



Дорноговь аймгийн гүний худгуудын ундны усны гидрохимийн судалгаа

Амаржаргал Ичинноров¹, Гомбосүрэн Одонтуяа¹, Ганпүрэв Дуламсүрэн¹, Золбоот Буянжаргал¹,
Баттулга Дариймаа¹, Отгонбаяр Хүрэлдаваа¹, Андарай Цийрэгзэн¹, Долгоржав Оюунцэцэг^{1*}

¹Экологийн химийн лаборатори, Хими, Химийн Технологийн Хүрээлэн, Шинжлэх Ухааны Академи,
Улаанбаатар 13330, Монгол улс

*E-mail: oyuntsetsegd@mas.ac.mn
ORCID: [0000-0001-5278-1580](https://orcid.org/0000-0001-5278-1580)

Хүлээн авсан: 15.10.2022

Хяналтанд: 10.11.2022

Хэвлэлтэнд авсан: 25.12.2022

Хураангуй: Бид энэ удаагийн судалгаагаар Дорноговь аймгийн иргэдийн унд, ахуйн хэрэгцээндээ ашиглаж буй гүний худгийн усанд гидрохимийн нарийвчилсан судалгааг явуулсны үндсэн дээр усны чанарыг үнэлэх, мөн иргэдийг үнэн зөв мэдээллээр хангах зорилгоор энэхүү ажлыг хийж гүйцэтгэсэн болно. Энэхүү судалгаанд тус аймгийн 12 сумын төвийн ус хангамжийн эх үүсвэрийн 39 гүний худгийн усны физик-хими, химийн найрлага, бичил элемент болон цацрагийн аюулгүйн үзүүлэлтийн үр дүнг Монгол улсад мөрдөгдөж байгаа ундны усны стандарт MNS 0900:2018 болон Дэлхийн Эрүүл Мэндийн байгууллагаас гаргасан улс орнуудын мөрддөг ундны усны стандарт шаардлагатай харьцуулан тодорхойлсон болно. Судалгаанд хамрагдсан гүний худгуудын усны pH 7.55-8.50 буюу саармагаас шүлтлэг орчинтой, нийт хатуулаг 0.90-12.20 мг-экв/л буюу маш зөөлнөөс маш хатуу, нийт эрдэсжилт 445.75-2666.2 мг/л буюу цэнгэгээс давсархаг, Cl⁻, SO₄²⁻-Na⁺; HCO₃⁻, Cl⁻-Na⁺; HCO₃⁻-Na⁺, Ca²⁺ -ийн төрлийн холимог найрлагатай гүний ус зонхилж байна. Харин бичил элементийн шинжилгээгээр Сайншанд, Алтанширээ, Замын-Үүд, Мандах, Өргөн, Хатанбулаг, Иххэт, Улаанбадрах, Хөвсгөл гэсэн 9 сумын 18 худаг хүнцэл (As), 9 худаг селен (Se), 11 худаг стронци (Sr), 18 худаг фтор (F), 22 худаг уран (U)-ны агуулгаараа ундны усны стандартын дээд утгаас хэтэрсэн байна. Дорноговь аймгийн ундны усны гидрохимийн шинжилгээний үр дүнгээс харахад 38 гүний худгийн ус нь хатуулаг, эрдэсжилт ихтэй түүнчлэн As, Se, Sr, F, U гэх мэт элементүүд стандартаас их агуулагдаж байна. Энэ нь тухайн орчны геологийн тогтоц, гидрогеологийн нөхцөл болон чулуулгаас хамаарч ус, чулуулгийн харилцан үйлчлэлд орж байгааг тодорхойллоо.

Түлхүүр үг: ундны ус, бичил элемент, гүний худаг, химийн найрлага, фтор

ОРШИЛ

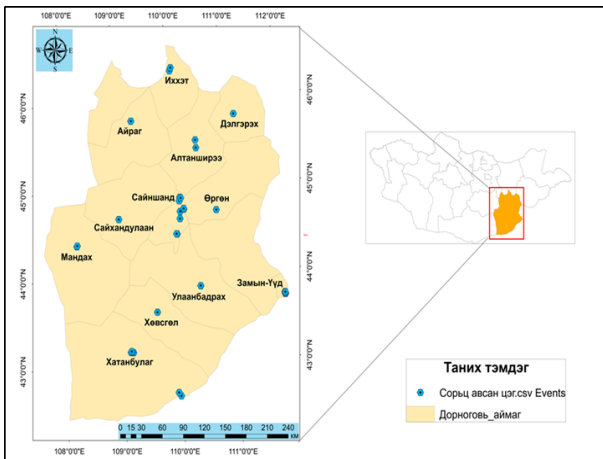
Ус бол байгалийн чухал нөөц, хүний үндсэн гол хэрэгцээ, үнэт баялаг юм [1]. Дэлхий даяар цэнгэг усны нөөцийн тархалт жигд бус байгаа учраас хүн амын өсөлт, хүний үйл ажиллагааны улмаас цэвэр усны нөөц өдрөөс өдөрт хомсдож байна [2]. Байгаль орчны бохирдол, ялангуяа усны эх үүсвэрийн бохирдол нь өнөөгийн нийгэмд тулгарч буй томоохон чухал асуудлуудын нэг юм. Тиймээс усны нөөц, чанар аюулгүй байдалд хяналт тавих, ард иргэдийг стандартын шаардлага хангасан ундны усаар хангах нь нэн тэргүүний асуудлуудын нэг болоод байна [1]. Дорноговь аймаг нь гидрогеологийн мужлалаар Монгол орны говь, хээрийн бүсэд хамаарах ба ус агуулагч чулуулгийн бүтэц, геологийн тогтоц нь дөрөвдөгчийн болон палеоген-неогены хурдас, чулуулгийн уст үедээс бүрэлдэн тогтоно [3]. Мөн тус аймаг нь Галба-Өөш-Долоодын говийн сав газар, Умард говийн Гүвээт-Халхын дундад талын сав газарт хамаарагддаг ба гадаргын усны байнгын урсацгүй, газрын доорх устай сав газрын ангилалд ордог. Манай орны говийн бүс нутагт гадаргын усны нөөц бага учир газрын доорх усыг ашиглаж байна [4].

