



Говийн бүсийн гүний худгийн усны фторын ионы судалгаа

Гомбосүрэн Одонтуяа, Амаржаргал Ичинноров, Отгонбаяр Хүрэлдаваа, Ганпүрэв Дуламсүрэн,
Баттулга Дариймаа, Долгоржав Оюунцэцэг*

Экологийн химийн лаборатори, Хими, химийн технологийн хүрээлэн, Шинжлэх ухааны академи,
Улаанбаатар 13330, Монгол

*E-mail: oyuntsetsegd@mas.ac.mn
ORCID: 0000-0001-5278-1580

Хүлээн авсан: 20.10.2024

Хяналтад: 14.11.2024

Хэвлэлтэд авсан: 26.12.2024

Хураангуй: Бид энэ удаагийн судалгаагаар говийн бүсийн гүний худгийн усны фторын ионы агуулгыг тодорхойлж, стандарттай харьцуулан дүгнэлт өгөх, гарал үүслийг тодорхойлох зорилгоор энэхүү ажлыг хийж гүйцэтгэв. Энэхүү судалгаанд Дундговь, Дорноговь, Өмнөговь аймгуудын 144 гүний худгийн усны физик-химийн үзүүлэлт, фторын ионы агуулгыг Монгол улсад мөрдөгдөж байгаа ундны усны MNS 0900:2018 стандарт шаардлагатай харьцуулан тодорхойлсон болно. Судалгаанд хамрагдсан гүний худгийн ус нь саармагаас шүлтлэг орчинтой, маш зөөлнөөс маш хатуу усны ангилалд хамаарагдаж байгаа бөгөөд фторын ионы агуулгаараа 63.2% ундны усны стандарт MNS 0900:2018 шаардлага хангахгүй байгааг тодорхойлов. Үүнээс Дундговь аймгийн гүний худгийн усанд (F^- 0.7-7.18 мг/л) буюу 64.8%, Дорноговь аймгийн гүний худгуудын усанд (F^- 0.04-4.62 мг/л) буюу 56.8%, Өмнөговь аймгийн худгийн усанд (F^- 0-5.6 мг/л) буюу 17.4% нь тус тус MNS стандартын зөвшөөрөгдөх дээд агууламжаас хэтэрсэн байна. Мөн говийн бүсийн 3 аймгийн унданд хэрэглэж буй гүний худгийн ус нь гидрокарбонат-натри, гидрокарбонат-кальци, магни, сульфат-натри, кальци, хлор, сульфат-натрийн төрлийн холимог найрлагатай усны ангилалд хамаарагдаж байгаа бөгөөд $HCO_3^-Na^+$ төрлийн усанд фтор өндөр агуулгатай байгааг тодорхойлов. Говийн бүсийн 3 аймаг эрдэс, чулуулгийн орд ихтэйн улмаас гүний худгуудын ус нь ус, чулуулгийн харилцан үйлчлэлд орж усны химийн найрлага, фторын ионы агуулга тухайн орчны геологийн тогтоц болон чулуулгаас хамаарч байгааг тогтоов.

