэсэгтээ мал аж ахуй, газар тариалангийн үйл ажиллагаанд өртөн цэвэршиж чадалгүй Орхон голд цутгаж байна. Тиймээс энэхүү судалгааны ажил нь уулын баяжуулах Эрдэнэт үйлдвэрийн районы гадаргын усны чанар, бохирдлын өнөөгийн түвшинг тодорхойлох үндсэн зорилготой болно.

2. СУДАЛГААНЫ АРГАЗҮЙ

Эрдэнэт үйлдвэр орчмын гадаргын усны чанарын судалгааг 2021 оны 6 болон 9-р сард хийж, булаг, гол, нуур гэсэн уст цэгүүдээс нийт 20 сорьц авч, газар дээр нь хэмжилт хийв (Зураг 1).



Зураг 1. Усны сорьц авсан цэгүүдийн байршил

2.1. Хээрийн судалгаа

Хээрийн хэмжилтээр мониторинг судалгаанд хамрагдсан уст цэгүүдийн байршлыг тодорхойлж, орчны бичиглэл хийж, фото зураг авч, амархан хувирамтгай нэгдлүүдийг газар дээр нь хэмжиж, аргачлалын дагуу усны сорьц цуглуулав.

Сонгосон цэгүүдэд усны шинжилгээг хийхдээ усны шинж чанар, тэдгээрийн үзүүлэлтүүдийг усан дахь ууссан хий, ионуудын тэнцвэр алдагдах, органик бодисууд, бичил биетүүдийн задрал явагдахаас өмнө тодорхойлох нь шинжилгээний ажил үнэн зөв гарахад нөлөөлдөг учир усны температур, усны орчин (pH), цахилгаан дамжуулах чадвар (EC), нийт ууссан эрдэс (TDS) зэрэг үзүүлэлтүүдийг газар дээр нь олон үйлдэлт Hach Multiparameter багажаар, булингаршил (Turbidity)-ыг турбидитиметрээр тус тус тодорхойлов (Зураг 2).



Зураг 2. Хээрийн хэмжилт, судалгаа

2.2. Лабораторийн шинжилгээ

Сорьцыг лабораторид ирэнгүүт орчин үеийн арга аргачлалаар, батлагдсан стандартын дагуу доорх үзүүлэлтүүдийг тодорхойлсон. Үүнд:

1. Ерөнхий хатуулаг, Ca; Mg; CO₃; HCO₃; Cl; ПИЧ – эзлэхүүний /титрийн/ аргаар
2. Сульфатын ионыг-Жингийн аргаар болон спектрометр багажаар
3. NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, F⁻, Fe - T-60. УY-Уis Spectrophotometer багажаар тус тус тодорхойлов.

Усны ерөнхий хими болон бохирдлын үзүүлэлтүүдийг ШУА-ийн Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэнгийн Усны шинжилгээний лабораторид тодорхойлов (Зураг 3).



Зураг 3. Судалгаанд ашиглагдсан багаж

Судалгааны ажлын үр дүнд боловсруулалт хийхдээ “Усан орчны чанарын үзүүлэлт. Ерөнхий шаардлага MNS 4586:1998” стандарт болон “Гадаргын усны цэврийн зэргийн ангиллын норм” (ГУЦЗАН)-той тус тус харьцуулав. Мөн үр дүнгийн боловсруулалтад ArcGIS, Aquachem зэрэг боловсруулалтын программуудыг ашиглав.

3. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Судалгаанд хамрагдсан уст цэгүүдийн усны орчин саармагаас сул шүлтлэг рН 7.12-8.50 байсан ба хамгийн их утга нь Эрдэнэт гол-2 цэгт рН 8.48, хамгийн бага утга нь хаягдлын далангийн ойролцоо байрлах Алтанбулагийн усанд рН 7.12 байв. Усны температур зуны хэмжилтээр дээд тал нь гадаргын усанд дунджаар 14.38°C, М-3 нуурын усны температур хамгийн өндөр 19.0°C, Алтанбулагийн усны температур хамгийн бага 7.45°C байсан бол намрын хэмжилтээр 4.28-10.64°C болж буурсан байв. Зуны улиралд хийсэн хэмжилтээр голын усны булингаршил 20.12-372 NTU, намрын хэмжилтээр 2.77-324 NTU буюу илүү тунгалаг болсон байгаа нь ажиглагдаж байгаа бөгөөд булингаршлийн хамгийн их утга Эрдэнэт гол-3 усанд 2021.06 сард (372.5 NTU), 2021.09 сард (324 NTU) байгааг ГҮЦЗАН-ын “Цэвэр” нормтой харьцуулахад 16.2-18.6 дахин их байв. Энэ нь биднийг судалгаа хийх үед ихээхэн булингартай, цагаан саарал өнгөтэй хаягдал ус голд нийлж байсантай холбоотой.

Эрдэнэт гол

Эрдэнэт голоос Эрдэнэт гол-1 (Далиу булаг нийлэхийн өмнө), Эрдэнэт гол-2 (хотоос үйлдвэр явах гүүр), Эрдэнэт гол-3 (Вокзалын харалдаа ард гүүрний дээд тал) гэсэн цэгүүдээс сорьц авав (Error! Reference source not found.).

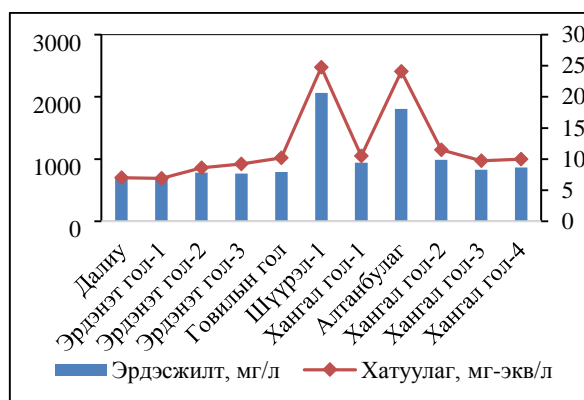
Химийн найрлагын хувьд Эрдэнэт гол-1 цэгийн ус нь гидрокарбонатын ангийн, кальцийн бүлгийн, 2-р төрлийн устай, анионоос гидрокарбонат (HCO_3^-) зонхилж, анионы харьцаа $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$, катионуудаас кальцийн ион зонхилж, катионы харьцаа $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$ байна. Харин голын дунд болон доод хэсгийн Эрдэнэт гол-2, 3 цэгүүдийн ус нь химийн бүрэлдэхүүний хувьд хугацаанаас үл хамааран сульфатын ангийн, кальцийн бүлгийн, 2-р төрлийн устай, анионоос сульфат (SO_4^{2-}) зонхилж, анионы харьцаа $\text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^- > \text{Cl}^-$, катионуудаас кальцийн ион зонхилж, катионы харьцаа $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$ байв (Зураг 5). Эрдэнэт голын ус урсгалынхаа дагуу усны найрлага Ca-HCO₃-аас Ca-SO₄-ийн найрлагатай болж эрдэсжилт нэмэгдсэн зүй тогтол ажиглагдаж байв. 2021 оны 6, 9-р саруудад хийсэн судалгаагаар Эрдэнэт голын усны дундаж эрдэсжилт 755.9 мг/л буюу цэнгэгдүү гэсэн ангилалд орж байна. Намрын судалгаагаар голын усны эрдэсжилт урсгалынхаа дагуудаа бага зэрэг нэмэгдсэн дүнтэй, эрдэсжилт 681.1-823.0 мг/л хооронд хэлбэлзэж, дунджаар 795.5 мг/л байгаа нь хур борооны нөлөөлөл багассантай холбоотой байх магадлалтай. Бохирдлын үзүүлэлтүүдээс “Эрдэнэт гол-1” Далиу булаг нийлэхийн өмнөх цэгт аммонийн ион хамгийн өндөр буюу 0.3 мг/л илэрсэн боловч “Усан орчны чанарын үзүүлэлт. Ерөнхий шаардлага MNS 4586:1998” стандарт ($\text{NH}_4^+ < 0.5$ мг/л)-аас даваагүй ба ГҮЦЗАН-ын “цэвэр” гэсэн ангиллаас хэтэрч “бохирдолттой”, “Эрдэнэт гол-3” цэгээс авсан сорьцод ахуйн бохирдолт, шивтрийн гаралтай нитритийн азот харьцангуй өндөр илрэлтэй (0.28-0.3 мг/л), “Усан орчны чанарын үзүүлэлт. Ерөнхий шаардлага MNS 4586:1998” стандартаас 4.2 дахин их, ГҮЦЗАН-той харьцуулахад “Их бохирдолттой” гэсэн ангилалд тус тус орж байна. Эрдэнэт голын ус нь ерөнхийдөө эрдэсжилт, хатуулаг өндөртэй байгаа бөгөөд урсгалынхаа дагуу эрдэс, хатуулаг болон сульфатын ион нэмэгдэж байгаа нь харьцангуй өндөр эрдэсжилт, хатуулагтай Далиу булаг голд нийлснээс гадна хотжилтын нөлөө, ДЦС-ын үнсэн сангийн шүүрэл, мөн Эрдэнэт-3 цэгт саарал өнгөтэй хаягдал ус нийлдэгтэй холбоотой байна.

