



Төвийн болон зүүн бүсийн рашаан төст булгуудын химийн найрлагын харьцуулсан судалгаа

О.Хүрэлдаваа*, Г.Одонтуяа, А.Цийрэгзэн, Д.Оюунцэцэг, Б.Дариймаа, Б.Амарсанаа

Шинжлэх ухааны академи, Хими, химийн технологийн хүрээлэн, Улаанбаатар 13330, Монгол улс

*E-mail: khureldavaa@gmail.com

Хүлээн авсан: 21.10.2018

Хяналтанд: 03.11.2018

Хэвлэлтэнд авсан: 22.11.2018

Хураангуй: Энэхүү судалгаагаар Хөвсгөл (WS1, WS2), Архангай (WS3-WS5), Хэнтий (WS6-WS11), Дорноговь (WS12) аймгуудын 2017, 2018 онуудад цуглуулсан рашаант төст булгуудын усны дээжинд физик-химийн үзүүлэлт болон микроэлементүүдийн шинжилгээ хийж, химийн найрлагыг тодорхойлсон. Төвийн бүсийн рашаант төст (WS1-WS5) булгуудын ус нь саармагаас сул шүлтлэг (pH-7.21-7.65) байхад зүүн бүсийн рашаант төст (WS6-WS12) булгуудын ус нь сул хүчиллэгээс сул шүлтлэг орчинтой (5.68-7.86) байгаа ба цахилгаан дамжуулах чанар (EC) нь 10.1-56.5 mS/m, исэлдэн ангижрах потенциал (ORP) -236-184 mV байна. Эдгээрээс WS1, WS8, WS10 зэрэг рашаан төст булгийн усанд ORP нь -236 mV, -22 mV, -56 mV илэрсэн нь бусад рашаан төст булгуудаасаа ихээхэн онцлогтой бөгөөд эдгээр уснууд нь ангижрах шинж чанартай байгааг илтгэж байна. WS1-WS4, WS6 зэрэг рашаант төст булгийн ус нь $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ -ийн төрлийн байхад WS5, WS7-10, WS12 рашаан төст булгийн уснууд нь $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg-Na}$ -ийн төрлийн холимог найрлагатай, харин зөвхөн WS11 рашаан төст булгийн ус нь $\text{HCO}_3\text{-Na-Ca}$ -ийн төрлийн усны ангилалд тус тус багтаж байгааг тодорхойлсон. Судалгаанд хамрагдсан рашаан төст булгуудын ус нь Гиббсийн диаграмаар чулуулаг давамгайлсан бүсэд оршиж байгаа бөгөөд эдгээр рашаан төст булгууд нь ус-чулуулгийн харилцан үйлчлэлд орж байгааг харуулж байна. WS11 болон WS12 рашаан төст булгуудын усанд цацраг идэвхит ^{222}Rn (241-339 Бк/л) болон түүний задралын бүтээгдэхүүн болох ^{214}Pb (307-315 Бк/л), ^{214}Bi (268-371 Бк/л) илэрсэн нь бусад рашаан төст булгуудаас онцлог бөгөөд радонтай рашааны ангилалд хамаарагдаж байна.

Түлхүүр үг: Рашаан төст булаг, микроэлемент, химийн найрлага, цацраг идэвх, радон

ОРШИЛ

Ус бол дэлхий дээрх бүхий л амьдралын чухал бүрэлдэхүүн хэсгийн нэг бөгөөд хүн, нийгэм-эдийн засгийн хөгжил, экосистем оршин тогтноход маш чухал үүрэгтэй [1]. Усны байгалийн эх үүсвэр нь гол мөрөн, далай, горхи, нуур, булаг шанд, рашаан зэрэг гадаргын ус болон худаг, цооног зэрэг байдаг. Усны чанар нь физик-хими, эрдэс, цацраг идэвхи болон биологийн шинж чанараас хамаардаг [2, 3]. Гадаргын болон газрын доорхи усны найрлага нь газрын доорхи усны гидрологи, биологи, газар зүйн байрлал, өндөрлөг зэргээс ихээхэн хамааралтай бөгөөд урсацын хэмжээ, усны түвшин нь цаг уурын нөхцөл байдал, улиралын онцлог зэргээс хамаарч өөрчлөгдөж байдаг. Тиймээс газар зүйн байршлын хувьд өөр өөр газрын усны гарал үүсэл, эх үүсвэрийг тогтоон үнэлж судалсанаар тухайн усыг ундны зориулалтаар хэрэглэхэд тохиромжтой эсэхийг тодорхойлдог [2, 4]. Усны чанарт байгалийн болон хүний үйл ажиллагаа ихээхэн нөлөөлдөг. Байгалийн нөлөөллийн хамгийн чухал нь геологи, гидрогеологи, цаг уурын хүчин зүйл бөгөөд усны чанар болон тоон хэмжигдэхүүнд нөлөөлдөг. Тиймээс гадаргын болон газрын доорхи

усны химийн шинж чанарыг ойлгох нь усны нөөцийн тогтвортой менежмент, бодлого боловсруулахад чухал ач холбогдолтой юм. Байгалийн рашаан ус нь цэвэр ариун байдал, эрдэслэг болон тэжээллэг (шимт) шинж чанараараа хүний биед илүү их ач тустай. Рашаан ус нь гидрохимийн онцгой найрлагатай, тогтвортой хөдөлгөөнт шинж чанартай, урт удаан хугацааны туршид ус-чулуулгийн харилцан үйлчлэлээс үүссэн байдаг [1]. Рашаан усны физик-химийн найрлага, эмчилгээний идэвхи, гарал үүсэл зүй тогтолыг судлах нь шинжлэх ухааны чухал ач холбогдолтой байдаг. Байгалийн рашаан усны шинж чанарыг судлахдаа дараах судалгаануудыг онцлон авч үзэх хэрэгтэй [5]. Үүнд :

- Геологи болон гидрогеологийн нарийвчилсан тодорхойлолт, газар зүйн шинж чанар, гидрогеологийн давхаргын үе давхаргын зураглал болон ус хурах үйл явцын тодорхойлолт
- Физик-химийн шинжилгээний эцсийн үр дүн (рашаан усны урсгалын хурд, эх үүсвэр дээрх температур, хуурай үлдэгдэл, анион, катион, микро элемент гэх мэт)