Түлхүүр үг: газрын доорх ус, химийн найрлага, гүний худаг, фтор

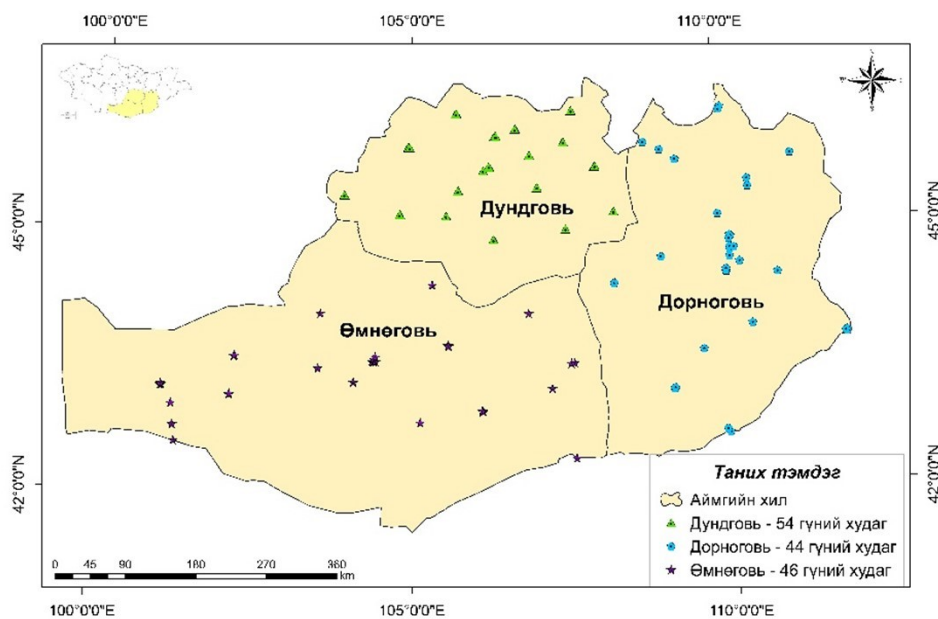
ОРШИЛ

Ус бол биологийн бүх л нэгдлүүдийн салшгүй нэгэн хэсэг бөгөөд амьд байгалийн оршин тогтнох үндсэн нөхцөлийн нэг юм. Үүний зэрэгцээ хамгийн үнэ цэнтэй ашигт малтмал бөгөөд нийгэм, эдийн засгийн бүх салбарын үйл ажиллагаанд ямар нэг хэмжээгээр оролцож, үр шимээ хүртээж байдаг стратегийн чухал түүхий эд билээ [1]. Монгол орны говийн бүс нутагт гадаргын усны сүлжээ хомс бөгөөд хүн амын унд ахуй, хөдөө аж ахуй, үйлдвэрлэлд зөвхөн газрын доорх усыг ашигладаг. Газрын доорх ус нь геологийн болон геохимийн үйл явцын онцгой ач холбогдол бүхий бүрэлдэхүүн хэсэг бөгөөд булаг болон нуурын усыг тэтгэх, голын урцын суурь хэсгийг бүрэлдүүлэх зэрэг маш олон экологийн ач холбогдол бүхий үүрэгтэй, ялангуяа хуурай, хагас хуурай бүс нутагт хүний хэрэгцээг хангах усны гол эх үүсвэр болдог байна [2]. Говийн бүсийн аймгууд нь гидрогеологийн мужлалаар Монгол орны говь, хээрийн бүсэд хамаарах ба ус агуулагч чулуулгийн бүтэц, геологийн тогтоц нь дээд цэрдийн болон дөрөвдөгчийн хурдас, чулуулгийн уст үеүдээс бүрэлдэн тогтоно [3]. Монгол орны говийн бүс ашигт малтмалаар баялаг бөгөөд одоогийн байдлаар хайлуур жонш, чулуун нүүрс, газрын тос, цеолет, алт, зэс, гөлтгөнө, никель, төмөр, марганец, уран зэрэг олон төрлийн ашигт малтмалын орд, илэрцүүд

тогтоогдсон байна. Мөн манай улсын стратегийн ач холбогдолтой томоохон ордууд үйл ажиллагаагаа явуулдаг [4]. Тиймээс говийн аймгуудын геологийн тогтоц, гидрогеологийн нөхцөл, цаг уур, байгалийн баялаг, үнэт ховор эрдэс чулуулаг ихтэй зэрэг хүчин зүйлээс шалтгаалан газрын гүний ус чулуулагтай харилцан үйлчлэлд орсноор эрдэсжиж, усны найрлага, чанарт нөлөөлөх талтай юм. Усанд орших эрдэс, бичил элементүүд нь хүний бие махбодод зохих хэмжээтэйг агуулагддаг бөгөөд тэдгээрийн агууламжаас хамааран эрүүл мэндэд эерэг болон сөргөөр нөлөөлж байдаг [5]. Ундны уснаас хүн зарим бичил элементийн хоногийн хэрэгцээний тодорхой хувийг авах боломжтой юм. Тухайлбал: фторын 60%, зэсийн 28%, цайрын 14%, манганы 4%, иодын 2.5-4%, анзаны 0.2%-ийг тус тус авч болно [6]. Тиймээс бид энэхүү судалгаагаар говийн бүсийн гүний худгийн усны фторын ионы агуулгыг тодорхойлж, стандарттай харьцуулан дүгнэлт өгөх, гарал үүслийг тодорхойлох зорилгоор энэхүү ажлыг хийж гүйцэтгэв.

СУДАЛГААНЫ МАТЕРИАЛ, АРГА ЗҮЙ

Судалгааны объект: Энэ удаагийн судалгаанд Монгол орны өмнийн говийн Дорноговь, Дундговь, Өмнөговь гэсэн 3 аймгийн 44 сумын 144 гүний худгийн усны сорьц цуглуулан шинжилгээнд



Зураг 1. Говийн бүсийн 3 аймгийн судалгаанд хамрагдсан гүний худгуудын байршил

хамруулсан болно (Зураг 1).

Дорноговь аймаг. Тус аймаг Монгол орны зүүн өмнөд хязгаарт оршдог, 109,472.30 км² газар нутагтай бөгөөд говийн бүсэд багтдаг боловч өмнөд хэсэг нь говь, хойд хэсэг нь говь, тал хээр хосолсон байдаг. Дорноговь аймаг ус зүйн сүлжээгээр Галба-Өөш-Долоодын говийн сав газарт хамаарагддаг ба гадаргын ус багатай бөгөөд одоогийн байдлаар газар доорх усны нийт 14 орд судлагдсан байна [7].

Дундговь аймаг. 1942 онд аймгийн одоогийн оршин байгаа Зоогийн Хар овооны энгэрт байгуулагдсан, 74.7 мянган ам км нутаг дэвсгэртэй, ус зүйн сүлжээгээр Умард говийн гүвээт-Халхын дундад талын сав газарт хамаарагддаг ба газрын доорх усны 17 орд газар байгаагаас Мандалговь хотын Олгойн говьд байрлах 2 усан хангамжийн газрын доорх усны ордод 1989 онд Н.Лхагва, Б.Нямдарь, Л.Батжаргал нар ашиглалтын нөөц баялгийн үнэлгээ хийсэн байдаг [1, 8].

Өмнөговь аймаг. Монгол улсын өмнөд хэсэгт оршдог, 165.0 мянган кв.км нутаг дэвсгэртэй, ашигт малтмалын 80 гаруй орд, 200 гаруй илрэлтэйгээс гадна стратегийн ач холбогдолтой 3 томоохон орд газар бий. Ус зүйн сүлжээгээр Галба-Өөш-Долоодын говийн, Алтайн өвөр говийн, Онги голын гэсэн 3 сав газарт хамаарагддаг. Өмнөговь аймгийн нутагт газрын доорх усны багагүй хэмжээний нөөц баялгийг одоогийн байдлаар олж илрүүлэн, том жижиг бүхий л ус хэрэглэгчид өөрсдийнхөө усны хэрэгцээг бүрэн хангаж байна. Бусад аймагтай харьцуулахад газрын доорх усны судалгаа харьцангуй сайн хийгдсэн ба 41 байршилд газрын доорх усны ордын судалгаа хийгдсэн байна [9].