Газрын доорх усны чанарт үйлдвэр, хөдөө аж ахуй, ахуйн хэрэглээний хаягдал ус, газар ашиглалт, геологийн тогтоц, эрдэс чулуулгийн бүтэц, хур тунадас зэрэг хэд хэдэн хүчин зүйлс нөлөөлдөг [5, 6]. Дорноговь аймаг ашигт малтмалаар баялаг бөгөөд одоогийн байдлаар хайлуур жонш, гөлтгөнө, чулуун нүүрс, газрын тос, цеолет, алт, зэс, никель, төмөр, марганец, хром, гянт болд, цагаан тугалганы зэрэг 38 төрлийн ашигт малтмалын 73 орд, 440 гаруй илэрцүүд тогтоогдсон байна. Мөн тус аймагт Монгол орны хэмжээнд тогтоогдсон хайлуур жоншны нийт нөөцийн 30.0 хувь байдаг байна [7]. Ийнхүү тус аймаг нь геологийн тогтоц, гидрогеологийн нөхцөл, цаг уур, байгалийн баялаг, үнэт ховор эрдэс чулуулаг ихтэй зэрэг олон хүчин зүйлээс шалтгаалан газрын гүний ус чулуулагтай харилцан үйлчлэлд орсноор эрдэсжиж усны найрлага болон чанарт нөлөөлөх талтай юм. Иймээс ард иргэдийг ундны уснаас хамаарсан төрөл бүрийн сөрөг нөлөөллөөс урьдчилан сэргийлэх, усны нөөцийг зүй зохистой зохицуулах, иргэдийг ундны усны талаар үнэн бодитой мэдээллээр хангах зэрэг шаардлага нэн тэргүүнд тулгарч байна. Энэ

удаагийн судалгаагаар Дорноговь аймгийн иргэдийн унд ахуйн хэрэгцээндээ ашиглаж буй гүний худгуудын усанд нарийвчилсан судалгаа хийж, усны чанарыг үнэлэн дүгнэлт өгөх зорилгоор энэхүү ажлыг хийж гүйцэтгэв.

СУДАЛГААНЫ МАТЕРИАЛ, АРГА ЗҮЙ

Судалгааны объект: Дорноговь аймаг нь 1931 онд байгуулагдсан бөгөөд Монгол орны зүүн өмнөд хязгаарт Өмнөговь, Дундговь, Говьсүмбэр, Хэнтий, Сүхбаатар аймгуудтай мөн БНХАУ-тай хил залган оршдог. Тус аймаг 109,472.30 км² газар нутагтай, засаг захиргааны 14 сум, 63 багтай, 2021 оны жилийн эцсийн статистикийн мэдээгээр 20,494 өрхийн 71 мянган хүн амтай байна [8]. Энэ удаагийн судалгаанд Дорноговь аймгийн 12 сумын 39 гүний худгийн усны сорьц цуглуулан шинжилгээнд хамруулсан байна (Зураг 1). Бид шинжилгээг хээрийн болон лабораторийн нөхцөлд тодорхойлсон болно.



Зураг 1. Дорноговь аймгийн иргэдийн гүний худгуудын байршил

Хээрийн шинжилгээ: Хээрийн буюу газар дээр нь судалгаанд хамрагдсан сорьцуудын температур, усны орчин (pH)-ийг HM-30P, исэлдэн ангижрах потенциал (ORP)-г RM-30P, цахилгаан дамжуулах чанар (EC)-г CM-31P, нийт ууссан давс (TDS)-г LAQUAact-EC120 маркийн Япон улсын дижитал термометрийн тусламжтайгаар хэмжилтийг хийв (Хүснэгт 1). Лабораторид тодорхойлох физик, химийн шинжилгээнд зориулж усны сорьцыг 1.5 л, бичил элементийн шинжилгээнд 0.1 л, цацрагийн аюулгүйн үзүүлэлтийн шинжилгээнд 1.2 л хэмжээтэй саванд тус тус стандарт аргын дагуу усны сорьц авсан болно.

Лабораторийн шинжилгээ: Судалгаанд хамрагдсан гүний худгуудын усны үндсэн анион, катион болох Ca²⁺, Mg²⁺, CO₃²⁻, HCO₃⁻, Cl⁻ ионуудыг эзлэхүүний аргаар, SO₄²⁻-н ионыг жингийн аргаар тус тус тодорхойлсон. Мөн NH₄⁺, Fe_{нийт}, NO₃⁻, NO₂⁻, F⁻, PO₄³⁻ ионыг S2100UV маркийн

спектрофотометрийг ашиглан тодорхойлов [9]. Бичил элементийн шинжилгээг индукцийн холбоост плазмын-масс спектрометр (ICP-OES)-ийн аргаар тодорхойлов. Шинжилгээг Хими, химийн технологийн хүрээлэнгийн Экологийн химийн болон Багажит анализын лабораторид, цацрагийн аюулгүйн үзүүлэлтийг МУИС-ын Цөмийн физикийн судалгааны төвд тус бүр хийж гүйцэтгэв.

Хүнд металлын бохирдлын индекс: Хүнд металлын бохирдлын индекс (HPI)-ийг тодорхойлсноор усны чанарыг үнэлэх боломж бүрддэг байна [10, 11]. Усан дахь хүнд металлын бохирдлын индексийг дараах томъёогоор тооцоолж, тархалтын зураглалыг ArcGIS 10.8 программыг ашиглан үзүүлэв.

$$HPI = \frac{\sum_{i=1}^{i=n}(Q_i \times W_i)}{\sum_{i=1}^{i=n}(W_i)} \quad (1)$$

Q_i-дэд индекс

W_i - i параметрийн нэгж жин

n- судалгаанд хамрагдсан параметрийн тоо

$$Q_i = \frac{V_i}{S_i} \times 100 \quad (2)$$

V_i - i параметрийн металлын утга, мкг/л

S_i - i параметрийн стандарт утга, мкг/л

$$W_i = \frac{1}{S_i} \quad (3)$$

ҮР ДҮН, ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Физик-химийн шинж чанар: Усны орчин (pH), исэлдэн ангижрах потенциал (ORP), цахилгаан дамжуулах чанар (EC) болон нийт ууссан давс (TDS) нь тухайн усны шинж чанарыг тодорхойлдог гол үзүүлэлтүүд юм. Энэхүү судалгаанд хамрагдсан гүний худгуудын физик-химийн үзүүлэлтүүдийг Хүснэгт 1-т үзүүлэв. Тус хүснэгтээс харахад гүний худгуудын усны pH 7.55-8.50 буюу саармагаас шүлтлэг орчинтой байгаа бөгөөд pH-ийн утгаараа MNS 0900:2018 болон Дэлхийн Эрүүл Мэндийн Байгууллага (ДЭМБ)-аас гаргасан улс орнуудын мөрдөж буй үндэсний стандартуудын шаардлагыг хангаж байна [12, 13].