- Микробиологи, бохирдлын үзүүлэлтгүй байх
- Фармакологи, физиологи, эмнэлзүйн боломж болон урт хугацааны шинжлэх ухааны судалгаа

Монгол улсын хэмжээнд рашааныг тархалт, зүй тогтол, температур, хийн бүрдэл болон геохимийн шинж чанараас нь хамааруулан азотын төрлийн халуун рашаан, нүүрсхүчлийн хийтэй хүйтэн рашаан, эрдэжилт ихтэй метаны төрлийн хүйтэн рашаан, янз бүрийн найрлагатай рашаан төст ус гэж 4 бүлэгт ангилжээ [6]. Эдгээрээс рашаан төст булгууд нь аль нэг шинж чанар, үзүүлэлтээрээ өөр хоорондоо төсөөтэй тодорхой анги төрлийг бүрдүүлж байдаг. Гэтэл зарим нь бие биенээсээ ихээхэн ялгаатай шинж чанартай ба тэдгээр нь $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$, $\text{HCO}_3\text{-Na-Ca}$, $\text{HCO}_3\text{-Na-Ca-Mg}$ -ийн төрлийн цэнгэг устай булгууд байдаг. Эдгээр булгийн ус нь бальнеологийн шалгуур

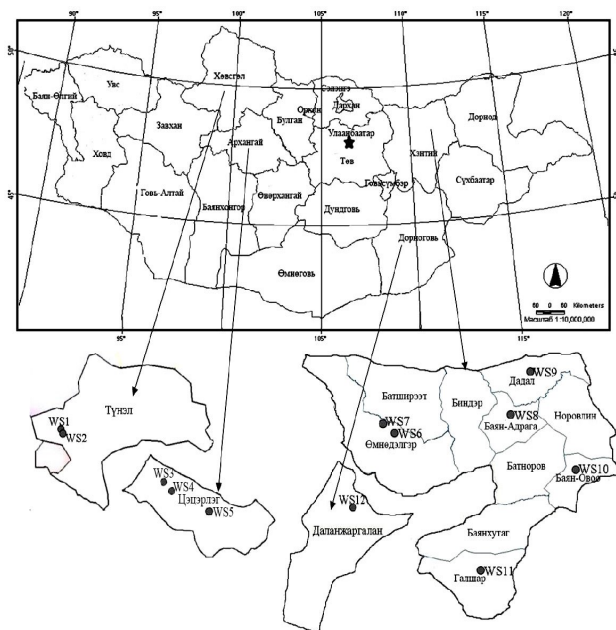
үзүүлэлтийг ямар нэг үзүүлэлтээрээ хангадаггүй боловч олон арван жил нутгийн ардууд рашаан хэмээн нэрлээд эмчилгээ сувилгаанд ашиглаж ирсэн уламжлалт хэрэглээтэй рашаан булгийг рашаан төст усны ангилалд хамааруулдаг. Бидний энэ удаагийн судалгаанд Монгол орны Төвийн болон Зүүн бүсийн хангай, тал хээр, говийн районд орших рашаан төст булгуудын физик-химийн найрлага, шинж чанарыг тодорхойлж тэдгээрийг харьцуулан судлах ажлыг хийж гүйцэтгэсэн. Төвийн бүсийн Хөвсгөл (WS1, WS2), Архангай (WS3-WS5), зүүн бүсийн Хэнтийн хойд сумдын (WS6-WS9) болон тал хээр, говийн нутгийн Хэнтийн урд сумд, Дорноговь (WS10- WS12) аймгуудын нутагт орших рашаан төст булгууд судалгаанд хамрагдсан.

СУДАЛГААНЫ МАТЕРИАЛ, АРГА ЗҮЙ

Энэхүү судалгаанд Архангай, Хөвсгөл, Хэнтий, Дорноговь аймгуудын нутагт орших рашаан төст булгуудын дээжүүдийг 2017, 2018 онуудад цуглуулан хийсэн рашаан төст булгуудын усны судалгааг хамруулав. Дээж авсан газруудын байршлыг *Хүснэгт 1, Зураг 1*-д үзүүлэв. Эдгээр рашаан төст булгуудын шинжилгээг хийхдээ лабораторийн болон хээрийн судалгааны (газар дээр нь) стандарт аргуудыг хэрэглэсэн.

Хээрийн судалгаа: Бид рашаан төст булгуудын усны химийн шинжилгээний дээж авч, газар дээр нь температур, усны орчин (pH), цахилгаан дамжуулалт (EC), исэлдэн ангижрах потенциал (ORP) зэрэг үзүүлэлтүүдийг тодорхойлов. Рашаануудын pH, EC, ORP-ийг (HM-30P) (CM-31P), (RM-30P) маркийн Япон улсын дижитал багажаар физик хэмжилтүүдийг хийсэн.

Лабораторийн шинжилгээ: Рашаан төст булгуудын голлох катион, анион (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^-) –уудыг титрийн аргаар, SO_4^{2-} -ийн ионыг жингийн аргаар тус тус



Зураг 1. Рашаан төст булгуудын дээж авсан цэгүүдийн байршил

Хүснэгт 1. Рашаан төст булгуудын нэр, байршил

№	Дээж авсан нутаг	Рашаан төст булгийн нэр	Дээжний дугаар	Уртраг	Өргөрөг
1	Хөвсгөл, Түнэл сум	Наранбумбат- H_2S	WS1	100°17'14"	49°54'24"
2	Хөвсгөл, Түнэл сум	Наранбумбат	WS2	100°17'19"	49°02'00"
3	Архангай, Цэцэрлэг сум	Цагаан толгой	WS3	100°17'41"	48°54'24"
4	Архангай, Цэцэрлэг сум	Мухар хужирт	WS4	101°09'56"	48°45'25"
5	Архангай, Цэцэрлэг сум	Хануйн хүрэм	WS5	101°36'08"	48°44'39"
6	Хэнтий, Өмнөдэлгэр сум	Энгэр булаг	WS6	109°34'33"	48°19'06"
7	Хэнтий, Өмнөдэлгэр сум	Бархын рашаан	WS7	-	-
8	Хэнтий, Баян-адрага сум	Сахар	WS8	110°50'20"	48°34'32"
9	Хэнтий, Дадал сум	Хажуу булаг	WS9	111°36'54"	49°02'42"
10	Хэнтий, Баян-овоо сум	Мухар булаг	WS10	112°05'23"	47°46'51"
11	Хэнтий, Гал шар сум	Буянт булаг	WS11	110°50'49"	46°13'91"
12	Дорноговь, Даланжаргалан сум	Далантүрүү	WS12	109°20'84"	46°11'75"