Судалгаанд хамрагдсан гүний худгийн усны орчин буюу рН, цахилгаан дамжуулах чанар буюу (ЕС)-г олон үйлдэлт Hanna Multiparameter (HI98196)

багажаар хэмжилт хийв. Үндсэн катион болох Ca^{2+} ба Mg^{2+} , анионы голлох ион болох CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- ионуудыг эзлэхүүний аргаар, SO_4^{2-} ионыг жингийн аргаар тодорхойлсон. Мөн NH_4^+ , $\text{Fe}_{\text{нийт}}$, NO_3^- , NO_2^- , F^- ионы агуулгыг MNS стандарт арга зүйн дагуу спектрофотометрээр, Na^+ , K^+ ионыг индукцийн холбоост плазм/ оптик спектрометр (Thermo Scientific iCAP 7200 ICP-OES) багажаар тодорхойлов [10]. Физик-хими, химийн үндсэн үзүүлэлтийн шинжилгээг Хими, химийн технологийн хүрээлэнгийн Экологийн химийн лабораторид хийж гүйцэтгэв.

ҮР ДҮН, ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Физик-химийн шинж чанар: Судалгаанд хамрагдсан гүний худгуудын голлох физик-химийн үзүүлэлтүүдийг Хүснэгт 1-т үзүүлэв. Говийн бүсийн 3 аймгийн гүний худгуудын усны рН 7.37-8.5, дундаж утга нь 7.99 буюу саармагаас шүлтлэг орчинтой байгаа бөгөөд рН-ийн утгаараа MNS 0900:2018 стандартын шаардлагыг хангаж байна [11]. Усны цахилгаан дамжуулах чанар (ЕС) болон нийт ууссан давс (TDS) нь эрдэсжилттэй шууд хамааралтай байдаг. Судалгаа хийсэн гүний худгуудын усны цахилгаан дамжуулах чанар (ЕС) 307-10003 $\mu\text{S}/\text{cm}$, нийт ууссан давс 153-4030 ppm агуулгатай байгаа бөгөөд Дорноговь аймгаас 31, Дундговь аймгаас 18, Өмнөговь аймгаас 11 нийт 60 гүний худгийн ус цахилгаан дамжуулах чанараараа MNS 0900:2018 стандарт шаардлагыг хангахгүй байгааг тодорхойлов. Үүнээс үзэхэд Дорноговь аймгийн худгийн ус нь Дундговь, Өмнөговь аймгуудын унд ахуйд хэрэглэж байгаа уснаас эрдэсжилт өндөртэй байгааг илтгэж байна. Мөн судалгаанд хамрагдсан гүний худгуудын ус нь цахилгаан дамжуулах чанараараа 78.5% нь унданд

хэрэглэж болох буюу <1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 13.2% зөвшөөрөгдөхгүй буюу 1500-3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 6.25% аюултай буюу >3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ангилалд хамаарагдаж байгааг тогтоов [12, 13].

Химийн найрлага: Судалгаанд хамрагдсан Дундговь, Дорноговь, Өмнөговь аймгийн гүний худгуудын усны химийн шинжилгээний үр дүнг Монгол улсад мөрдөгдөж байгаа ундны усны MNS 0900:2018 стандарттай харьцуулан Хүснэгт 1-т үзүүлэв. Химийн шинжилгээний үр дүнгээс харахад гүний худгуудын усны нийт хатуулаг 0.8-18 мг-экв/л, дундаж нь 4.81 мг-экв/л буюу маш зөөлөн-зөөлөн-зөөлөвтөр-хатуу-маш хатуу, нийт эрдэжилт 255.6-6627.6 мг/л буюу цэнгэгээс шорвог усны ангилалд хамаарагдаж байна. Говийн бүсийн 3 аймгийн нутагт байрлах гүний худгуудын усанд катионоос натрийн ион давамгайлж 7.9-2180 мг/л, магни 3.65-145.9 мг/л, кальци 6-122 мг/л, кали 0.1-7.2 мг/л байхад анионуудаас хлор 14.2-2171.1 мг/л, сульфат 19.8-1745.6 мг/л, гидрокарбонат 48.8-488 мг/л, нитрат 0.16-111.7 мг/л, нитрит 0-1.8 мг/л, фтор 0-7.18 мг/л тус тус агуулагдаж байгааг тодорхойлов. Үүнээс үзэхэд говийн бүсийн 3 аймгийн 144 гүний худгаас 15.3% нийт хатуулаг, 31.9% натри, 5.55% кальци, 35.4% магни, 7.63% хлор, 2.77% сульфат, 29.2% нитрат, 63.2% фтор, 23.6% нийт эрдэжилтээрээ тус тус Монгол улсад мөрдөгдөж байгаа ундны усны стандарт MNS 0900:2018 шаардлага хангахгүй байна [11]. Гидрохимийн шинжилгээний үр дүнгээс харахад судалгаанд хамрагдсан ихэнх худгийн ус нь фторын ионы агуулгаараа стандартын шаардлага хангахгүй байна. Говийн гурван аймгийн ундны усны фторын ионы тархалтыг Зураг 2-т үзүүлэв. Дундговь аймгийн гүний худгийн усанд фторын ион 0.7-7.18 мг/л агуулагдаж байгаа бөгөөд 54 гүний худгаас 64.8%

