

## Усан дахь ураны эрдсийн хэлбэр

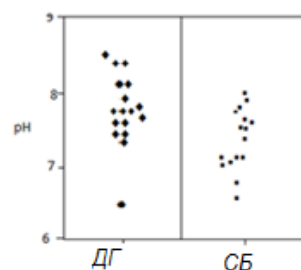
Н. Тэгшбаяр\*, Ө. Ариун, О. Болормаа, Х. Цоохүү

*Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Хэрэглээний Шинжлэх Ухааны Сургууль*

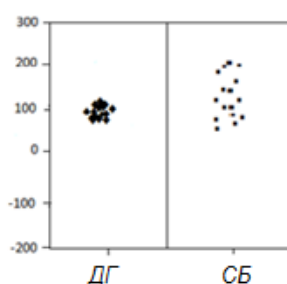
Усны физик-химийн үзүүлэлтүүдийг тодорхойлж ионы анализ хийснээр усанд ууссан уран, ионы ямар хэлбэрээр оршин байхыг Форбайхсын диаграмм байгуулж таамагласан. Ханалтын индексийн аргад тулгуурлан уран анх усанд шилжихдээ эрдсийн ямар хэлбэрүүдэд оршин байх боломжийг тодорхойлсон.

Спектроскопийн ердийн аргууд болон химийн анализын арга нь зөвхөн тухайн бодис дахь химийн элементүүдийг тодорхойлдог. Элемент ямар нэгдэлд оршин байгааг тодорхойлохын тулд молекуляр спектроскопийн арга тухайлбал Раман спектроскопи, удаан нейтроны сарнилын аргуудыг хэрэглэдэг. Энэхүү өгүүлэлд усан дахь уран, химийн ямар нэгдэлд оршин байгааг тодорхойлох багажийн бус нэгэн аргыг авч үзнэ. Энэ аргын үндэс нь уусмал дахь ион, молекул, кристалл болон металлууд термодинамик тогтвортой бүтцэд оршин байх нөхцлийг тодорхойлдог Форбайхс диаграммыг байгуулахад оршино. Форбайхс диаграмм усны орчин рН, орчны исэлдэн ангижрах потенциал (ИАП)-аас хамаарна [1,4]. Өөрөөр хэлбэл өгөгдсөн рН, өгөгдсөн исэлдэн ангижрах потенциалын утганд, бидний сонирхож байгаа элемент (уран) термодинамик тэнцвэртэй ямар нэгдэлд оршин байж болохыг үзүүлнэ. Элемент бүрийн хувьд Форбайхсын диаграмм байгуулж болно. Гэхдээ тэр нь температур, даралт, уусмал дахь лигандын концентрацаас хамаардаг ба энэ хамаарлыг нь Нернстийн тэгшитгэлийн үндсэн дээр тогтоодог. Лигандыг тодорхойлохын тулд усны физик-химийн ерөнхий үзүүлэлт болон ионы анализыг хийсэн байх шаардлагатай. Усны физик-химийн ерөнхий үзүүлэлтэд усны рН, температур, цахилгаан дамжуулах чанар, исэлдэн ангижрах потенциал, ууссан жижиг хэсэг, ууссан хүчилтөрөгч зэрэг багтана. Гол ионы анализыг Дуров (Дуров) диаграммаар цомхон харуулж болдог [2,3]. Форбайхс диаграмм сонирхож буй нэгдлүүдийн хувьд термодинамик тэнцвэртэй хэлбэрүүдийг харуулдаг ба метастабиль төлөвүүдийн хувьд мэдээлэл өгч чаддаггүй. Усанд ууссан ураны

метастабиль хэлбэрүүдийг таамаглахын тулд ураны 4 валенттай ион гидролизод орох үзэгдэл, уранил ион  $UO_2^{2+}$  карбонат, хлорид, сульфаттай метастабиль нэгдэл үүсгэх боломжуудыг тус тус тооцсон. Үүний тулд уран физик- химийн үзүүлэлт, уран ион гэсэн корреляци бодох шаардлагатай. Жишээ болгож бид усандаа ураны агуулга харьцангуй ихтэй Дорноговь (ДГ), Сүхбаатар (СБ) хоёр аймгийг авч үзье. Зур.1, Зур.2-т усны орчин, исэлдэн ангижрах потенциалын сарнилын диаграммыг хоёр аймгийн хувьд үзүүлсэн.