Хүснэгт 2. Рашаант төст булгуудын усны физик үзүүлэлт болон химийн найрлага

	WS1	WS2	WS3	WS4	WS5	WS6	WS7	WS8	WS9	WS10	WS11	WS12
pH	7.21	7.28	7.36	7.65	7.21	6.34	7.53	6.79	5.68	7.86	7.86	7.85
EC	56.5	51.6	49.7	39.1	54.3	42.3	10.1	20.9	31.9	27.0	48.2	47.3
ORP	-236	72	165	137	164	184	83	-22	71	-56	48	30
H ⁺	0.56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TDS	217	191	157	121	154	116	30	65	90	89	184	158
TH	7.00	5.80	4.60	3.80	3.90	4.80	1.00	1.20	1.40	1.20	2.40	2.60
Na ⁺	8.34	14.8	20.3	14.6	47.6	8.08	15.6	18.1	37.7	27.2	128.2	59.1
Ca ²⁺	90.9	80.2	52.1	52.1	28.1	56.1	16.0	24.1	28.1	24.1	48.1	52.1
Mg ²⁺	25.5	21.9	24.3	14.6	30.4	24.3	2.43	9.73	14.59	9.73	14.59	12.2
HCO ₃ ⁻	415	317	317	244	348	256	61.0	122	195.2	146.4	390.4	226
Cl ⁻	10.0	10.0	10.0	13.3	10.0	6.62	6.62	6.57	6.62	23.2	23.2	26.5
SO ₄ ²⁻	8.20	47.7	2.50	3.30	4.10	34.6	20.6	28.8	39.5	5.8	68.3	65.8
NO ₂ ⁻	0.09	-	0.01	-	-	-	-	-	-	-	0.08	-
NO ₃ ⁻	0.09	0.54	0.95	1.32	1.24	2.79	4.01	0.02	1.98	0.56	43.3	22.0
H ₄ SiO ₄	25.3	15.1	25.3	17.2	27.6	33.2	22.1	29.8	34.5	28.2	30.3	45.4
TM	565.8	493.9	429.9	344.4	473.7	388.7	126.3	209.2	323.7	236.9	716.2	463.4

Илэрхийлэх нэгж: - илрээгүй (-); EC-мS/m; ORP-мV; H⁺-мг/л; анион, катион-мг/л; H₄SiO₄-мг/л; TH (нийт хатуулаг) - мг-экв/л; TM (нийт эрдэсжилт)-мг/л

тодорхойлсон. Мөн түүнчлэн H₄SiO₄ болон эрүүл ахуйн үзүүлэлт болох NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻-ийг S2100UV маркийн спектрофотометрээр тодорхойлсон. Химийн шинжилгээг Хими, химийн технологийн хүрээлэнгийн Экологийн химийн лабораторид, микро-элементийн шинжилгээг SGS лабораторид индукцийн холбоост плазмын оптик цацаргалтын спектрометрийн (ICP-OES) аргаар тус тус хийж гүйцэтгэсэн.

ҮР ДҮН, ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Рашаан төст булгуудын физик-химийн найрлага:

Судалгаа хийсэн рашаант төст булгуудын физик-химийн үзүүлэлтүүдийн үр дүнг Хүснэгт 2-т үзүүлэв. Төвийн бүсийн рашаан төст булгуудын ус саармаг буюу рН нь 7.21-7.65 байхад зүүн бүсийн рашаан төст булгуудын ус сул хүчиллэгээс сул шүлтлэг орчинтой (рН~5.68-7.86) байна. рН нь усан дахь дахь хүчиллэг, шүлтлэг чанарыг илэрхийлдэг бөгөөд усны чанарын маш чухал үзүүлэлт болж ууссан CO₂, карбонат (CO₃) болон гидрокарбонатын (HCO₃⁻) хэмжээгээр зохицуулагддаг [7, 8]. Монгол улсад мөрдөгдөж байгаа ундны ус болон рашаан усны стандартад зааснаар усны орчин 6.5-8.5, 5.5-8.5 гэж тус тус заасан байдаг [9, 10] ба судалгаа хийсэн рашаан төст булгуудын ус эдгээр стандартуудын шаардлагыг хангаж байна. Төвийн болон зүүн бүсийн рашаан төст булгуудын усыг харьцуулахад төвийн бүсийн булгуудын ус саармаг орчинтой, зүүн бүсийн Хэнтийн хойд сумдын WS6, WS8, WS9 рашаан төст булгуудын ус сул хүчиллэг орчинтой, тал хээр-говийн нутгийн булгуудын ус нь сул шүлтлэг орчинтой байна.

Байгалийн усны онцлогийг ялгахын тулд исэлдэн-ангирхах потенциал (ORP)-ыг тодорхойлдог бөгөөд