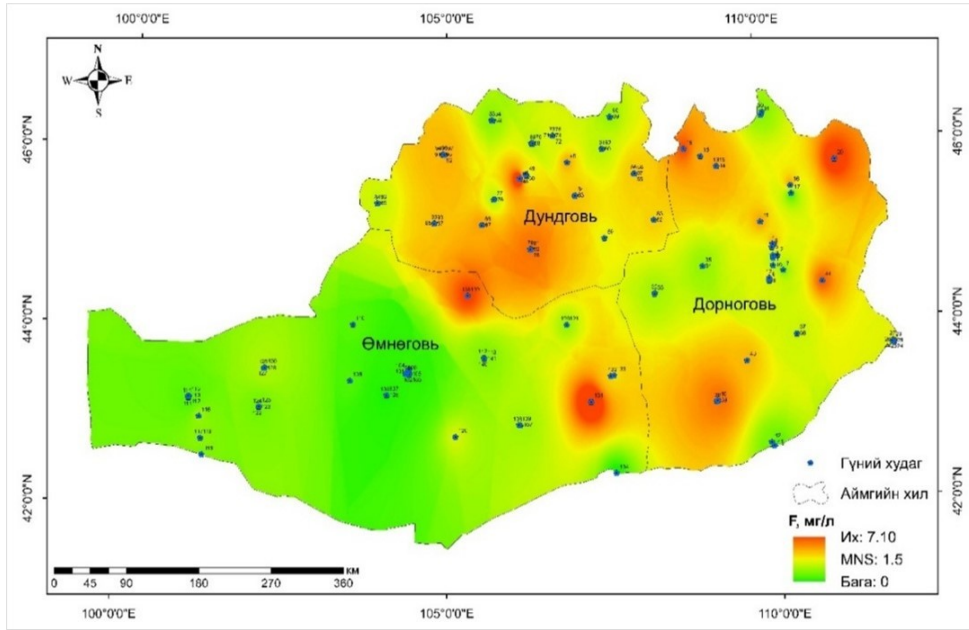
нь ундны усны стандартад тусгагдсан дээд утгаас хэтэрсэн байна. Зураг 2-оос харахад Дундговь аймгийн ихэнх сумдын түүнчлэн нутгийн баруун, төв, өмнөд, зүүн бүсэд орших гүний худгуудын ус нь фторын ионы агуулга өндөртэй харин нутгийн хойд бүсийн Адаацаг, Дэлгэрцогт, Дэрэн, Цагаандэлгэр, Луус сумдын нутагт орших гүний худгууд нь фторын ионы агуулгаараа ундны усны стандартын шаардлага хангаж байгааг харуулж байна.

Дорноговь аймгийн гүний худгуудын усанд фтор 0.04-4.62 мг/л агуулгатай байгаа ба 44 гүний худгаас 56.8% нь MNS стандартын зөвшөөрөгдөх дээд агууламжаас хэтэрсэн, 5% нь стандартад тусгагдсан доод утгад хүрэхгүй байгааг тодорхойлов. Уг тархалтын зургаас харахад тус аймгийн Алтанширээ, Иххэт, Сайншанд, Сайхандулаан, Мандах, Улаанбадрах сумын нутагт орших гүний худгуудын усны фторын ионы агуулга ундны усны стандарт шаардлага хангаж байгаа бол бусад сумдын нутагт орших гүний худгуудын ус нь фторын ионы агуулга хэт өндөр байгааг харуулж байна. Өмнөговь аймгийн гүний худгийн усанд фтор ион 0-5.6 мг/л агуулагдаж байгаа ба 46 худгаас 45.7% нь Монгол улсад мөрдөгдөж байгаа ундны усны стандартад тусгагдсан доод утгад хүрэхгүй байгаа бөгөөд 17.4% MNS стандартын зөвшөөрөгдөх дээд агууламжаас хэтэрсэн байна. Өмнөговь аймгийн ихэнх сумдын нутагт орших гүний худгуудын ус нь фторын ионы агуулгаараа Монгол улсад мөрдөгдөж байгаа ундны усны стандартад тусгагдсан доод утгад хүрэхгүй байсан бол Дундговь, Дорноговь аймгуудтай хил залгах Ханбогд, Манлай, Цогт-Овоо сумуудын гүний худгуудын ус нь фторын ионы агуулгаараа MNS стандартын зөвшөөрөгдөх дээд агууламжаас

Хүснэгт 1. Говийн 3 аймгийн гүний худгуудын усны химийн найрлага, мг/л

№	Үзүүлэлтүүд	Бага	Их	Дундаж	MNS 0900:2018 (ЗДА)	MNS стандарт шаардлага хангаагүй худаг
1	pH	7.37	8.5	7.99	6.5-8.5	-
2	ЕС, $\mu\text{S}/\text{cm}$	307	10003	1188	1000	60 худаг
3	TDS, ppm	153	4030	528.8	-	-
4	ПИЧ	0.41	14.1	3.17	10	5 худаг
5	Нийт хатуулаг, мг-экв/л	0.8	18	4.81	7	22 худаг
6	Натри, Na^+	7.9	2180	189.8	200	46 худаг
7	Кали, K^+	0.1	7.2	1.46	-	-
8	Кальци, Ca^{2+}	6	122	51.0	100	8 худаг
9	Магни, Mg^{2+}	3.65	145.9	27.25	30	51 худаг
10	Аммони, NH_4^+	0	0.29	0.08	1.5	-
11	Төмөр, $\text{Fe}_{\text{нийт}}$	0	0.27	0.03	0.3	-
12	Карбонат, CO_3^{2-}	0	30	14.6	-	-
13	Гидрокарбонат, HCO_3^-	48.8	488	253.0	-	-
14	Хлор, Cl	14.2	2171.1	145.7	350	11 худаг
15	Сульфат, SO_4^{2-}	19.8	1745.6	184.5	500	4 худаг
16	Нитрит, NO_2^-	0	1.8	0.06	1	1 худаг
17	Нитрат, NO_3^-	0.16	111.7	37.0	50	42 худаг
18	Фосфат, PO_4^{3-}	0	0.22	0.03	3.5	-
19	Фтор, F	0	7.18	1.89	0.7-1.5	91 худаг
20	Нийт эрдэжилт	255.6	6627.6	897.1	1000	34 худаг