Нийт эрдэсжилт нь тухайн усны цахилгаан дамжуулах чанар (EC) болон нийт ууссан давс (TDS)-тай шууд хамааралтай байдаг. Судалгаа хийсэн гүний худгуудын усны цахилгаан дамжуулах чанар (EC) 50.8-406 mS/m, нийт ууссан давс (TDS) 226-1570 ppm байна. Судалгааны дүнгээс харахад 9 сумын 29 гүний худгийн ус нь цахилгаан дамжуулах чанараараа (EC) Монгол улсад мөрдөгдөж байгаа ундны усны стандарт MNS 0900:2018 шаардлагыг хангахгүй, харин ДЭМБ-аас

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

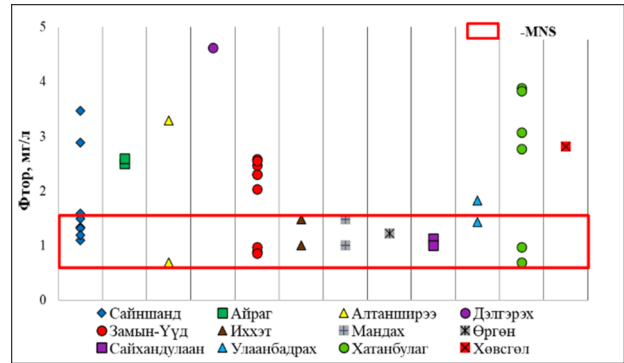
№	Үзүүлэлтүүд	Бага	Их	Дундаж	MNS 0900:2018	ДЭМБ-с гаргасан УОС	MNS 0900:2018 (ЗДА)-с хэтгэсэн худгууд
1	pH	7.55	8.50	7.90	6.5-8.5	6.5-8.5	-
2	EC, mS/m	50.8	406.0	179.88	100	250	29 гүний худаг
3	ORP, mV	132.0	180.0	164.36	-	-	-
4	TDS, ppm	226.0	1570.0	722.23	-	-	-
5	ПИЧ	0.41	9.56	1.82	10.0	-	-
6	Нийт хатуулаг, мг-экв/л	0.90	12.20	5.07	7.0	-	11 гүний худаг
7	Натри, Na ⁺	48.30	681.64	311.37	200	200	25 гүний худаг
8	Кали, K ⁺	0.20	11.10	2.32	-	-	-
9	Кальци, Ca ²⁺	8.01	104.1	51.59	100	150-300	2 гүний худаг
10	Магни, Mg ²⁺	3.65	86.34	30.34	30	<150-300	16 гүний худаг
11	Аммони, NH ₄ ⁺	-	0.23	0.08	1.5	1.5	-
12	Төмөр, Fe _{нийт}	-	-	-	0.3	0.3	-
13	Карбонат, CO ₃ ²⁻	-	30.0	16.0	-	-	-
14	Гидрокарбонат, HCO ₃ ⁻	195.2	457.5	313.92	-	-	-
15	Хлор, Cl ⁻	27.8	847.92	269.54	350	250	11 гүний худаг
16	Сульфат, SO ₄ ²⁻	39.5	635.36	241.32	500	250	2 гүний худаг
17	Нитрит, NO ₂ ⁻	-	1.78	0.16	1.0	3.0	1 гүний худаг (Сайншанд)
18	Нитрат, NO ₃ ⁻	0.4	101.47	30.64	50	50	6 гүний худаг
19	Фосфат, PO ₄ ³⁻	-	0.1	0.02	3.5	-	-
20	Фтор, F ⁻	0.7	4.62	1.91	0.7-1.5	1.5	18 гүний худаг
21	Нийт эрдэсжилт	445.75	2666.22	1263.87	1000	-	19 гүний худаг

Тайлбар: ЗДА-Зөвшөөрөгдөх дээд агууламж, ДЭМБ-Дэлхийн эрүүл мэндийн байгуулага, УОС-Улс орнуудын стандарт

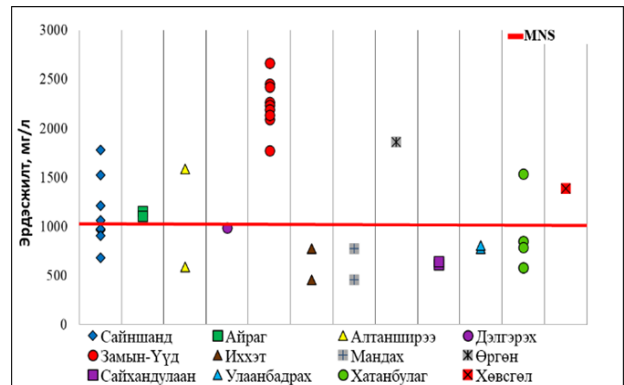
гаргасан улс орнуудын мөрдөж буй ундны усны стандартын шаардлагыг Замын-Үүд сумын 9 худаг, Сайншанд сумын 1 худгийн ус хангахгүй байна (Хүснэгт 1).