ихэнх усанд энэ үзүүлэлт нь эерэг утгатай байдаг ба эерэг ORP утга нь исэлдэх шинж чанарыг илэрхийлдэг [11]. ORP үзүүлэлтээс харахад Төвийн бүсийн WS1-ээс бусад зүүн бүсийн Хэнтийн хойд сумдын рашаан төст булгуудын ORP нь зүүн бүсийн тал хээр-говийнхоос өндөр байна. Рашаан төст булгуудын ORP үзүүлэлт нь -236-184 мV байна. WS1, WS2, WS10 зэрэг рашаан төст булгуудын усны ORP үзүүлэлт нь -236 мV, -22 мV, -56 мV гэж тодорхойлогдсон. Энэ нь сөрөг утгыг зааж байгаа бөгөөд эдгээр рашаант төст булгуудын ус ангижрах төлөвт байгааг харуулж байна. WS1, WS2, WS10 рашаан төст булгуудын ус ангижрах төлөвт оршиж байгаагаараа бусад рашаан төст булгуудаасаа онцлог шинж чанартай байна. Ялангуяа WS1 рашаан төст булгийн усанд ORP үзүүлэлт -236 мV, H⁺ ион 0.56 мг/л байгаа нь ихээхэн онцлогтой бөгөөд уг рашаан төст булгийн ус эмчилгээний идэвх өндөртэйг илтгэж байна. Судалгаа хийсэн рашаан төст булгуудын усны цахилгаан дамжуулах чанар (EC) 10.1-56.5 мS/m байна (Хүснэгт 2). Байгалийн усанд ууссан хатуу бодис нь карбонат, гидрокарбонат, хлорид, сульфат, фосфат, кальци, магни, натри, кали, төмөр, бага хэмжээний органик бодис, ууссан хий зэрэг органик бус давсны уусмалаас бүрддэг. Цахилгаан дамжуулах чанар (EC) нь усан дахь иончлогдсон бодисын агууламжтай шууд холбоотой бөгөөд энэ нь хэт хатуулаг болон бусад эрдсийн бохирдуулагчтай холбоотой байдаг [7, 12]. Төвийн болон зүүн бүсийн тал хээр-говийн хэсгийн рашаан төст булгуудын EC нь ойролцоо утгатай байгаа бөгөөд зүүн бүсийн Хэнтийн хойд хэсгийгээс өндөр байна. Энэ нь тухайн булгуудын усан дахь эрдсийн агууламжтай холбоотой байж болно. Цахилгаан дамжуулах чанарыг давсны баяжилт бага бол I зэрэглэл (EC:150 мS/m), давсны

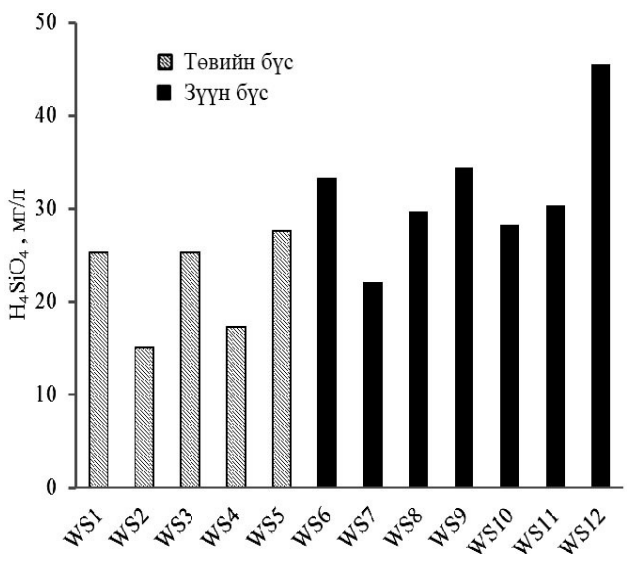
баяжилт дундаж буюу 150-300 mS/m бол II зэрэглэл, 300 mS/m – ээс дээш бол өндөр давсны баяжилттай буюу III зэрэглэл гэж тус тус ангилдаг [13] ба судалгаа хийсэн рашаан төст булгуудын ус ЕС-ийн ангиллаар 1-р ангилалд багтаж байна. Харин усны чанар шалгуурыг хэмжих нэг үзүүлэлт болох нийт ууссан бодис (TDS) нь 30-217 мг/л байна. Д.К.Тодд [14] усны чанарын зэрэглэлийг TDS нь 1000 мг/л хүртэл цэвэр, 1000-10000 мг/л бол давсархаг, 10000 мг/л-ээс дээш бол давстай гэж тус тус ангилсан байна. Тиймээс судалгаа хийсэн бүсүүдийн рашаант төст булгуудын ус нь TDS-ийн үзүүлэлтээрээ цэвэр усны ангилалд багтаж байна.

Кальци, магни нь байгалийн усны найрлагад хамгийн түгээмэл байдаг бөгөөд тэдгээрийн давс нь усны хатуулагт чухал нөлөөтэй байдаг. Судалгаа хийсэн бүсийн уснуудад Ca^{2+} , Mg^{2+} болон Na^+ ионууд 16.03-90.9 мг/л, 2.43-30.4 мг/л болон 8.08-128.21 мг/л тус тус агуулгатай байна. Хүснэгт 2-оос харахад WS1, WS2, WS3, WS4, WS6 зэрэг рашаант төст булгуудын усны дээжинд катионоос Ca^{2+} болон Mg^{2+} ионууд давамгайлж байна. Харин зүүн бүсийн WS7, WS8 рашаан төст булгуудын усанд Ca^{2+} , Na^+ давамгайлсан байна. WS5, WS9, WS10, WS11, WS12 рашаан төст булгуудын усанд Na^+ , Ca^{2+} ионууд давамгайлсан байна.

Судалгааны дүнгээс харахад төвийн бүсийн рашаан төст булгууд нь Ca^{2+} , Mg^{2+} давамгайлсан байхад зүүн бүсийн рашаан төст булгууд нь Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} холилдсон байна. Энэ тухайн орчны газар зүйн байрлал, чулуулгийн давхаргын бүтэц, өндөршил зэрэгтэй холбоотой юм.