Тайлбар: ЗДА-Зөвшөөрөгдөх дээд агууламж, ЕС-Цахилгаан дамжуулах чанар, TDS-Нийт ууссан давс, ПИЧ-Перманганатын исэлдэх чанар

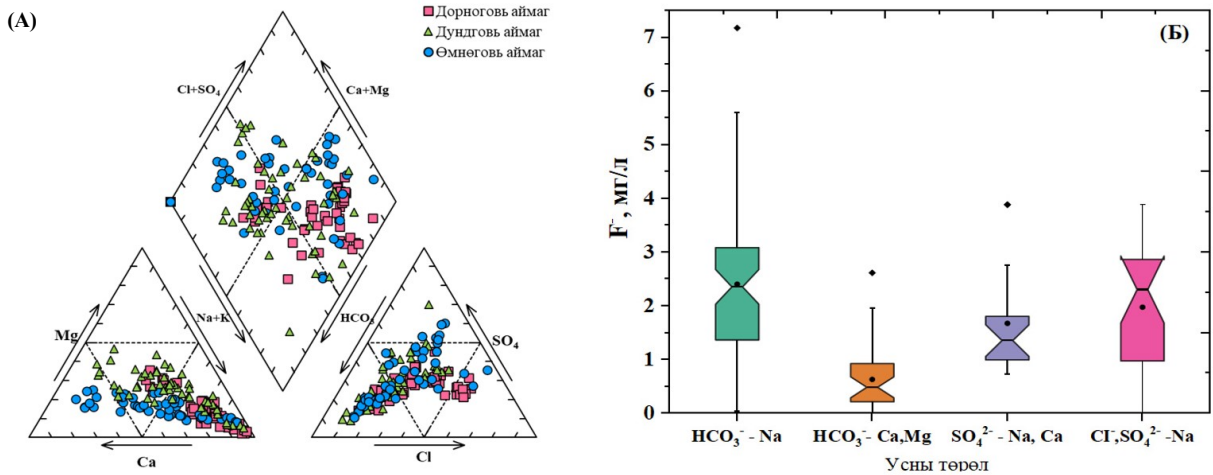


Зураг 2. Судалгаанд хамрагдсан 3 аймгийн гүний худгийн усны фторын ионы тархалт

хэтэрсэн усыг унд ахуйдаа хэрэглэж байна (Зураг 2). Гүний усан дахь фторын боломжит эх үүсвэр нь чулуулаг болон хөрсөнд агуулагдах молорит, флюорит, фторопатит, криолит ба гялтгануур гэх мэт эрдэс багтдаг ба эдгээр эрдэсээс флюорит буюу хайлуур жонш (CaF_2) нь зонхилох эх үүсвэр байдаг [15]. Монгол оронд хайлуур жоншны 300 гаруй орд болон илэрц тогтоогдсон бөгөөд газарзүйн байршлын хувьд төв болон дорнод хэсэгт орших ба тэдгээрийг нийтэд нь Дорнод Монголын флюоритийн бүслүүр гэж нэрлэдэг юм. Энэ бүслүүр нь уртаараа 1000 км, өргөнөөрөө 200 км үргэлжлэх, галт уулын мезозойд бүслүүртэй давхцдаг [14]. Фторын ионы тархалтын зургаас харахад Дорноговь болон Дундговь аймгийн дийлэнх сумдын нутагт орших гүний худгуудын усны фторын ионы агуулга хэт өндөр байгаа нь Дорнод Монголын флюоритийн бүслүүрт багтдаг ба Монгол орны хэмжээнд тогтоогдсон хайлуур жоншны нийт нөөцийн 30.0%

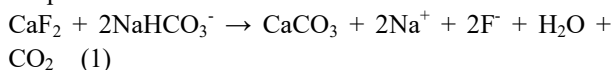
Дорноговь аймагт [15], 35.0% Дундговь аймагт байдагтай холбоотой юм [16].

Говийн бүсийн 3 аймгийн гүний худгуудын усны химийн найрлагаас фторын ионы агуулга хамаарч байгааг Зураг 3А болон 3Б-д үзүүлэв. Зураг 3А-гийн катионы гурвалжингаас харахад Дорноговь аймгийн гүний худгуудын усанд Na^+ , Ca^{2+} ион, Дундговь, Өмнөговь аймгийн гүний худгуудын усанд Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} ион давамгайлсан байна. Харин анионы гурвалжингаас харахад Дорноговь аймгийн зарим худгийн усанд Cl^- ба SO_4^{2-} , ихэнх худгийн усанд HCO_3^- ион давамгайлсан байхад Дундговь болон Өмнөговь аймгийн дийлэнх худгийн усанд HCO_3^- , зарим худгийн усанд SO_4^{2-} ион зонхилж байна. Үүнээс үзэхэд судалгаанд хамрагдсан 3 аймгийн худгийн ус нь гидрокарбонат-натри, гидрокарбонат-кальци, магни, сульфат-натри, кальци, хлор, сульфат-натрийн төрлийн холимог найрлагатай усны ангилалд тус тус хамаарагдаж байна.