Зураг 1. Усны орчин, рН

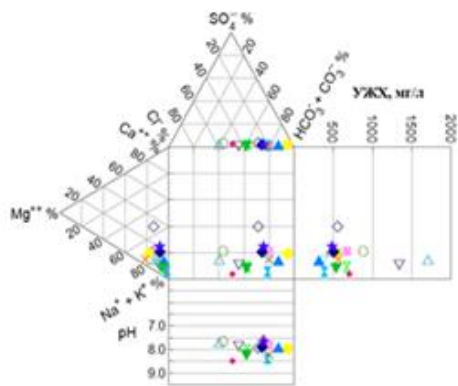


Зураг 2. Исэлдэн ангижрах потенциал, ИАП

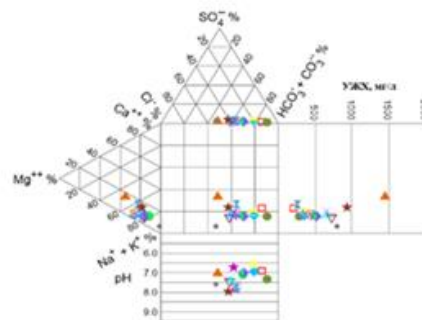
Диаграммаас үзэхэд Дорноговь аймгийн ус шүлтлэг талруугаа, харин Сүхбаатар аймгийн ус хүчиллэг талруугаа хазайсан нь харагдана. Дорноговь аймгаас авсан дээжүүдийн ИАП-ын сарнилын муж нь бага байгаа бол Сүхбаатар аймгийн хувьд энэ нь өргөн мужид сарниж

\* Electronic address: infomax999@gmail.com

байгаагаараа ялгаатай байна. Гол ионы анализын үр дүнг Зур.3, Зур.4-т харуулсан болно.



Зур.3. Дорноговь аймгийн усны гол ионы Дорноговь аймгийн усны Дорноговь аймгийн



Зур.4. Сүхбаатар аймгийн усны гол ионы Дорноговь аймгийн

Диаграммаас үзэхэд дээрхи хоёр аймгийн ус ионы бүрэлдэхүүний хувьд ойролцоо бөгөөд катионоос натри, кали, анионоос гидрокарбонат давамгайлсан болох нь харагдана. Уран-физик химийн үзүүлэлт, уран-гол ион гэсэн корреляцийг Дорноговь аймгийн хувьд Хүснэгт 1, Хүснэгт 2 -оор, Сүхбаатар аймгийн хувьд Хүснэгт 3, Хүснэгт 4-өөр тус тус үзүүллээ.

Хүснэгт1. Корреляци анализ, физик-химийн үзүүлэлтээр (ДГ)

	U	pH	ЦД	УЖХ	ИАП	УХ
U	1					
pH	0.02	1				
ЦД	0.136	0.14	1			
УЖХ	0.111	0.118	0.968	1		
ИАП	-0.168	-0.134	0.205	0.408	1	
УХ	0.056	0.078	-0.156	-0.313	-0.654	1

$$r_{xy}(0.05:24)=0.381$$

Хүснэгт2. Корреляци анализ, гол ионуудаар (ДГ)

	U	HCO3-	Хатуулаг	Ca2+	Cl-	Mg2+	SO42-
HCO3	0.077	1					
Хатуулаг	0.171	0.610	1				
Ca2+	0.227	0.555	0.441	1			
Cl-	0.026	-0.000	-0.515	0.287	1		
Mg2+	0.172	0.465	0.641	0.477	-0.282	1	
SO42-	-0.022	0.170	-0.603	0.195	0.837	-0.204	1

$$r_{xy}=(0.05:23)=0.423$$

Хүснэгт3. Корреляци анализ, физик-химийн үзүүлэлтээр (СБ)

	pH	ЦДЧ	УЖХ	ИАП	УХ	Уран
pH	1					

ЦДЧ	0.096	1						
УЖХ	0.092	<b>0.999</b>	1					
ИАП	0.033	-0.195	-0.199	1				
УХ	0.021	-0.050	-0.034	-0.021	1			
Уран	-0.209	0.483	0.490	-0.458	-0.137	1		

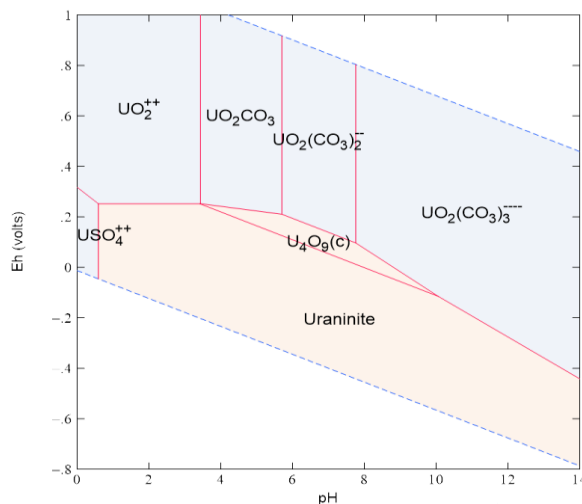
$r_{xy} = (0.05, 14) = 0.480$

Хүснэгт4. Корреляци анализ, гол ионуудаар (СБ)