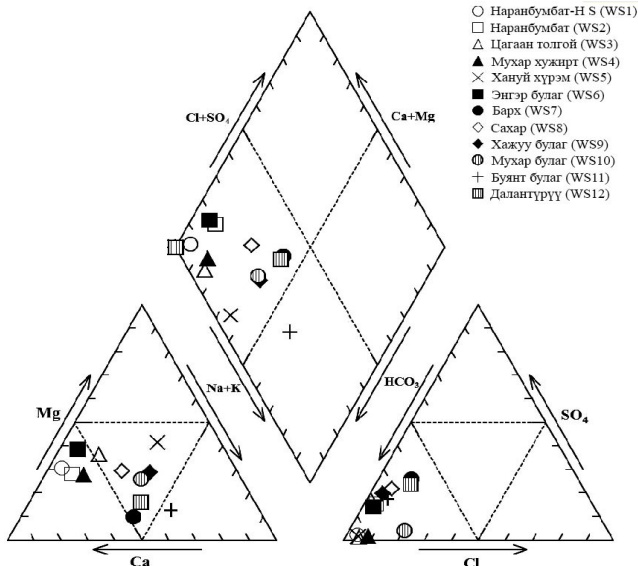
Судалгаанд хамрагдсан рашаант төст булгуудын Cl^- ионы агуулга 6.62-26.5 мг/л байна. Энэ нь MNS 0900:2018 [9] болон MNS 3651:2004 [10] зэрэг стандартуудын шаардлагыг бүрэн хангаж байна. Хлорид нь байгалийн усанд ихэвчлэн NaCl, $CaCl_2$, $MgCl_2$ гэх мэт давс хэлбэрээр зонхилон агуулагддаг [2] бөгөөд усанд маш тогтвортой байдаг [7]. Мөн гидрокарбонат (HCO_3^-) болон сульфатын (SO_4^{2-}) агуулга 41-414.3 мг/л болон 2.3-68.3 мг/л байна. Монгол улсын ундны усны стандартад HCO_3^- -ыг тусгайлан заагаагүй байдаг бол рашааны стандартад 480-5600 мг/л гэж заасан байдаг. Тиймээс рашаан төст булгуудын усны HCO_3^- -ын агуулга нь рашааны стандартын үзүүлэлтийг хангахгүй байна. Төвийн болон зүүн бүсийн Хэнтийн хойд сумдын рашаан төст булгуудын усны Cl^- , SO_4^{2-} ионуудын агуулга ерөнхийдөө ойролцоо байгаа бол зүүн бүсийн говь – тал хээрийн булгуудын усны Cl^- , SO_4^{2-} ионуудын агуулга бусад рашаан төст булгуудын усныхаас өндөр байна. Байгалийн усны гидрокарбонатын концентраци нь карбонатын тэнцвэрийн нөлөөгөөр дундаж агуулгатай байдаг ба pH 7-8.5 байхад давамгайлсан анион нь HCO_3^- байдаг. Харин pH>8 үед CO_3^{2-} ион давамгайлдаг. Усан дахь HCO_3^- болон CO_3^{2-} -ийн эх үүсвэр нь төрөл бүрийн карбонатын

чулуулаг болон нүүрстөрөгчийн давхар ислийн задрал байдаг. Усан дахь SO_4^{2-} -ын гол эх үүсвэр нь тунамал чулуулгийн гарал үүсэлтэй байдаг [15]. Харин булгуудын усны SO_4^{2-} -ын агуулга нь ундны ус болон рашаан усны стандартын хэмжээнд байна. Усны дээжүүдэд нитрит (NO_2^-) болон нитрат (NO_3^-) -ын агуулга 0-0.093 мг/л болон 0.02-43.33 мг/л тус тус байна. Ихэнх рашаан төст булгуудын усанд нитрит илрээгүй. Харин WS11, WS12 зэрэг рашаан төст булгуудын усны дээжүүдэд нитрат хамгийн өндөр илэрсэн буюу 43.33 мг/л, 21.98 мг/л байна. Нитрат болон нитрит нь эрүүл ахуйн буюу бохирдлын химийн үзүүлэлт болдог бөгөөд эдгээр ионууд нь гадаргын усанд бага хэмжээгээр илэрдэг бөгөөд хүн, малын хаягдал, үйлдвэрийн бохир ус, ашигласан химийн бодис, бордоо зэргээс үүсэлтэй байдаг [16]. Иймд WS11, WS12 зэрэг рашаан төст булгуудад хүн болон малаас үүдэлтэй нитратын бохирдолтой байж болох юм. Рашаан төст булгуудын усны ерөнхий эрдэсжилт 126.3-716 мг/л, цахиурын хүчил (H_4SiO_4) -ийн агуулга 15.07-45.43 мг/л байна. Төвийн бүсийн рашаан төст булгуудын эрдэсжилт нь ерөнхийдөө ойролцоо буюу 344.44-565.82 мг/л байгаа бол зүүн бүсийн хангайн районы рашаан төст булгуудын ус нь бага эрдэсжилттэй (126.30-388.69 мг/л), харин тал хээрт орших булгууд нь бусад рашаан төст булгуудаасаа өндөр (463 мг/л (WS12), 716.19 мг/л (WS11)) эрдэсжилттэй байна (Хүснэгт 2). Энэ нь манай орны усны чанар, найрлага хойноосоо урагшлах тусам эрдэсжилт ихсэж байдагтай холбоотой байж болох юм. Төвийн болон зүүн бүсийн рашаант төст булгуудын цахиурын хүчлийн (H_4SiO_4) агуулгын харьцуулан Зураг 2-т үзүүлэв. Зураг 2-оос харахад төвийн бүсийн рашаан төст булгуудын H_4SiO_4 -ийн агуулга 15.07-27.6 мг/л байхад зүүн бүсийн рашаан төст булгуудын H_4SiO_4 -ийн агуулга 22.1-45.43 мг/л байгаа нь төвийн бүсийнхээс илүү агууламжтай байна (Зураг 2). Байгалийн усанд



Зураг 2. Төвийн болон зүүн бүсийн рашаан төст булгуудын H_4SiO_4 -ийн агуулгын харьцаа

ууссан цахиур нь усны эргэлтийн нөхцөл болон өгөршлийг тооцоолох үзүүлэлт бөгөөд усан дахь силикатын эх үүсвэр нь хурдас, чулуулаг дахь силикатын эрдсийн химийн өгөршлийн үр дүнд бий болдог [17]. Тиймээс энэ нь ус-чулуулгийн харилцан үйлчлэлтэй холбоотой байж болох бөгөөд зүүн бүсийн рашаан төст булгуудын H_4SiO_4 -ийн агуулга