Зураг 3. (А) Говийн 3 аймгийн гүний худгуудын химийн найрлагын гурвалжингийн график. (Б) Гүний усан дахь фторын агууламжийг усны төрлөөс хамааруулсан хамаарал.

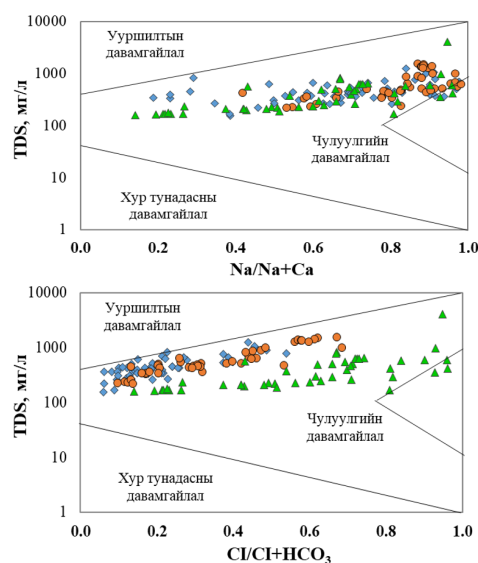
Зураг 3Б-ээс харахад судалгаанд хамрагдсан 3 аймгийн хэмжээнд $\text{HCO}_3^- \text{-Na}^+$ төрлийн усны ангилалд хамаарагдаж байгаа 71 гүний худаг байгаа ба фторын ионы агууламж 0.04-7.2 мг/л (дундаж 2.4 мг/л), $\text{HCO}_3^- \text{-Ca}^{2+}$, Mg^{2+} төрлийн усны ангилалд 33 гүний худаг хамрагдаж байгаа ба фтор 0-2.62 мг/л (дундаж 0.6 мг/л) агуулагдаж байна. Харин $\text{SO}_4^{2-} \text{-Na}^+$, Ca^{2+} төрлийн усны ангилалд 18 гүний худаг хамрагдаж байгаа ба фтор 0.74-3.8 мг/л (дундаж 1.6 мг/л), Cl^- , $\text{SO}_4^{2-} \text{-Na}^+$ төрлийн усны ангилалд 22 худаг хамрагдаж, фтор 0.01-3.9 мг/л (дундаж 1.9 мг/л) тус тус агуулагдаж байна. Үүнээс үзэхэд говийн бүсийн 3 аймгийн худгийн усан дахь фторын ионы агуулга $\text{HCO}_3^- \text{-Na}^+$ төрлийн усанд өндөр агуулгатай байна. Энэ нь гүний усанд натрийн гидрокарбонат давамгайлж байвал фторыг уусгах идэвх өндөр байдаг байна [17, 18]. Үүнийг дараах урвалаар илэрхийлнэ:



Корреляцийн коэффициент: Судалгаанд хамрагдсан гүний худгийн усны химийн найрлагад натрийн ион давамгайлж байгаа тохиолдолд фтор өндөр агуулгатай байна. Тиймээс фтор/физик-химийн үзүүлэлтүүдийн Пирсоны корреляцийн хамаарлыг Хүснэгт 2-т үзүүлэв. Корреляцийн коэффициентын дүнгээс харахад F ба pH (r 0.386-0.517), F ба Na (r 0.046-0.461) хооронд хүчтэй эерэг хамааралтай байхад F ба Ca (r -0.194, -0.411, -0.427), F ба Mg (r -0.095, -0.112, -0.177) хооронд сөрөг хамааралтай байна. Энэ нь шүлтлэг орчинтой усанд натрийн агуулга өндөр, кальцийн ион бага агуулагддаг зүй тогтолыг баталж байна. Үүнээс үзэхэд говийн бүсийн 3 аймгийн гүний худгийн усны pH дундаж

утга нь 7.99 буюу сул шүлтлэг орчинтой байгаа нь фтор уусахад илүү тохиромжтой орчин болдог байна.

Ус, чулуулгийн харилцан үйлчлэл: 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 $[\text{Cl}^- / (\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-)]$ -тай харьцуулж гаргадаг [19, 20]. Судалгаанд хамрагдсан худгуудын химийн найрлага, нийт ууссан давсын утгыг ашиглан Гиббсийн диаграмм байгуулав (Зураг 4). Уг диаграммаас харахад гүний худгуудын усны Гиббсийн харьцаа 0.18-0.98 болон 0.1-0.98