Химийн найрлага: Кальци, магни, кали, натри, гидрокарбонат, сульфат, хлорын ион нь гадаргын болон гүний усанд хамгийн ихээр агуулагддаг гол элементүүд юм. Судалгаанд хамрагдсан гүний худгуудын усны химийн шинжилгээний үр дүнг Монгол улсад мөрдөгдөж байгаа ундны усны стандарт MNS 0900:2018 болон ДЭМБ-аас гаргасан улс орнуудын ундны усны стандарттай харьцуулан (Хүснэгт 1)-т үзүүлэв. Тус хүснэгтээс харахад гүний худгуудын усны нийт хатуулаг 0.9-12.2 мг-экв/л буюу маш зөөлнөөс маш хатуу, нийт эрдэсжилт 445.75-2666.22 мг/л буюу цэнгэгээс давсархаг усны ангилалд хамаарагдаж байна. Дорноговь аймгийн гүний худгуудын усанд үндсэн катион болох натри (Na⁺) 48.3-681.64 мг/л, кальци (Ca²⁺) 8.01-104.1 мг/л, магни (Mg²⁺) 3.65-86.34 мг/л, кали (K⁺) 0.2-11.1 мг/л байхад анионуудаас гидрокарбонат (HCO₃⁻) 195.2- 457.5 мг/л, хлор (Cl⁻) 27.8-847.92 мг/л, сульфат (SO₄²⁻) 39.5-635.36 мг/л, нитрат (NO₃⁻) 0.4-101.47 мг/л, фтор (F⁻) 0.7-4.62 мг/л тус тус агуулагдаж байгааг тодорхойлов. Эдгээр үр дүнгээс харахад нийт хатуулгаараа 28%, натри 64%, кальци 5%, магни 41%, хлор 28%, сульфат 5%, нитрат 15%, фтор 46%, нийт эрдэсжилт 49% нь ундны усны стандарт шаардлага хангахгүй байна. Мөн тус аймгийн гүний худгуудын усны фтор болон нийт эрдэсжилтийн агуулга ихэнх сорьцонд өндөр байгааг MNS 0900:2018 стандарттай харьцуулж (Зураг 2, 3)-т үзүүлэв.

Зураг 2, 3-аас харахад судалгаанд хамрагдсан гүний худгуудаас 8 сумын 18 худгийн ус фторын ионы



Зураг 2. Дорноговь аймгийн гүний худгуудын фторын ионы агуулга

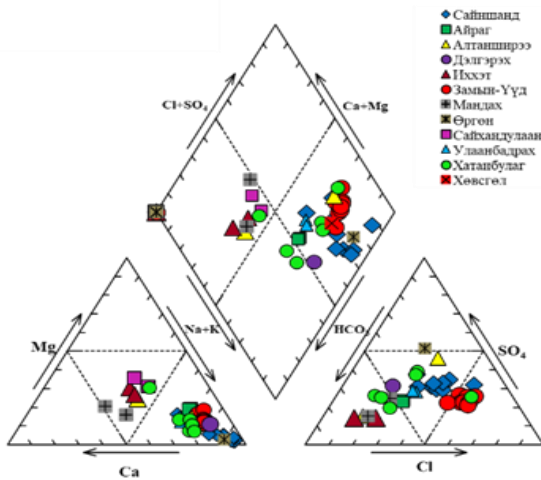


Зураг 3. Дорноговь аймгийн гүний худгуудын нийт эрдэсжилт

агуулгаараа, 7 сумын 19 худгийн ус нийт эрдэсжилтээрээ MNS стандарт шаардлага хангахгүй байна. Энэ нь тухайн аймаг гадаргын усны урсацгүй, гүний уснаас тэжээгддэг мөн Монгол орны газрын доорх усны зүй тогтол хойноос урагш чиглэлд эрдэсжилт нэмэгддэг зэрэгтэй хамааралтай байна. Мөн Дорноговь аймгийн ихэнх сумын нутагт

газрын доорх янз бүрийн эрдэс, чулуулгийн орд ихтэй тул гүний усыг сонгомол элементүүдээр баяжуулан эрдэсжилтийг нэмэгдүүлж байна. Түүнчлэн тус аймгийн гүний усны фторын ионы агуулга стандартын дээд утгаас өндөр байгаа нь Монгол улсын нийт хайлуур жоншны 30%-ийн нөөц байдагтай холбоотой юм.

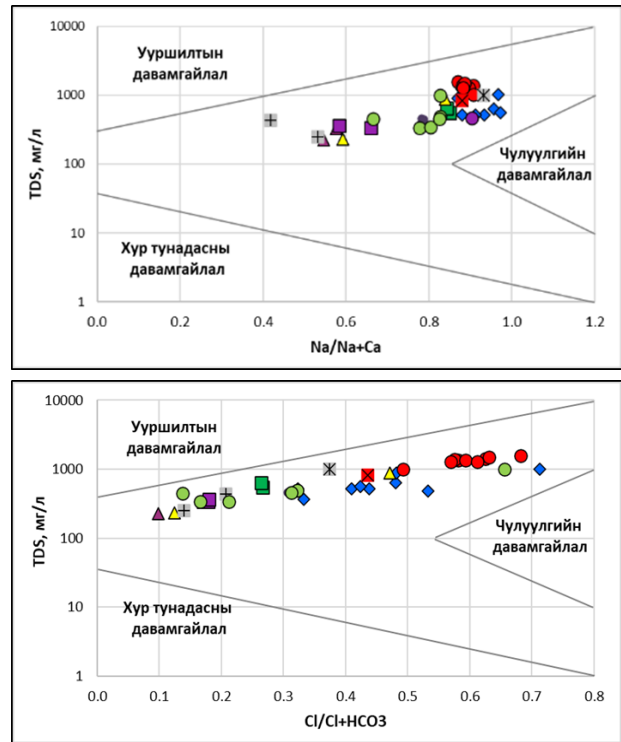
Дорноговь аймгийн гүний худгуудын усны химийн найрлагыг гурвалжингийн диаграммаар [14] үзүүлэв (Зураг 4). Тус диаграммын катионы гурвалжингаас харахад 31 худгийн усанд натрийн ион давамгайлж байхад 8 гүний худгийн усанд кальци, магни ион давамгайлсан байна. Харин анионы гурвалжингаас харахад ихэнх худгийн усанд Cl⁻ ион зонхилж байхад 5 сумын 10 худгийн усанд HCO₃⁻, Өргөн сумын 1 худгийн усанд HCO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻ ион тус тус давамгайлсан байна. Үүнээс үзэхэд Дорноговь аймгийн ихэнх сумдын гүний худгуудын ус нь Cl⁻, SO₄²⁻-Na⁺ төрлийн, 5 сумын 10 худгийн ус HCO₃⁻-Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ төрлийн холимог найрлагатай усны ангилалд хамаарагдаж байна.