Зураг 3. Рашаан төст булгуудын усны химийн найрлагын гурвалжингийн диаграм

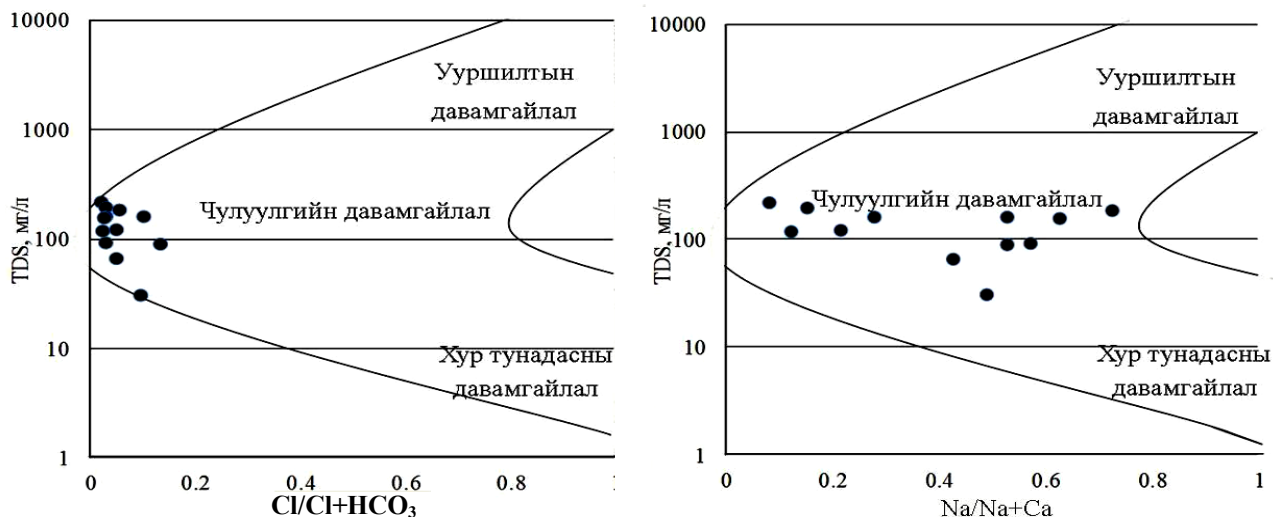
төвийн бүсийнхээс өндөр байгаа нь хурдас, чулуулгийн харилцан үйлчлэлтэй холбоотой юм.

Гурвалжингийн диаграм нь гүний болон гадаргын усны ангилал, гидрогеологийн асуудлуудыг тайлбарлахад хамгийн өргөн хэрэглэгддэг график аргуудыг нэг юм [18, 19]. Рашаан төст булгуудын усны дээжийн гидрохимийн шинж чанарыг гурвалжингийн диаграмаар үзүүлэв (Зураг 3). Диаграмын катион, анионы гурвалжингаас харахад төвийн бүсийн WS1, WS2, WS3, WS4, WS6 зэрэг рашаан төст булгуудын ус нь Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- ионууд давамгайлсан $HCO_3-Ca-Mg$ -ийн төрлийн

усны ангилалд, зүүн бүсийн ихэнх рашаан төст булгуудын усанд Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} болон HCO_3^- ионууд харилцан адилгүй давамгайлж байгаа бөгөөд $HCO_3-Ca-Mg-Na$ -ийн төрлийн холимог найрлагатай усны ангилалд хамрагдаж байна. Харин WS11 рашаан төст булгийн усанд Na^+ , Ca^{2+} ионууд катионуудаас давамгайлж байгаа нь бусад рашаан төст булгуудаас онцлог бөгөөд $HCO_3-Na-Ca$ -ийн төрлийн усны ангилалд багтаж байна. Энэ удаагийн судалгаанд хамрагдсан рашаан төст булгуудын усны найрлага нь өмнөх онуудын [20, 21] судалгааны дүнтэй харьцуулахад химийн найрлагын хувьд өөрчлөлтгүй байна. Төвийн бүсийн рашаан төст булгууд нь $HCO_3-Ca-Mg$ -ийн төрлийн, зүүн бүсийн рашаан төст булгууд нь $HCO_3-Ca-Mg-Na$ болон $HCO_3-Na-Ca$ -ийн төрлийн байгаа нь тухайн рашаан усны газар зүйн байршил, уст давхаргын чулуулгийн бүтэцтэй холбоотой юм.

Гиббсийн диаграм: Гиббсийн диаграм нь гадаргын болон газрын доорхи усны гидрохимийн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг хянах механизм, тэдгээрийн хоорондын харилцан холбоог тодорхойлоход ашигладаг [18, 22]. Судалгаанд хамрагдсан рашаан төст булгуудын усны ионы концентрацийг Гиббсийн диаграмаар Зураг 4-т үзүүлэв. Гиббсийн диаграмаас харахад бүх судалгаанд хамрагдсан рашаан төст булгуудын ус нь чулуулаг давамгайлсан бүсэд оршиж байна. Энэ нь уст давхаргын чулуулаг, ус хоёрын хоорондын харилцан үйлчлэл судалгаанд хамрагдсан рашаан төст булгуудын усны химийн найрлагын гол хүчин зүйл болж байна. Тиймээс судалгаанд хамрагдсан төвийн болон зүүн бүсийн рашаан төст булгууд нь ус-чулуулгийн харилцан үйлчлэлд орж байгааг харуулж байна.

Микро-элемент: Судалгаанд хамрагдсан рашаан төст булгуудын усанд микроэлементүүдийг тодорхойлж Хүснэгт 3-т үзүүлэв. Шинжилгээний дүнгээс харахад Al, Cr, Cu, Zn, Be, Ag, Te, Pb зэрэг элементүүд нь багажны илрүүлэх доод хязгаараас доогуур