Хангал гол

Хангал голын уснаас Хангал гол-1 (Далангийн харалдаа), Хангал гол-2 (Вокзалын гүүрний доод тал), Хангал гол-3 (Хуурайн гүүрний доод тал), Хангал гол-4 (Улаан толгой, 3-р хэсгийн дээд тал) гэсэн цэгүүдээс сорьц авч, хэмжилт хийв. Хангал гол-1, хаягдлын далангийн орчим авсан шинжилгээгээр сульфатын ангийн, кальци-магнийн бүлгийн (2021.06), 2-р төрлийн устай, анионоос сульфат (SO_4^{2-}) зонхилж, анионы харьцаа $\text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^- > \text{Cl}^-$, катионуудаас кальци-магнийн ион зонхилж, катионы харьцаа $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$ байв. Чанарын хувьд цэнгэгдүү (эрдэсжилт зуны улиралд 926.5 мг/л, намрын улиралд бага зэрэг нэмэгдэж 955 мг/л), маш хатуу (хатуулаг зуны улиралд 10.20 мг-экв/л, намрын улиралд нэмэгдэж 10.80 мг-экв/л) буюу их утга нь намрын улиралд ажиглагдаж байв. Хангал гол-2, вокзалын гүүр орчим авсан шинжилгээгээр сульфатын ангийн, кальци-магнийн бүлгийн, 2-р төрлийн устай, анионоос сульфат (SO_4^{2-}) зонхилж, анионы харьцаа $\text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^- > \text{Cl}^-$, катионуудаас кальци-магнийн ион зонхилж, катионы харьцаа $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$ байв. Чанарын хувьд цэнгэгдүү-давсархаг (эрдэсжилт зуны улиралд 1023.2 мг/л, намрын улиралд бага зэрэг буурч 949.3 мг/л), маш хатуу (хатуулаг зуны улиралд 11.75 мг-экв/л, намрын улиралд ялимгүй буурч 11.15 мг-экв/л) бөгөөд их утга нь зуны улиралд байв. Хангал-3, Хуурайн