Зураг 4. Судалгаанд хамрагдсан гүний худгуудын химийн найрлагын гурвалжингийн диаграмм

Ус, чулуулгийн харилцан үйлчлэл: Гиббсийн диаграммыг газрын доорх усны гидрохимийн бүрэлдэхүүнийг үнэлэн тодорхойлоход ашигладаг. Тухайн усны нийт ууссан давсны утгыг давамгайлсан катионууд $[Na^+ / (Na^+ + Ca^{2+})]$ болон анионууд $[Cl^- / (Cl^- + HCO_3^-)]$ - тай харьцуулж гаргадаг [15, 16]. Судалгаанд хамрагдсан гүний худгуудын усны химийн найрлага болон физик-химийн үзүүлэлтийг ашиглан Гиббсийн диаграмм байгуулан Зураг 5-д үзүүлэв. Уг диаграммаас харахад гүний худгуудын усны Гиббсийн харьцаа 0.4-0.97 болон 0.1-0.72 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 [17]. Үүнээс үзэхэд Дорноговь аймгийн гүний худгуудын ус нь ус

чулуулгийн харилцан үйлчлэлд орж усны бүтэц, химийн найрлага тухайн орчны геологийн тогтоц болон чулуулгаас хамаарч байгааг харуулж байна.



Зураг 5. Гүний худгуудын усны Гиббсийн диаграмм

Микроэлемент: Дорноговь аймгийн гүний худгуудын усанд микроэлементийн шинжилгээг 52 үзүүлэлтээр тодорхойлсон ба үүнээс 20 элементийг сонгон стандарттай харьцуулан Хүснэгт 2-т үзүүлэв. Тус аймгийн судалгаанд хамрагдсан 39 гүний худгийн усны 46% хүнцэл, 23% селен, 28% стронци,

Хүснэгт 2. Дорноговь аймгийн гүний худгуудын усны микроэлементийн агуулга, мкг/л

Үзүүлэлтүүд	Бага	Их	MNS*	УОС**
Ag (Мөнгө)	<0.2		100	-
Al (Хөнгөнцагаан)	<10		500	-
As (Хүнцэл)	0.97	60.8	10	10
Ba (Бари)	10	110	700	700
Be (Биндэр)	0.1	0.2	0.2	-
Co (Албин)	0.07	1.31	-	-
Cr (Хром)-нийт	<10		50	50
Cd (Зөөлөнцагаан)	0.01	0.68	3	3
Cr (Хром)-нийт	<10		50	50
Cu (Зэс)	<5		2000	2000
Hg (Мөнгөн Ус)	<0.5		1	6
Mn (Манган)	<5		100	-
Mo (Анзан)	3.4	68.7	70	70
Ni (Никель)	0.3	2.9	20	70
Pb (Хар тугалга)	0.7	0.7	10	10
Sb (Хэврэг цагаан)	0.2	1.7	20	20
Se (Селен)	2.2	279	40	40
Sr (Стронци)	132	4230	2000	-
U (Уран)	0.574	171	30	30
Zn (Цайр)	12	108	5000	-

Тайлбар: *MNS 0900:2018, **УОС - Дэлхийн эрүүл мэндийн байгууллагаас гаргасан улс орнуудын стандарт

Хүснэгт 3. Гүний худгуудын хүнд металлын бохирдлын индекс

№	Хүнд металлууд	Дундаж утга, V_i	Стандарт утга, S_i	Нэгж утга, W_i	Дэд индекс, Q_i	$W_i \times Q_i$	HPI
1	As (Хүнцэл)	10.77	10	0.100	107.70	10.77	17.88
2	Cd (Зөөлөнцагаан)	0.084	3	0.333	2.80	0.93	1.55
3	Mn (Манган)	49.62	100	0.010	49.62	0.50	0.82
4	Pb (Хар тугалга)	0.51	10	0.100	5.10	0.51	0.85
5	Se (Селен)	42.82	40	0.025	107.05	2.68	4.44
6	Sr (Стронци)	1261.9	2000	0.001	63.10	0.03	0.05
7	U (Уран)	43.5	30	0.033	145.00	4.83	8.02
8	Zn (Цайр)	14.1	5000	0.000	0.28	0.00006	-
Нийт				0.602		20.25	33.62

56% ураны агуулгаараа MNS 0900:2018 болон ДЭМБ-аас гаргасан улс орнуудын ундны усны стандарт шаардлагыг хангахгүй байна (Хүснэгт 2) [12, 13]. Дэлхийн царцдас дахь ураны тархалт анзан, хүнцэлтэй холбоотой байдаг бөгөөд судлаач Х.Цоохүү нарын “Монгол орны ундны усан дахь ураны судалгаа”-ны ажлын үр дүнгээс харахад Алтанширээ (347 мкг/л), Хөвсгөл (271 мкг/л), Сайншанд (124 мкг/л), Хатанбулаг (73 мкг/л), Замын-Үүд (62 мкг/л), Өргөн (44 мкг/л), Айраг (36 мкг/л), Мандах (31 мкг/л), Иххэт (28 мкг/л), Даланжаргалан (22 мкг/л), Улаанбадрах (22 мкг/л), Эрдэнэ (21 мкг/л), Сайхандулаан (15 мкг/л) сумдын усанд уран илэрсэн байхад бидний судалгаагаар мөн адил Алтанширээ, Хөвсгөл, Сайншанд, Хатанбулаг, Замын-Үүд, Айраг, Иххэт, Улаанбадрах зэрэг 8 сумын гүний худгийн усанд уран 30.4-171 мкг/л агуулагдаж байгааг тодорхойллоо. Мөн тус судалгаагаар хүнцлийн агуулга Замын-Үүд, Мандах, Өргөн, Улаанбадрах, Сайншанд сумдуудад стандартаас хэтэрсэн байхад бидний судалгаагаар мөн адил Замын-Үүд, Мандах, Өргөн, Сайншанд зэрэг 6 сумын 18 худгийн усанд хүнцэл 10.7-60.8 мкг/л агуулагдаж байгааг тодорхойлов [18]. Микроэлементүүд ундны усанд өндөр агууламжтай байгаа нь тус аймагт уран, жонш, чулуун нүүрс гэх мэт 38 төрлийн ашигт малтмалын ордууд байдагтай хамааралтай байна.