Зураг 4. Рашаан төст булгуудын усны анион болон катионы Гиббсийн диаграм

Хүснэгт 3. Рашаан төст булгуудын усны микроэлементүүдийн шинжилгээний дүн, мкг/л

№	Элемент	WS1	WS2	WS3	WS4	WS5	WS6	WS7	WS8	WS9	WS10	WS11	WS12
1	Al	<10	<10	<10	<10	<10	<10	12	<10	32	18	60	29
2	Cr	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
3	Cu	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	6	<5	<5	<5	<5
4	Zn	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
5	Be	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1
6	Sc	3	2	3	2	3	5	3	4	5	5	6	9
7	Co	0.58	0.43	0.23	0.25	0.15	0.24	0.07	0.08	0.12	0.1	0.37	0.33
8	Mn	6	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
9	Sr	493	427	716	470	310	224	65	174	520	221	373	332
10	Ni	4.3	2.2	0.7	0.5	<0.3	2.4	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	6.3	5.8
11	Mo	0.6	2.8	30.2	13.4	9.1	6.6	1.5	0.6	2.3	4.5	65.9	6.2
12	As	2.14	0.67	0.77	0.25	1.23	16.1	5.43	1.49	7.46	3.25	2.69	3.02
13	Rb	2.32	0.66	0.45	0.21	2.65	5.92	0.81	0.21	0.09	0.64	0.63	4.5
14	Ag	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
15	Cd	0.01	<0.01	0.01	0.01	0.02	<0.01	0.13	<0.01	0.01	<0.01	0.01	0.13
16	Sb	0.3	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	12.9	3	3.3	4.4	4	4.6	4.4
17	Te	0.2	<0.1	0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
18	Cs	0.003	0.03	0.03	0.01	0.008	5.98	0.417	0.005	0.002	0.003	0.001	0.423
19	W	0.54	0.61	0.91	0.57	0.61	1.15	1.66	0.72	0.79	0.47	0.37	0.35
20	Hg	<0.5	0.9	0.8	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
21	Pb	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
22	Th	0.017	0.003	0.004	<0.002	0.002	<0.002	0.034	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
23	U	1.07	3.8	19.3	6.37	12.9	21.7	1.21	0.165	0.695	0.237	22.1	19.9

тодорхойлогдсон. Харин бусад микроэлементүүд харилцан адилгүй тодорхойлогдсон бөгөөд MNS 0900:2018 (9), MNS 3651:2004 (10) зэрэг стандартуудад тусгагдсан микроэлементүүдийн агуулгаас хэд дахин доогуур байна.

Цацраг идэвхт чанар: WS11 болон WS12 рашаан төст булгийн усанд ²¹⁴Pb, ²¹⁴Bi, ²²²Rn, ²²⁶Ra, ²³⁸U-ы цацраг идэвхийг тодорхойлсон дүнг *Хүснэгт 4-т* үзүүлэв. ²²²Rn нь хөрс, чулуулагт байгалийн аясаар өөрөө үүсч байдаг тул өргөн тархалттай ба агаарын найрлаганд тогтмол агуулагддаг, мөн рашаан усанд ууссан байдаг [23, 24]. Харин ²¹⁴Pb, ²¹⁴Bi нь радоны задралын бүтээгдэхүүнүүд бөгөөд борооны усаар газрын хөрсөнд тэвэрлэгддэг байна. Радоны цацраг идэвхит хий нь хөрсөнд дэх радигийн задралаас үүсдэг. Харин ради ураны задралын бүтээгдэхүүн бөгөөд уран нь бүх төрлийн чулуулаг болон хөрсөнд агуулагдаж байдаг [25]. *Хүснэгт 4-өөс* харахад энэ хоёр рашаан төст булгийн усанд ²²⁶Ra, ²³⁸U нь илрүүлэх доод хязгаараас доогуур утгатай гарсан. Харин ²¹⁴Pb, ²¹⁴Bi, ²²²Rn нь 215-307 Бк/л, 268-371 Бк/л, 241-339 Бк/л агуулгатай байна. Усан дахь радоны эзлэхүүнт идэвхи 185 Бк/л-ээс их байвал тухайн

усыг радонтой ус гэж нэрлэдэг ба судалгаанд хамрагдсан хоёр рашаан төст булгийн ус нь радонтой усны маш бага гэсэн ангилалд багтаж байна [10, 23]. Гадаргын усанд өрөнхийдөө ²²²Rn эзлэхүүн маш бага байдаг [24]. Радонтой усыг усан ба шавар онгоц, агаарын улага хэлбэртэй ашиглана. Эдгээр нь мэдрэл, зүрх судас, амьсгалын ба хоол боловсруулах эрхтэн, тулгуур хөдөлгөөний эрхтэн, бодисын солилцоо зэргийг анагаах эмчилгээнд хэрэглэдэг байна [23].

ДҮГНЭЛТ

WS1, WS8, WS10 рашаан төст булгийн усны дээжүүдэд исэлдэн ангижрах потенциал (ORP) -236 mV, -22 mV, -56 mV тус тус илэрсэн нь эдгээр рашаан төст булгуудын ус ангижрах төлөвт байгаа нь бусдаасаа онцлогтой. Ялангуяа WS1 рашаан төст булгийн усанд ORP үзүүлэлт -236 mV, H⁺ ион 0.56 мг/л байгаа нь ихээхэн онцлогтой байна. Рашаан төст булгуудын усны найрлагыг тодорхойлоход WS1-WS4, WS6 зэрэг рашаан төст булгийн ус нь HCO₃-Ca, WS5 болон WS7-11 рашаан төст булгийн уснууд нь HCO₃-Ca-Mg-Na, харин зөвхөн WS12 рашаан төст булгийн ус HCO₃-Na-Ca төрлийн усны ангилалд хамрагдаж байгааг тодорхойлсон. Судалгаанд хамрагдсан бүх рашаан төст булгуудын ус уст давхаргын чулуулаг болон ус хоорондын харилцан үйлчлэлд орж байгааг тодорхойлов. WS11, WS12 рашаан төст булгийн ус нь маш бага радонтой усны ангилалд хамаарагдаж байгааг тогтоолоо.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

1. Q.Zhang, X.J.Liang, Ch.L.Xiao. The hydrogeochemical characteristic of mineral water

Хүснэгт 4. WS11 болон WS12 рашаан төст булгийн цацраг идэвх

Дээжний нэр	Изотопын эзлэхүүний идэвх, (Бк/л)				
	²¹⁴ Pb	²¹⁴ Bi	²²² Rn	²²⁶ Ra	²³⁸ U
WS11	307	371	339	<0.4	<0.4
WS12	315	268	241	<0.4	<0.4
MNS 3651:2004	-	-	185	-	1.8
MNS 0900:2018	-	-	100	-	(0.03 мг/л)