Зураг 4. Гүний худгуудын усны Гиббсийн диаграмм

Хүснэгт 2. Физик-химийн үзүүлэлтүүдийн хоорондох Пирсоны корреляцийн хамаарал

	F	pH	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻
Дундговь аймаг - 54 гүний худаг								
pH	0.502							
Na ⁺	0.461	0.465						
K ⁺	-0.166	-0.296	-0.081					
Ca ²⁺	-0.427	-0.580	-0.268	0.190				
Mg ²⁺	-0.112	-0.313	0.047	0.383	0.611			
HCO ₃ ⁻	0.390	0.375	0.185	-0.105	-0.104	0.209		
Cl ⁻	0.181	0.158	0.768	0.158	0.056	0.418	0.045	
SO ₄ ²⁻	0.166	0.072	0.811	0.100	0.226	0.394	-0.014	0.673
Дорноговь аймаг - 44 гүний худаг								
pH	0.386							
Na ⁺	0.046	0.126						
K ⁺	0.008	0.067	0.685					
Ca ²⁺	-0.194	-0.501	0.403	0.442				
Mg ²⁺	-0.177	-0.246	0.617	0.712	0.782			
HCO ₃ ⁻	-0.008	-0.170	0.677	0.777	0.579	0.804		
Cl ⁻	-0.054	0.024	0.968	0.723	0.558	0.737	0.709	
SO ₄ ²⁻	0.084	0.065	0.939	0.619	0.468	0.642	0.603	0.891
Өмнөговь аймаг - 46 гүний худаг								
pH	0.517							
Na ⁺	0.047	0.294						
K ⁺	-0.009	0.155	0.858					
Ca ²⁺	-0.411	-0.357	0.394	0.375				
Mg ²⁺	-0.095	0.145	0.951	0.880	0.573			
HCO ₃ ⁻	0.472	0.530	0.290	0.167	-0.177	0.193		
Cl ⁻	-0.055	0.191	0.988	0.869	0.463	0.966	0.201	
SO ₄ ²⁻	-0.018	0.213	0.953	0.846	0.567	0.955	0.142	0.944

хооронд хэлбэлзэж байгаа бөгөөд бүх усны сорьц чулуулаг давамгайлсан бүсэд тархсан байна.

Энэ нь газрын доорх гүний ус нь тухайн орчны геологийн тогтоц, чулуулагтай харилцан үйлчлэлд орсноор усны химийн найрлагад өөрчлөлт ордог байна [21]. Үүнээс үзэхэд говийн бүсийн 3 аймгийн гүний худгуудын ус нь ус, чулуулгийн харилцан үйлчлэлд орж усны химийн найрлага түүний дотроос фторын ионы агуулга тухайн орчны геологийн тогтоц болон чулуулгаас хамаарч байгааг харуулж байна.

ДҮГНЭЛТ

Монгол орны говийн бүсийн Дундговь, Дорноговь, Өмнөговь 3 аймгийн унд ахуйн хэрэгцээндээ ашиглаж буй 144 гүний худгийн усанд фтор 0-7.18 мг/л агуулагдаж байгаа бөгөөд 63.2% нь Монгол улсад мөрдөгдөж байгаа ундны усны стандарт MNS 0900:2018 шаардлага хангахгүй байгааг тодорхойлов. Үүнээс Дундговь аймгийн гүний худгуудын усны 64.8%, Дорноговь аймгийн гүний худгуудын усны 56.8%, Өмнөговь аймгийн худгуудын усны 17.4% нь фторын ионы агуулгаараа Монгол улсад мөрдөгдөж байгаа ундны усны стандартын зөвшөөрөгдөх дээд агууламжаас хэтэрсэн усыг унд ахуйдаа хэрэглэж байна. Говийн бүсийн 3 аймгийн унданд хэрэглэж буй гүний худгийн ус нь гидрокарбонат-натри, гидрокарбонат-кальци, магни, сульфат-натри, кальци, хлор, сульфат-натрийн төрлийн холимог найрлагатай усны ангилалд тус тус хамаарагдаж байгаа бөгөөд $\text{HCO}_3^- \text{-Na}^+$ төрлийн усанд фтор өндөр агуулгатай байгааг тодорхойлов. Мөн говийн бүсийн 3 аймаг эрдэс, чулуулгийн орд ихтэйн улмаас гүний худгуудын ус нь ус, чулуулгийн харилцан үйлчлэлд орж усны химийн найрлага, фторын ионы агуулга тухайн орчны геологийн тогтоц болон чулуулгаас хамаарч байгааг тогтоов.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

1. Ж. Батсуурь, Ж. Гэрэлчулуун, Н. Төмөрсүх. (2019) Бүсчилсэн хөгжлийн үзэл баримтлалыг шинэчлэх, өмнийн говийн хөгжлийн хөтөлбөр боловруулах судалгаа.
2. М. Ринзаан, З. Бямбасүрэн, О. Онон, Г. Удвалцэцэг. (2015) Өмнөд говийн бүсийн газрын доорх усны нөөцийн үнэлгээний асуудал. Газарзүй геоэкологийн хүрээлэн. *Монгол орны геоэкологийн асуудал*. 11(13), х.60-67.
3. Өмнөд говийн бүсийн усны судалгаа шинжилгээний төвийн техник эдийн засгийн үндэслэл (2020) “Гидродизайн инноваци” ХХК. Улаанбаатар хот.
4. V.T. Patil, P.R. Patil. (2010) Physicochemical analysis of selected groundwater samples of Amalner town in Jalgaon district, Maharashtra,