гүүрнээс доош 50 м-т сорьцлолт хийхэд сульфат-гидрокарбонатын ангийн, кальцийн бүлгийн, 2-р төрлийн устай, анионоос сульфат-гидрокарбонат (SO_4^{2-}) зонхилж, анионы харьцаа $\text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^- > \text{Cl}^-$, катионуудаас кальцийн ион зонхилж, катионы харьцаа $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$ байв. Чанарын хувьд цэнгэгдүү (эрдэжилт зуны улиралд 788.4 мг/л, намрын улиралд нэмэгдэж 872.2 мг/л), маш хатуу (хатуулаг зуны улиралд 9.05 мг-экв/л, намрын улиралд бага зэрэг нэмэгдэж 10.35 мг-экв/л) буюу их утга нь намрын улиралд байв. Хангал гол-4, Улаан толгой орчим 3-р хэсгийн дээд талаас авсан шинжилгээгээр сульфатын ангийн, кальцийн бүлгийн, 2-р төрлийн устай, анионоос сульфат (SO_4^{2-}) зонхилж, анионы харьцаа $\text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^- > \text{Cl}^-$, катионуудаас кальцийн ион зонхилж, катионы харьцаа $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$ байв. Чанарын хувьд цэнгэгдүү (эрдэжилт 863.6 мг/л), маш хатуу (хатуулаг 10.0 мг-экв/л) устай байна. Хангал голын ус нь эрдэжилт, хатуулаг өндөртэйн дээр эрдэжилтийн агууламж нь урсгалынхаа дагуу маш бага хэмжээгээр буурч байгаа нь ажиглагдаж, эхэн хэсэгтээ буюу хаягдлын далан болон вокзалын гүүр орчимд голын усны химийн найрлага Ca-Mg-SO₄-аас Хангал гол-4 цэгт Ca-SO₄-ийн найрлагатай болж өөрчлөгдсөн байв (Error! Reference source not found.5).

Харьцангуй өндөр эрдэжилт, хатуулагтай Эрдэнэт болон Говилын гол нийлж Хангал голыг үүсгэдэг ба тус голын усны эрдэжилт, хатуулаг хаягдлын далангийн шүүрлийн усны нөлөөгөөр Хангал-1, 2 цэгт нэмэгдээд урсгалынхаа дагуу Хангал-3, 4 цэгт бага зэрэг буурч байгаа ч Монгол орны бусад голуудтай харьцуулахад гол ионуудын агууламж өндөртэй байв (Зураг 4).



Зураг 4. Уст цэгүүдийн эрдэжилт, хатуулгийн хэмжээ

Далиу булаг

Уг булгийн ус нь цэвэр цэнгэг усны найрлагад зонхилдог гидрокарбонатын ангийн, кальцийн бүлгийн, 2-р төрлийн, чанарын хувьд цэнгэгдүү (эрдэжилт 707 мг/л), хатуувтар (хатуулаг 7.00 мг-экв/л), бохирдолттой (NH_4^+ 1.2 мг/л) байв. Далиу булгийн ус нь найрлагын хувьд Алтанбулагийн уснаас ялгаатай нь анионоос гидрокарбонатын ион давамгайлж байгаагаараа онцлог юм (Зураг 5).