- associated with water-rock interaction in Jingyu Country, China. *Procedia Earth and planetary Science*. 17. 2017. p.726-729.
2. V.B.Bharti, A.Giri, K.Kumar. Evaluation of physico-chemical parameters and mineral status of different water sources at high altitude. *Peertechz journal of Environmental science and toxicology*. 2(1). 2017. p.10-18.
 3. B.Lukubye, M.Andama.Physico-chemical quality of selected drinking water sources in Mbarara Municipality, Uganda. *Journal of Water resource and protection*. 9. 2017. p.707-722.
 4. World health organization guidelines for drinking water. *World health organization press*, Geneva. 1996.
 5. S.Quattrini, B.Pampaloni, M.L.Brandi. Natural mineral waters: Chemical characteristics and health effects. *Clinical cases in mineral and bone metabolism*. 13(3). 2016. p.173-180.
 6. Д.Оюунцэцэг, Г.Одонтуяа, А.Цийрэгзэн, нар. Монгол орны халуун рашааны тархалт зүй тогтол, Их шаргалжуут халуун рашааны химийн найрлага. *ШУТИС-ийн Эрдэм шинжилгээний бүтээлийн эмхэтгэл*. 7/212. 2017. х.118-126.
 7. S.K.Kumar, S.H.Babu, P.E.Rao, et al. Evaluation of water quality and hydrogeochemistry of surface and groundwater, Tiruvallur district, Tamil Nadu, India. *Application Water Science*. 7. 2017. p.2533-2544.
 8. D.A.Shigut, G.Liknew, D.D.Irge, et al. Assessment of physico-chemical quality of borehole and spring water sources supplied to Robe town Oromia region, Ethiopia. *Application Water Science*. 7. 2017. p.155-164.
 9. MNS 0900:2018. Ундны ус, эрүүл ахуйн шаардлага, чанар, аюулгүй байдлын үнэлгээ. 2018
 10. Эмчилгээ, ундааны зориулалтаар савлаж хэрэглэх рашаан, техникийн шаардлага. УБ 2004. MNS 3651:2004.
 11. J.Zume, S.R.Cornell. *A water quality study of middle spring creek and burd run*, Shippensburg, PA. 2015.
 12. K.S.Okionbo, E.Akpofure. Identification of hydrochemical process in groundwater using major ion chemistry: A case study of Yenagoa and Environs, Southern Nigeria. *Global journal of Geological science*. 12. 2014. p.39-52.
 13. S.V.Sarath Prasanth, N.S. Magesh, K.V. Jitheshlal. Evaluation of groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural use in the coastal stretch of Alappuzha District, Kerala, India. *Application Water Science*. 2(3). 2012. p.165-175.
 14. D.K.Todd. *Groundwater Hydrology*. 2nd Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1980.
 15. A.M.Nikanorov, L.V.Brazhnikova. Water chemical composition of rivers, lakes and wetlands. Types and properties of water, Encyclopedia of Life support system. Vol II. Available at <http://www.eolss.net/>.
 16. B.H.Durmishi, A.A.Reka, M.Ismaili, et al. Drinking water quality index in Kumanova city, Macedonia. *International journal of Innovative studies in Sciences and engineering technology*. 1(1). 2015. p.13-20.
 17. K.Pradeep, M.Nepolian, P.Anandhan, et al. A study case on variation in dissolved silica concentration in groundwater of hard rock aquifers in Southeast coast of India. *Material science and engineering*. 121.2016. p.1-11.
 18. H.Wu, J.Chen, H.Qian, et al. 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. *Journal of Chemistry*. 2015. p.1-14.
 19. J.H.Qu, Sh.B.Lu, Zh.P.Gao, et al. Research on hydrogeochemical characteristics and transformation relationships between surface water and groundwater in the Weihe River. *Hydrology and Earth system sciences*. 2017. p.1-14.
 20. Монгол орны рашаан усны гидрохимийн судалгаа. ШУА, Хими, химийн технологийн хүрээлэн, т айлан. УБ 2007.
 21. Монгол орны рашаан усны гидрохимийн судалгаа. ШУА, Хими, химийн технологийн хүрээлэн, т айлан. УБ 2010.
 22. R.J.Gibbs. Mechanism controlling world water chemistry. *Science*. 170. 1970. p.1088-1090.
 23. Н.Норов, Ц.Оюунчимэг, Г.Хүүхэнхүү. Монгол орны усан дахь радоны судалгаа. Улаанбаатар, 2016.
 24. Z.Hamzah, A.Saat, M.Kassim. Determination of radon activity concentration in hot spring and surface water using gamma spectrometry technique. *The Malaysian journal of Analytical sciences*. 15(2). 2011. p.288-294.
 25. Ts.Oyunchimeg, G.Khuukhenkhuu, N.Norov. The comparative analysis of Rn-222 in water for public supply pump houses of Ulaanbaatar city. *Korean journal of Medical physics*. 2003. 13(1). P.51-53.

Comparative study of the chemical composition of submineral water from the central and east part of Mongolia

O.Khureldavaa*, G.Odontuya, A.Tsiiregzen, D.Oyuntsetseg, B.Dariimaa, B.Amarsanaa

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

*E-mail: khureldavaa@gmail.com

Received: 21.10.2018

Revised: 03.11.2018

Accepted: 22.11.2018

Abstract: We conducted the study of physico-chemical characteristics as hydrochemical composition and microelements in submineral water samples from Khuvsgul (WS1, WS2), Arkhangai (WS3-WS5), Khentii (WS6-WS11) and Dornogovi (WS12) provinces in 2017 and 2018. The pH data of submineral water in the Central part (WS1-WS5) were determined as 7.21 to 7.65, but in the East part (WS6-WS12) were showed less acidic as 5.68 to 7.86. The electrical conductivity (EC) and oxidation-reduction potential (ORP) in submineral water samples were ranged from 10.1 to 56.5 mS/m and -236 to 184 mV, respectively. Specifically, ORP in samples WS1, WS8 and WS10 were -236 mV, -22 mV and -56 mV, which are indicates the reducing property of samples. The hydrogeochemical results indicate that WS1-WS4 and WS6 submineral water are belong to the HCO₃-Ca-Mg type, but WS5, WS7-WS10 and WS12 are belong to the HCO₃-Ca-Mg-Na type water. The WS11 submineral water is alone belonging to the HCO₃-Na-Ca type. Based on the geochemical compositions, the all studied submineral water were belong to the rock dominating area which were enriched by rock-water interaction. The radioactivity concentrations of ²²²Rn and its decay products ²¹⁴Pb and ²¹⁴Bi in samples WS11 and WS12 were 241-339 Bq/l and 307-315 Bq/l, 268-371 Bq/l, respectively. Thus, such submineral water is classifying to the radon-containing mineral water.

Keywords: *submineral water, microelement, chemical composition, radioactive, radon*

© The Author(s). 2018 **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.v0i5.1071>