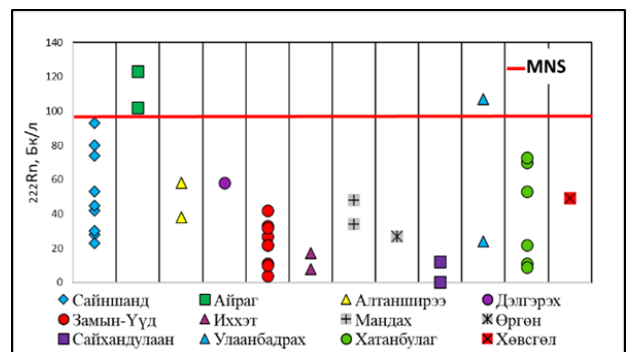
Эрдэсжилт ихтэй микроэлементийн агуулга өндөртэй усыг унданд удаан хугацаагаар хэрэглэх нь эрүүл мэндэд сөргөөр нөлөөлдөг учир цэвэршүүлэн цэнгэгжүүлж стандартад нийцсэн усыг унданд хэрэглэх шаардлагатай байна.

Хүнд металлын бохирдлын индекс: Дорноговь аймгийн гүний худгуудын усны хүнд металлын бохирдлын индекс (HPI)-г тооцоолсон дүнг Хүснэгт 3-т үзүүлэв. Хүнд металлын бохирдлын индекс (HPI) нь 100-аас бага бол тухайн усыг унд ахуйд хэрэглэхэд тохиромжтой гэж үздэг [19]. Харин (HPI) 100 болон түүнээс их бол тухайн усны нийт бохирдлын түвшин их бохирдолтой байгааг илэрхийлдэг бөгөөд ундны усанд үл зөвшөөрдөг байна [20]. Мөн түүнчлэн хүнд металлын бохирдлын индексийг (<19) бол бага, (19-38) хооронд дунд, (>38) байвал өндөр гэж гурав ангилдаг байна [21].

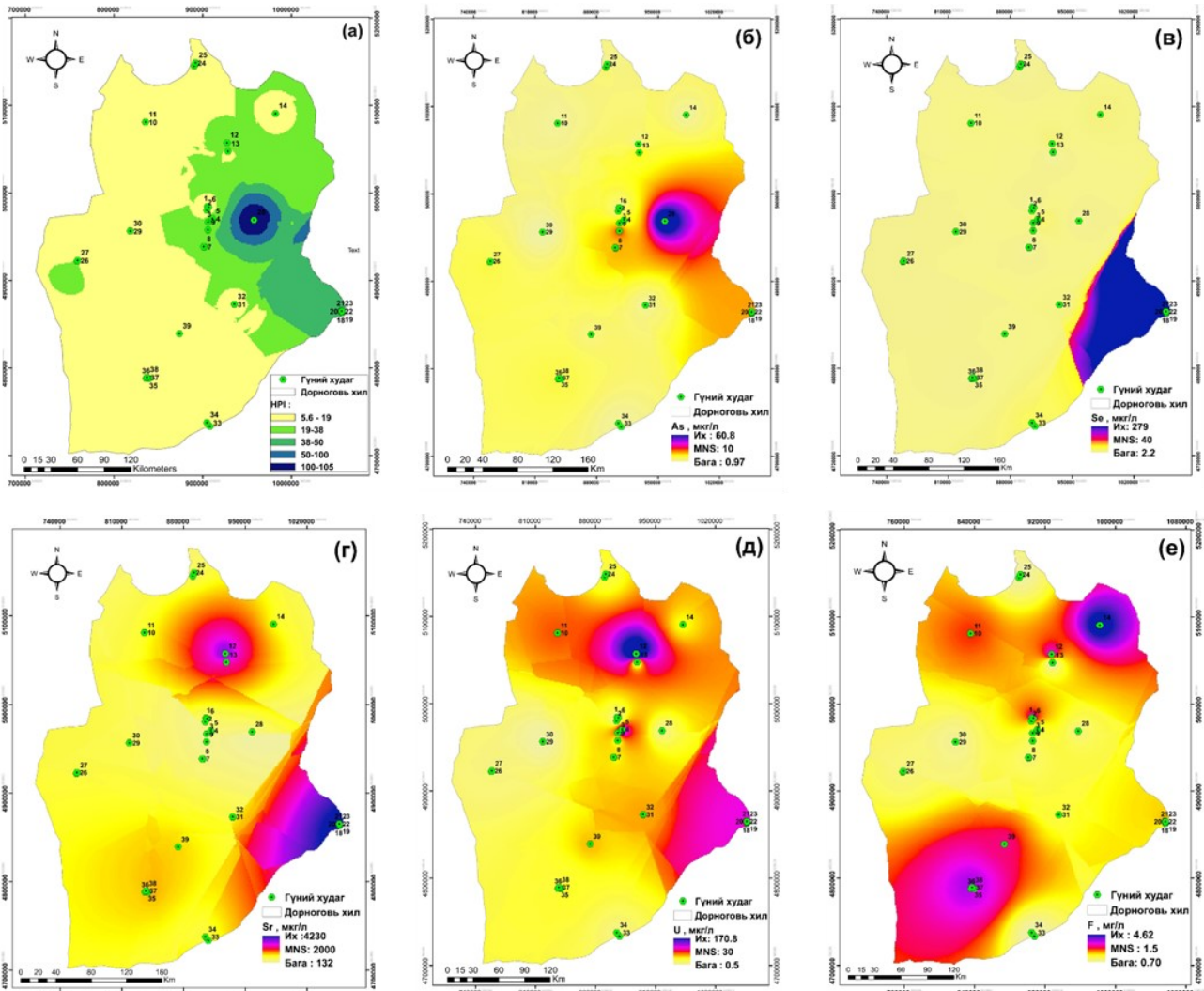
Энэхүү судалгаанд хамрагдсан 39 гүний худгуудын дундаж (HPI) олсон үр дүнг (Хүснэгт 3)-т харуулав. Үр дүнгээс харахад тус гүний худгуудын ус (HPI) =33.62 буюу судлаач Kumar PJS-н ангиллаар дунд зэргийн бохирдолтой гэж үзэж байна.