Алтанбулаг

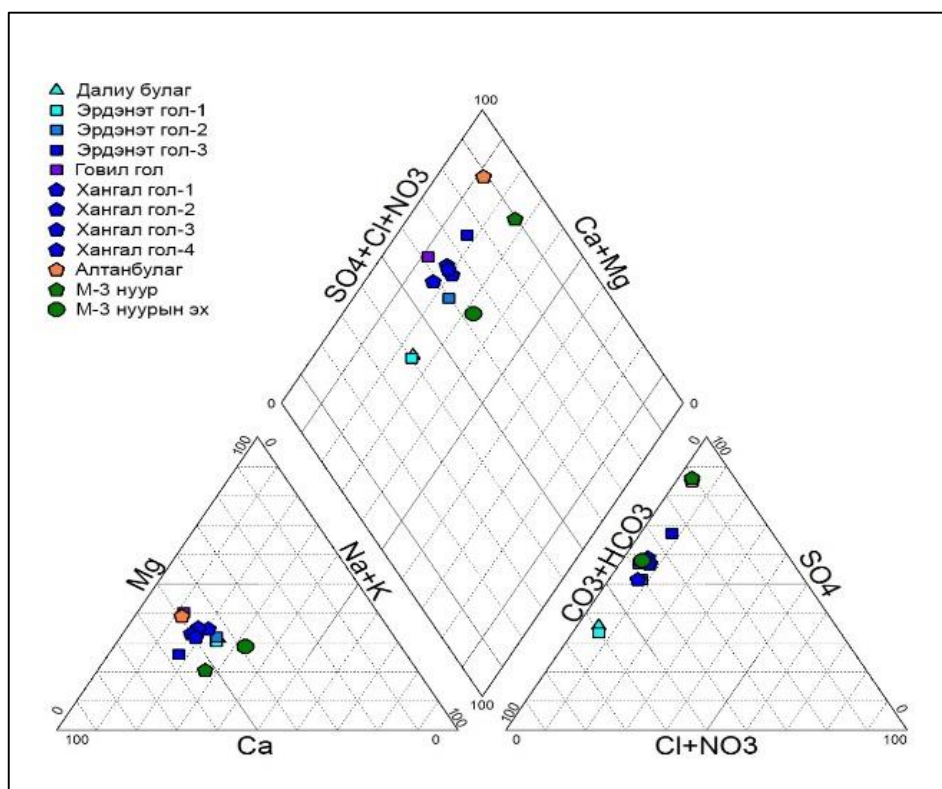
Уг булаг нь үйлдвэрийн хаягдлын далангийн хөлд байрладаг бөгөөд давсархаг (эрдэжилт зуны улиралд 1761.1 мг/л, намрын улиралд бага зэрэг нэмэгдэж 1856.4 мг/л), маш хатуу (хатуулаг зуны улиралд 23.45 мг-экв/л, намрын улиралд нэмэгдэж 24.65 мг-экв/л) устай байна. Химийн бүрэлдэхүүний хувьд анионуудаас сульфатын ион давамгайлах ба анионы харьцаа $\text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^- > \text{Cl}^-$, катионуудаас кальци-магнийн ион зонхилж $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$, сульфатын ангийн, кальци-магнийн бүлгийн, 2-р төрлийн устай байв (Зураг 5). Бохирдлын үзүүлэлтээрээ ГҮЦЗАН-той харьцуулахад органик гаралтай бохирдолт болох перманганатын исэлдэх чанарын хэмжээгээр зуны хэмжилтээр “Бохирдолттой” гэсэн ангилалд орж байв.

Нуурын ус

Бид судалгаандаа Зуны голоос үүссэн Эрдэнэт үйлдвэрийн хаягдлын нуурын ард талд байрлах М-3 нуурын усыг хамруулж, М-3 нуур болон М-3 нуурын эхээс сорьц авав (Зураг 1). М-3 нуурын ус нь сульфатын ангийн, холимог бүлгийн, 2-р төрлийн, чанарын хувьд давсархаг (эрдэжилт зуны улиралд

1643.3 мг/л, намрын улиралд бага зэрэг буурч 1609.2 мг/л), маш хатуу (хатуулаг зуны улиралд 18.05 мг-экв/л, намрын улиралд буурч 17.00 мг-экв/л) бөгөөд хамгийн их утга зуны улиралд ажиглагдаж байв. Бохирдолтын үзүүлэлтийн хувьд намрын хэмжилтээр М-3 нуурын усанд аммонийн ион бага зэргийн илрэлтэй (NH_4^+ 0.05 мг/л), органик гаралтай бохирдолт болох перманганатын исэлдэх чанарын агууламж 9-р сард 8.32 мг/л болж бага зэрэг нэмэгдсэн дүнтэй байна.

М-3 нуурын эхийн зүүн болон баруун захаас авсан ус нь химийн бүрэлдэхүүний хувьд хугацаанаас үл хамааран сульфатын ангийн, холимог бүлгийн, 2-р төрлийн, чанарын хувьд цэнгэгдүү (эрдэжилт харгалзан 900.9 мг/л, 893.6 мг/л), хатуу (хатуулаг нь харгалзан 8.90 мг-экв/л, 8.25 мг-экв/л) байна. М-3 нуурын эхийн ПИЧ 9-р сард МNS 4586:1998 стандартаас 1.3 дахин, сульфатын ион 3.4-3.5 дахин тус тус их байна. М-3 нуурын усны дүнг тус нуурын эхэн хэсгийн дүнтэй харьцуулахад эрдэжилт, хатуулаг, сульфатын ионы хэмжээ бараг 2-3 дахин өндөр байв.