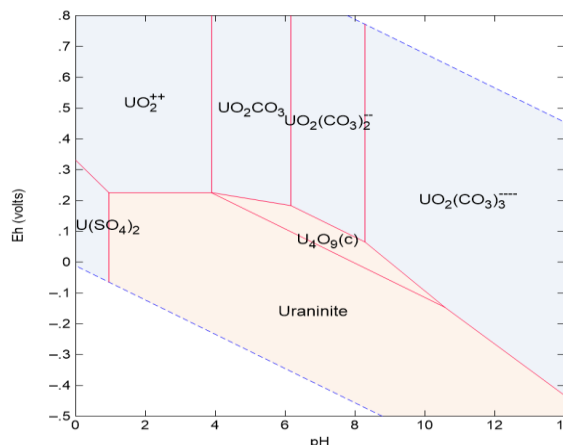
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Хатуулаг	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Fe <sub>нийт</sub>	Уран
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1								
Хатуулаг	0.481	1							
Cl <sup>-</sup>	<b>0.626</b>	<b>0.658</b>	1						
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.558	<b>0.599</b>	<b>0.922</b>	1					
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.398	0.713	0.576	0.403	1				
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	<b>-0.549</b>	-0.096	-0.186	-0.138	-0.397	1			
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.147	0.385	0.268	0.188	0.347	-0.031	1		
Fe <sub>нийт</sub>	<b>-0.626</b>	-0.128	-0.233	-0.136	-0.433	<b>0.931</b>	0.011	1	
Уран	<b>0.634</b>	<b>0.562</b>	0.480	0.452	0.232	-0.329	-0.074	-0.379	1

$r_{xy} = (0.05, 14) = 0.480$

Эндээс харахад Дорноговь аймгийн хувьд уран нь усны физик-химийн үзүүлэлт болон ионуудтай корреляци байхгүй байна. Харин Сүхбаатар аймгийн хувьд усан дахь уран нь усны цахилгаан дамжуулалт, ууссан жижиг хэсэгтэй эерэг, исэлдэн ангижрах потенциалтай сул сөрөг корреляцитай байна. Сүхбаатар аймгийн хувьд уран нь гидрокарбонат, хлорын ионтой эерэг корреляцитай болох нь харагдана. Форбайхсын диаграмм байгуулахдаа бид Дорноговь аймгаас ураны агуулга (2ppb) багатай, Сүхбаатар аймгаас ураны агуулга ихтэй (212ppb) хоёр дээжийг сонгон авсан. Диаграммыг Зур.3, Зур.4-д харуулсан. Харилцан перпендикуляр сум нь дээжийн орчин, исэлдэн ангижрах потенциалыг заана. Форбайхс диаграммаас харахад ураны агуулга бага дээжийн Зур.5 хувьд усан дахь уран нь уранинит (UO<sub>2</sub>) хэлбэрээр орших ба харин ураны агуулга их дээжийн Зур.6 хувьд UO<sub>2</sub>(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub><sup>2-</sup> гэсэн ионы хэлбэртэй орших боломжтой нь харагдаж байна.



Зур.5 Ураны агуулга бага усны Форбайхс диаграмм.



Зур.6 Ураны агуулга их усны Форбайхс диаграмм.

Цааш нь усанд ууссан ураны  $UO_2(CO_3)_2^{2-}$  ион нь ямар катионтой нэгдэх вэ гэдгийг авч үзсэн. Үүний тулд ханалтын индексийг тооцоолж ураны боломжит эрдсийг тодорхойлох зорилт тавьсан. Ханалтын индексийг Geochemist Workbench программ ашиглан тооцсон [5]. Карбонат эрдсүүдийг сонгон авч ханалтын индекс бодсоноор Сүхбаатар аймгийн усан дахь уран нь кварцит  $CaMgUO_2(CO_3)_3(H_2O)_{12}$ , андерсонит  $Na_2CaUO_2(CO_3)_3(H_2O)_6$ , бейлийт  $Mg_2UO_2(CO_3)_3(H_2O)_{18}$ , либигит  $Ca_2UO_2(CO_3)_3(H_2O)_{10}$  зэрэг эрдсийн хэлбэрээр усанд ууссан байх боломжтой гэсэн дүгнэлт хийж байна.

### НОМ ЗҮЙ

- [1] Pourbaix, M., Atlas of electrochemical equilibria in aqueous solutions. 2d English ed. 1974, Houston, Tex.: National Association of Corrosion Engineers.
- [2] Piper, A.M. A Graphic Procedure in the Geochemical Interpretation of Water Analysis. Washington D.C, United States Geological Survey, OCLC 37707555, ASIN B 0007HRZ36, (1953)
- [3] P . Ravikumar, "Elixir Earth Sci. 80 31073-31077," A comparative study on usage of Durov and Piper diagrams to interpret, pp. 4-5, 2015.
- [4] Douglas, G., & Brookins, Eh-pH diagram for Geochemistry. USA: 145-150, 1987
- [5] Iwatsuki.T, & Arthur.R. Solubility constraints on uranium concentration in groundwaters of Tono uranium deposit, Japan. Radiochimica Acta 92, 792-793, 2004.