Хүнд металлын бохирдлын индекс болох HPI нь тухайн усны элементүүдийн концентрациас хамаардаг байна. Иймээс судалгаанд хамрагдсан гүний худгуудын усны бохирдлын индексийг Зураг 6-д үзүүлэв. Бохирдлын индекс тооцоолсон дүнгээс харахад Дорноговь аймгийн гүний худгуудаас 16 худаг (5.30-18.87) буюу бага бохирдолтой, 8 худаг (20.98-34.48) буюу дунд зэрэг, 15 худаг (39.51-105.7) буюу өндөр бохирдолтой ангилалд хамаарагдаж байна (Зураг 6.а.). Үүнээс үзэхэд Өргөн сумын 1 худгийн HPI (105.7) буюу судлаач Kumar PJS-н ангилалаар тухайн худгийг унданд шууд хэрэглэхгүй байх шаардлагатай байна. Зураг 6 -д үзүүлснээр Сайншанд, Алтанширээ, Замын-Үүд, Мандах, Өргөн, Хатанбулаг, Иххэт, Улаанбадрах, Хөвсгөл гэсэн 9 сумын гүний худгийн ус хүнцэл, селен, стронци, уран, фторын ионы бохирдол өндөртэй байгааг харуулж байна.

Цацрагийн аюулгүйн үзүүлэлт: Байгалийн гаралтай цорын ганц цацраг идэвхт хий болох радон (^{222}Rn) нь хөрс, чулуулаг, усан дахь уран болон радийн цацраг идэвхт задралаас үүсдэг [22]. Мөн радон (^{222}Rn) нь хий төлөвтэй, усанд уусдаг шинж чанартай учраас газар доорх болон хөрсний усанд чөлөөтэй тархах боломжийг бүрдүүлдэг. Иймээс усанд радоны хэмжээг тодорхойлон цацрагийн эрүүл ахуйд нийцэх эсэхийг хянаж байх шаардлагатай. Мөн түүнчлэн газрын доорх усан



Зураг 7. Гүний худгуудын усны цацрагийн аюулгүйн үзүүлэлт



Зураг 6. (а) NPI-н тархалт, (б) хүнцэл, (в) селен, (г) стронци, (д) уран, (е) фторын агуулга

дахь радоны хэмжээ гадаргын усан дахь радоны хэмжээнээс харьцангуй өндөр байдаг [23]. Судалгаанд хамрагдсан гүний худгуудын усанд ^{222}Rn болон түүний задралын бүтээгдэхүүн болох ^{226}Ra , ^{238}U , ^{214}Pb , ^{214}Bi гэсэн үзүүлэлтүүдийг тодорхойлсон үр дүнгээс радоны агуулгыг (Зураг 7)-д үзүүлэв. Судалгаанд хамрагдсан 39 ус хангамжийн эх үүсвэрийн гүний худгуудаас Айраг сумын 2 худгийн усанд радон ^{222}Rn 102-123 Бк/л, Улаанбадрах сумын 1 худгийн усанд (^{222}Rn) 107 Бк/л агуулагдаж байгаа нь ундны усны стандарт MNS 0900:2018 шаардлагыг хангахгүй байна. Энэ нь усанд агуулагдах ^{226}Ra -аас үүсээгүй, харин тухайн орон нутгийн цаг агаарын нөхцөл, геологийн тогтоц мөн чулуулгаас хий байдалтай үүсэх ^{222}Rn -ыг ус өөртөө уусган авдаг зэргээс үүсэлтэй гэж үзэж байна.

ДҮГНЭЛТ

Дорноговь аймгийн иргэдийн унд ахуйн хэрэгцээндээ ашиглаж буй гүний худгуудын ус саармагаас шүлтлэг орчинтой, маш зөөлнөөс маш хатуу, цэнгэгээс давсархаг, Cl^- , SO_4^{2-} - Na^+ ; HCO_3^- , Cl^-

- Na^+ ; HCO_3^- - Na^+ , Ca^{2+} -ийн төрлийн холимог найрлагатай усны ангилалд хамаарагдаж байна. Судалгаанд хамрагдсан 39 гүний худгаас ерөнхий химийн найрлагаараа 34, микроэлементийн агуулгаараа 29, цацрагийн аюулгүйн үзүүлэлтээрээ 3 худгийн ус нь Монгол улсад мөрдөгдөж байгаа ундны усны стандарт MNS 0900:2018 болон Дэлхийн Эрүүл Мэндийн байгууллагаас гаргасан улс орнуудын мөрддөг ундны усны стандарт шаардлагыг хангахгүй байгааг тогтоов. Мөн тус аймгийн гүний худгуудын усны хүнд металлын бохирдлын индексийг тооцоолоход 15 худгийн ус өндөр бохирдолтой, 1 худгийн ус унд ахуйд хэрэглэхэд тохиромжгүй болохыг тодорхойлов. Дорноговь аймаг эрдэс, чулуулгийн орд ихтэйн улмаас гүний худгуудын ус нь ус чулуулгийн харилцан үйлчлэлд орж усны бүтэц, химийн найрлага тухайн орчны геологийн тогтоц болон чулуулгаас хамаарч байгааг тодорхойллоо. Эрдэсжилт өндөртэй усыг өдөр тутам унд ахуйд хэрэглэхэд эрүүл мэндэд тохиромжгүй учир цэнгэгжүүлэн зөөлрүүлж, стандарт шаардлага хангасан ундны усыг хэрэглэх шаардлагатай байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