Зураг 5. Гадаргын усны химийн найрлагын диаграмм

4. ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

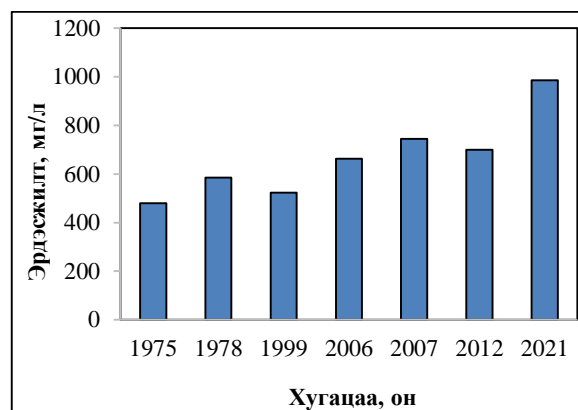
ШУА-ийн Газарзүй, Геоэкологийн хүрээлэнгээс сүүлийн жилүүдэд (2009-2011) хийсэн судалгаагаар Эрдэнэт голын ус харьцангуй их эрдэжилттэй (дундаж эрдэжилт 730 мг/л), хатуу (дундаж хатуулаг 7.20 мг-экв/л), бохирдолттой (NO_2^- 0.3 мг/л), азотот нэгдлүүд илэрч, химийн бүрэлдэхүүний хувьд анионуудаас сульфатын ион давамгайлах ба анионы харьцаа $\text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^- > \text{Cl}^-$, катионуудаас кальцийн ион зонхилж $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$, сульфатын ангийн, кальцийн бүлэгт хамрагдаж байжээ. Бидний судалгаагаар Эрдэнэт голын усны эрдэжилт дунджаар 755.9 мг/л, гол ионуудаас сульфат, кальцийн ионууд зонхилж байсан нь дээрх судалгааны дүнтэй ойролцоо байв. Харин голын усны хатуулгийн хэмжээ 8.48 мг-экв/л хүрч нэмэгдсэн нь ажиглагдлаа.

Судлаач А.Мөнгөнцэцэгийн 1980 оны судалгаагаар Говил голын усны дундаж эрдэжилт нь 503 мг/л, хатуулаг 7.89 мг-экв/л байжээ. Тус судалгааны дүнтэй харьцуулахад Говил голын усны эрдэжилт, хатуулаг нэмэгдсэн байгаа ба ерөнхийдөө эрдэжилт, хатуулаг өндөртэй гол болох нь харагдаж байв.

Хангал голын усанд (Хангал гол 1-3 цэгийг хамруулсан) бохирдолтын үзүүлэлтүүд зуны улиралд өндөр илрэлтэй NH_4 4.8-8.0 мг/л, NO_2 0.06-0.3 мг/л, NO_3 14.0-16.0 мг/л, перманганатын исэлдэх чанар 4.16-12.56

мг/л, булингаршил 20.12-75.62 NTU байгаа бол намрын хэмжилтээр NH_4 0.7-1.7 мг/л, NO_2 0.04-0.15 мг/л, NO_3 11.8-24.0 мг/л, перманганатын исэлдэх чанар 3.20-8.56 мг/л, булингаршил 5.54-16.75 NTU болж буурсан дүнтэй байна. Улаан толгой орчимд Хангал гол-4 усны бохирдол нь бусад цэгүүдээс бага байв. Тухайлбал, нитритийн ион 0.04 мг/л илэрсэн боловч “Усан орчны чанарын үзүүлэлт. Ерөнхий шаардлага MNS 4586:1998” стандарт ($\text{NO}_2\text{-N} < 0.02$ мг/л)-аас даваагүй [9], харин ГУЦЗАН-ын “цэвэр” гэсэн ангиллаас хэтэрч “бага зэрэг бохирдолтой” гэсэн ангилалд орж байв [10].