- India. *J. Chem.* 7(1), p.111-116. <https://doi.org/10.1155/2010/820796>
5. B. Shomar, G. Muller, A. Yahya, S. Askar, R. Sansur. (2004) Fluorides in groundwater, soil and infused black tea and the occurrence of dental fluorosis among school children of the Gaza Strip. *J. Water Health.* 2(1), p.23-35. <https://doi.org/10.2166/wh.2004.0003>
6. WHO (2005) Nutrients in drinking water. ISBN 92 4 159398 9.
7. Байгаль орчин, аялал жуулчлалын газар. (2011) Дорноговь аймгийн ашигт малтмалын товч лавлах.
8. Хот, суурины ус хангамж, ариутгах татуургын ашиглалт үйлчилгээг зохицуулах зөвлөл, ШУА-ийн Хими, химийн технологийн хүрээлэн. (2022) Дундговь аймгийн ундны усны чанарын судалгаа, дүгнэлт, зөвлөмж.
9. Өмнөговь аймгийн суурь судалгааны тайлан, Байгаль орчны үзүүлэлтүүдийн өөрчлөлт 10 жилээр, 2008-2018 он.
10. Т. Булган (2008) Усны химийн шинжилгээний аргачлал. Байгаль орчин, аялал жуулчлалын яам.
11. MNS 0900:2018. Хүрээлэн буй орчин. Эрүүл мэндийг хамгаалах. Аюулгүй байдал. Ундны ус. Эрүүл ахуйн шаардлага, чанар, аюулгүй байдлын үнэлгээ.
12. WHO (2004) Guidelines for drinking water quality, 1. 3rd edition, Geneva
13. A. Bozdog, G. Gocmez. (2013) Evaluation of ground water quality in the Cihanbeyli basin, Konya, Central Anatolia, Turkey. *Environ. Earth Sci.* 69. p.921-937. <https://doi.org/10.1007/s12665-012-1977-4>
14. Б. Нямдаваа, С. Баяраа. (2012) Монгол орны хайлуур жонш дэлхийн зах зээлд гарахдаа ямар технологиор боловсрогдон гардаг талаар. *Шинжлэх ухааны академийн мэдээ сэтгүүл*, 2 (202). х.15-22.
15. А. Ичинноров, Г. Одонтуяа, Г. Дуламбсүрэн ба бусад (2022) Дорноговь аймгийн гүний худгуудын ундны усны гидрохимийн судалгаа. *Bull. Inst. Chem. Chem. Technol.* 10(10), х.40-47. <https://doi.org/10.5564/bicct.v10i10.2593>
16. С. Баярбаясгалант (2017) Дэлхийн хайлуур жоншны зах зээл ба Монгол улсын хайлуур жоншны олборлолтод хийсэн дүн шинжилгээ. *Хүмүүнлэгийн ухааны их сургууль*, магистрын дипломын ажил.
17. S. Ayoob, A.K. Gupta. (2006) Fluoride in drinking water: A review on the status and stress effects. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 36(6), p.433-487. <https://doi.org/10.1080/10643380600678112>
18. G.T. Chae, S.T. Yun, B. Mayer, K.H Kim, S.Y. Kwon, Y.K. Koh. (2007) Fluorine geochemistry in bedrock groundwater of South Korea. *Sci. Total.*

- Environ.* 385(1-3), p.272-283. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.06.038>
- 19.R.J. Gibbs. (1970) Mechanism controlling world water chemistry. *Sci.* 170, p.1088-1090.
- 20.H. Wu, J. Chen, H. Qian, X. Zhang. (2015) 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. *J. Chem.* 736240. p.1-14. <https://doi.org/10.1155/2015/726340>
- 21.Y.L. Yu, X.F. Song, Y.H. Zhang, F.D. Zhend, J. Liang, L. Liu. (2014) Identifying spatio-temporal variation and controlling factors of chemistry in groundwater and river water recharged by reclaimed water at Huai River, North China. *Stoch. Environ. Res. Risk assess.* 28, 1135-1145. <https://doi.org/10.1007/s00477-013-0803-1>

Fluoride ion study of deep well water in the Gobi region

Gombosuren Odontuya, Amarjargal Ichinnorov, Otgonbayar Khureldavaa, Ganpurev Dulamsuren, Battulga Dariimaa, Dolgorjav Oyuntsetseg*

Laboratory of Ecological Chemistry, Institute of Chemistry and Chemical Technology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar 13330, Mongolia

*E-mail: oyuntsetsegd@mas.ac.mn
ORCID: 0000-0001-5278-1580

Submitted: 20.10.2024

Reviewed: 14.11.2024

Accepted: 26.12.2024

Abstract: This study aimed to determine the fluoride ion content of deep well water in the Gobi region, compare it with established standards, and identify its origin. Within the scope of the work, we examined the physical and chemical parameters, as well as fluoride ion content of 144 deep well water samples collected from three provinces: Dundgobi, Dornogobi, and Umnugobi. The results were compared with the requirements set by the Mongolian drinking water standard MNS 0900:2018. According to measured pH values, the environment of the analyzed deep well water samples ranged from alkaline to neutral, whereas the hardness varied from very soft to very hard. It was also found that 63.2% percent of the samples did not meet the requirements of the drinking water standard MNS 0900:2018 for fluoride ion content. Specifically, 64.8% of the groundwater samples in Dundgobi province (F^- , 0.7-7.18 mg/L), 56.8% in Dornogobi province (F^- , 0.04-4.62 mg/L), and 17.4% in Umnugobi province (F^- , 0-5.6 mg/L) exceeded the maximum permissible limit specified in the MNS standard. The analysis revealed that deep well water used as drinking water in the three provinces of the Gobi region falls into multiple mixed composition categories, including hydrocarbonate-sodium, hydrocarbonate-calcium, magnesium, sulfate-sodium, calcium, chlorine, and sulfate-sodium types. Notably, the hydrocarbonate-sodium ($HCO_3^-Na^+$) type water was found to have a high fluoride content. Due to the presence of multifidous mineral and rock deposits in the three provinces of the Gobi region, it was determined that the water from deep wells undergoes water-rock interactions, and the chemical composition of the water, specifically the fluoride ion content, depend on the geological formations as well as the chemical composition of rocks of the surrounding environment.

Keywords: *groundwater, chemical composition, well water, fluoride*

© The Author(s). 2024 **Open Access** This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

DOI - <https://doi.org/10.5564/bicct.v12i12.3938>