1. R.R.Krishnan, K.Dharmaraj, B.D.R.Kumari (2007). A comparative study on the physicochemical and bacteriological analysis of drinking, bore well and sewage water in the three different places of Sivakasi. *Journal of Environmental Biology*. 28(1):105-108.
2. H.Annapoorna, M.R.Janardhana (2015). Assessment of groundwater quality for drinking purpose in rural areas surrounding a defunct copper mine. *Aquatic Procedia*, 4:685-692. <https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.088>
3. Ж.Батсуурь, Ж.Гэрэлчулуун, Н.Төмөрсүх (2019). Бүсчилсэн хөгжлийн үзэл баримтлалыг шинэчлэх, өмнийн говийн хөгжлийн хөтөлбөр боловсруулах судалгаа.
4. Б.Аюурзана, нар (2020). Өмнөд говийн усны судалгаа, шинжилгээний төвийн техник, эдийн засгийн үндэслэл, тайлан.
5. PatilV.T, PatilP.R (2010). Physicochemical analysis of selected groundwater samples of Amalner town in Jalgaon district, Maharashtra, India. *Journal of Chemistry*. 7:6. <https://doi.org/10.1155/2010/820796>
6. G.H.Kahsay, T.Gebreyohannes (2019). Spatial groundwater recharge estimation in Raya basin, Northern Ethiopia: an approach using GIS based water balance model. *Sustainable Water Resources Management*. 5:961-975. <https://doi.org/10.11007/s40899-018-0272-2>
7. Байгаль орчин, аялал жуулчлалын газар. (2011). Дорноговь аймгийн ашигт малтмалын товч лавлах.
8. ҮСХ (2014). Дорноговь аймаг. Статистикийн товчоон. Улаанбаатар. Адмон, 4-9. <http://www.1212.mn/>, <http://dornogovi.nso.mn>
9. Т.Булган (2008). Усны химийн шинжилгээний аргачлал. Байгаль орчин, аялал жуулчлалын яам. Улаанбаатар.
10. R.Reza, G.Singh (2010). Assessment of ground water quality status by using water quality index method in Orissa, India. *World Applied Sciences Journal*. 9(12):1392-1397.
11. R.Rizwan, S.Gurdeep, K.J.Manish (2011). Application of heavy metal pollution index for ground water quality assessment in Angul District of Orissa, India. *International Journal of Research in Chemistry and Environment*. 1(2):118-122.
12. MNS 0900:2018. Хүрээлэн буй орчин. Эрүүл мэндийг хамгаалах. Аюулгүй байдал. Ундны ус. Эрүүл ахуйн шаардлага, чанар, аюулгүй байдлын үнэлгээ.
13. WHO (2018). A global overview of national regulations and standards for drinking-water quality. ISBN 978-92-4-151376-0
14. Д.Ганчимэг, Д.Оюунцэцэг, Ж.Оюунцэцэг, Р.Уламбаяр, Л.Мандахсайхан, Г.Одонтуяа (2013). Унд рашаан усны чанарын судалгаа, хаягдал ус ашиглалтын технологи. ШУА, Хими, химийн технологийн хүрээлэн, тайлан. Улаанбаатар.
15. R.J.Gibbs (1970). Mechanism controlling world water chemistry. *Science*. 170(3962):1088-1090. <https://doi.org/10.1126/science.170.3962.1088>
16. 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. Hindawi Publishing Corporation. *Journal of Chemistry*. p.1-14. <https://doi.org/10.1155/2015/726340>
17. 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. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 28 (5):1135-1145. <https://doi.org/10.1007/s00477-013-0803-1>
18. Х.Цоохүү, О.Болормаа, нар (2019). Монгол орны ундны усан дахь ураны судалгаа. Улаанбаатар.
19. A.Balakrishnan, A.Ramu (2016). Evaluation of heavy metal pollution index (HPI) of ground water in and around the coastal area of Gulf of Mannar biosphere and Palk Strait. *Journal of Advanced Chemical Sciences*. 2(3):331-333.
20. B.Prasad, K.Sangita (2008). Heavy metal pollution index of ground water of an abandoned open cast mine filled with fly ash: a Case study, *Mine Water and the Environment*. 27:265-267. <https://doi.org/10.1007/s10230-008-0050-8>
21. P.J.S.Kumar, P.D.Delson, P.T.Babu (2012). Appraisal of heavy metals in groundwater in Chennai city using a HPI model. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 89 (4):793-798. <https://doi.org/10.1007/s00128-012-0794-5>
22. Ц.Эрхэмбаяр, Н.Наран-Эрдэнэ, Ц.Тодгэрэл, Н.Норов (2015). Усан дахь цацраг идэвх радон, түүний хэрэглээ. *ШУТИС, Эрдэм Шинжилгээний Бүтээлийн Эмхэтгэл*, 01:180.
23. Н.Норов, Ц.Оюунчимэг, Г.Хүүхэнхүү (2016). Монгол орны усан дахь радоны судалгаа. Улаанбаатар. 64-82.

Hydrochemical study of the wells water in Dornogobi province

Amarjargal Ichinnorov¹, Gombosuren Odontuya¹, Ganpurev Dulamsuren¹, Zolboot Buyanjargal¹,
Battulga Dariimaa¹, Otgonbayar Khureldavaa¹, Andarai Tsiiregzen¹, Dolgorjav Oyuntsetseg^{1*}

¹Laboratory 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](https://orcid.org/0000-0001-5278-1580)

Submitted: 15.10.2022

Reviewed: 10.11.2022

Accepted: 25.12.2022

Abstract: This study aimed to assess water quality depending on a detailed study of the well waters for drinking purposes in Dornogobi province and show the result of the study to local residents. 39 well water samples were collected from 12 sums of Dornogobi province. Determinations of all samples are performed by water quality parameters such as radiological, physicochemical, and chemical compositions. The results were compared with the national standard (MNS 0900:2018) and with World health organization (WHO, 2017) guidelines for drinking water quality. The chemical data demonstrates that the well waters were neutral to alkaline (pH 7.55-8.50), total hardness was softened to very hard (0.90-12.20 meq/L) and mineralization was fresh to brackish (TDS 445.75-2666.22 mg/L). The hydrochemical data indicates that 39 well waters belong to the Cl⁻, SO₄²⁺-Na⁺; HCO₃⁻, Cl⁻-Na⁺; HCO₃⁻-Na⁺, Ca²⁺ type of water. Also following these well waters that 19 with arsenic, 9 with selenium, 11 with strontium, 18 with fluoride, and 22 with uranium were overrated by the permissible concentration of MNS 0900:2018 for the following microelement properties. In the study result, 38 well waters were unsuitable for drinking water by their permissible value such as total hardness, mineralization, As, Se, Sr, F, and U of national standard. It shows that well waters are caused by the rock-water interaction area indicated by hydrochemical processes.

Keywords: *drinking water, microelement, well, chemical component, fluoride*

© The Author(s). 2022 **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.v10i10.2593>