Сүүлийн жилүүдэд хийсэн судалгаагаар Хангал голын усны эрдэсжилт, хатуулгийн хэмжээ нэмэгдэж байгаа бөгөөд 46 жилийн өмнөх буюу үйлдвэрийн үйл ажиллагаа эхлэхээс өмнөх үетэй харьцуулахад эрдэсжилт, хатуулгийн хэмжээ нэмэгдэж, химийн бүрэлдэхүүнд өөрчлөлт орсон байна. Тухайлбал, голын усны эрдэсжилт 1999 онд 1.1, 2007 онд 1.5, 2021 онд 2.05 дахин тус тус нэмэгдсэн байв (Зураг 6).



Зураг 6. Хангал голын эрдэсжилтийн өөрчлөлт

Алтанбулагийн усны урьд өмнө хийгдсэн дүнг өөрсдийн судалгааны дүнтэй харьцуулж үзэхэд 3-14 жилийн хугацаанд уг булгийн ус химийн бүрэлдэхүүний хувьд ойролцоо сульфатын ангийн, кальцийн бүлгийн, ионуудын харьцаа анионы хувьд $\text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^- > \text{Cl}^-$, катионы хувьд $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$ байгаа боловч эрдэсжилт, хатуулаг нь эрс нэмэгдэж, усны бүлэг өөрчлөгдсөн байна.

Алтанбулагийн ус нь өндөр эрдэсжилт, хатуулагтай, сульфатын ион давамгайлсан байгаа нь байгалийн гаралтай байх талтай ч эдгээр үзүүлэлтүүд огцом нэмэгдсэн нь хаягдлын сангийн усны нөлөөлөл их байгааг илтгэж байна.

5. ДҮГНЭЛТ

Эрдэнэт болон Хангал голуудын ус нь Монгол орны бусад голуудаас харьцангуй өндөр эрдэсжилт, хатуулагтай ба анги, бүлэг төрлийн хувьд өөр буюу сульфатын ангийн байна. Харьцангуй өндөр эрдэсжилт, хатуулагтай Эрдэнэт болон Говилын гол нийлж Хангал голыг үүсгэдэг ба тус голын усны эрдэсжилт, хатуулаг хаягдлын далангийн шүүрлийн усны нөлөөгөөр Хангал-1, 2 цэгт нэмэгдээд урсгалынхаа дагуудаа бага зэрэг буурч байна. Голын усанд сульфатын ион давамгайлж “Усан орчны чанарын үзүүлэлт. Ерөнхий шаардлага MNS 4586:1998” стандарттай харьцуулахад 2.1-3.52 дахин их байгаа нь тухайн газрын хурдас чулуулагтай холбоотойн дээр үйлдвэрийн хаягдал ус голын усанд нөлөөлж байна гэж үзэхээр байна.

Алтанбулагийн ус нь эрдэсжилт, хатуулаг болон сульфатын агууламж өндөртэй буюу далангийн шүүрлийн устай ойролцоо найрлагатай байгаа нь булгийн ус хаягдлын далангийн усаар бохирдсон байна. Далиу булаг болон Эрдэнэт голын ус нэг нь нөгөөгөө тэжээж, харилцан хамааралтай болох нь шинжилгээний дүнгээс харагдаж байна.

Үйлдвэрийн бүсийн гадаргын усны гол бохирдуулагч эх үүсвэр нь үйлдвэрийн хаягдлын далан болон Эрдэнэт гол-3 цэгт нийлж буй хаягдал ус болж байна. Мөн Эрдэнэт хот орчмын ахуйн хог хаягдал, хотын хогийн цэг зэрэг ахуйн гаралтай бохирдлын эх үүсвэрүүд орж байна.

Хаягдлын сангийн ус нь түүний хөлийн бүсэд байрлах газрын доорх болон гадаргын ус, Зуны голоос үүссэн нуур зэрэгт нөлөөлж буй нь судалгаанаас харагдаж байгаа учир санд хаяж буй хаягдал усыг

стандартын шаардлагад нийцтэл дэвшилтэт технологи ашиглан цэвэршүүлж байгаль орчинд хор хөнөөлгүй хэмжээнд хүргэж сан руу хаях. Мөн шүүрлийн усыг усан санд цуглуулж, эргүүлэн ашиглах, ингэснээр Хангал голын усанд үзүүлэх сөрөг нөлөөлөл буурч, голоос ундаалдаг мал, цаашлаад хүний эрүүл мэндэд үзүүлэх сөрөг нөлөөллийг бууруулах ач холбогдолтой.

Эрдэнэт гол-3 цэгт нийлж буй хаягдал усыг голд нийлүүлэхгүй байх, нийлүүлэх тохиолдолд голын усыг бохирдуулахааргүй хэмжээнд цэвэршүүлэх.

ТАЛАРХАЛ

Судалгааны ажлыг хийж гүйцэтгэхэд туслалцаа үзүүлсэн Газарзүй, Геоэкологийн хүрээлэнгийн захиргаа болон хамтран хийж гүйцэтгэсэн судлаач нартаа талархал илэрхийлье. Энэхүү судалгаа нь “Эрдэнэт үйлдвэр” ТӨҮГ-ын хөрс, усны бохирдлын судалгааны төсөл: 5/372-20 ажлын хүрээнд хийгдсэн болно.

АШИГЛАСАН НОМ, ХЭВЛЭЛ

- [1] A. Ahamad, N. J. Raju, S. Madhav and A. H. Khan, Trace elements contamination in groundwater and associated human health risk in the industrial region of southern Sonbhadra, Uttar Pradesh, India, *Environmental Geochemistry and Health*, 42, pp.3373-3391, 2020. Available: <https://doi.org/10.1007/s10653-020-00582-7>
- [2] Z. Cao et al., Contamination characteristics of trace metals in dust from different levels of roads of a heavily air-polluted city in north China. *Environmental Geochemistry and Health*, 40 (6): pp. 2441-2452, 2018. Available: <https://doi.org/10.1007/s10653-018-0110-3>
- [3] G. A. Stefania et al., Identification of groundwater pollution sources in a landfill site using artificial sweeteners, multivariate analysis and transport modeling, *Waste Management*, 95: pp. 116-128, 2019. Available: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.06.010>
- [4] C. K. Jain and S. Singh, Best management practices for agricultural nonpoint source pollution: Policy interventions and way forward, *World Water Policy*, 5(2): pp. 207-228, 2019. Available: <https://doi.org/10.1002/wwp2.12015>
- [5] J. Yang et al., Characteristics of Non-Point Source Pollution under Different Land Use Types, *Sustainability*, 12(5), 2020. Available: <https://doi.org/10.3390/su12052012>
- [6] G. Kourakos et al., A groundwater nonpoint source pollution modeling framework to evaluate long-term dynamics of pollutant exceedance probabilities in wells and other discharge locations, *Water Resources Research*, 48(6), 2012. Available: <https://doi.org/10.1029/2011WR010813>
- [7] А. Мөнгөнцэцэг, Сэлэнгэ мөрний гидрохими. Улаанбаатар: 2006.
- [8] Ч. Жавзан, Орхон голын сав газрын гидрохими. Улаанбаатар: Мөнхийн үсэг ХХК, 2011.
- [9] Усан орчны чанарын үзүүлэлт. Ерөнхий шаардлага, MNS 4586:1998, 1998.
- [10] Гадаргын усны цэврийн зэргийн ангиллын норм, Байгаль орчны сайд, Эрүүл мэнд, нийгмийн хамгааллын сайдын 1997 оны 143/а/352 тоот хамтарсан тушаал, 1997.