

# Тосон-Уулын ордын XIX талбайн газрын тосны давхаргын усны цацраг идэвхийн судалгаа

М.Эрдэнэтуяа<sup>1\*</sup>, Н. Норов<sup>2</sup>, В.Алимаа<sup>1</sup>, Ш.Жаргалсүрэн<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Монгол улсын шинжлэх ухаан технологийн их сургууль, ХШУС

<sup>2</sup> Монгол улсын их сургууль, Цөмийн физикийн судалгааны төв

<sup>3</sup> Монгол улсын боловсролын их сургууль, МБУС

Энэхүү өгүүлэлд Тамсагийн газрын тосны сав газрын Тосон-Уул ордын газрын тосны давхаргын усанд агуулагдах байгалийн цацраг идэвхт изотопууд ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{40}\text{K}$ )-ын эзлэхүүнт идэвхийн хэмжээг судлав. Бидний судалгаагаар Тосон-Уулын ордын газрын тосны давхаргын ус  $^{226}\text{Ra}$ -аар баяжсан байдгийг тогтоосон юм. Иймээс газрын тос олборлох явцад хүрээлэн буй орчны хөрс  $^{226}\text{Ra}$  болон газрын тос олборлох төхөөрөмж цацраг идэвхт изотопуудаар бохирдох магадлал ихтэй болно. Газрын тос олборлох үед гадаад орчны цацрагийн хяналт, мониторинг хийхэд суурь өгөгдөл болох газрын тосны давхаргын усан дахь цацраг идэвхт изотопуудын агуулалт чухал ач холбогдолтой.

Түлхүүр үг: Газрын тос, газрын тосны давхаргын ус, цацраг идэвхт изотоп, уран, радийн хэмжээ

## УДИРТГАЛ

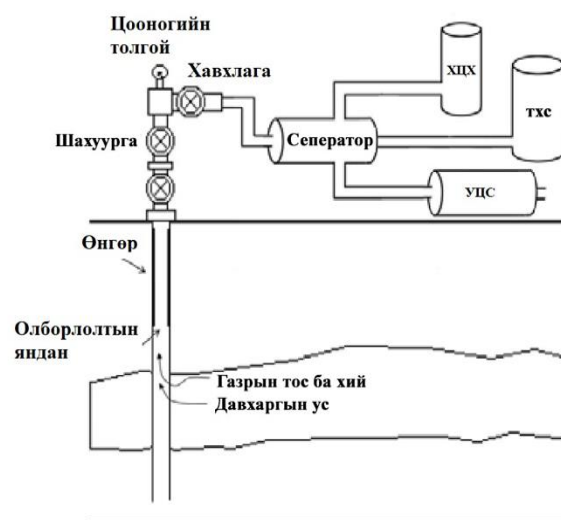
Тамсагийн газрын тосны сав газрын Тосон-Уулын ордын XIX талбайд газар доорх ус болох газрын тосны давхаргын ус, худгийн болон газрын тос олборлох байгууламжийн технологийн усны дээжинд  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Bi}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ -ийн эзлэхүүнт идэвхийг тодорхойлсон ба Геологийн төв лабораторийн индукцийн холбоост плазмын масс-спектрометрийн шинжилгээний аргаар ураны агуулалтыг тодорхойлуулсан болно.

## ҮНДСЭН ХЭСЭГ

**Газрын тос олборлох ерөнхий бүдүүвч.** Тамсагийн газрын тосны сав газрын XIX талбайн Тосон-Уулын ордын газрын тос, газрын тосны давхаргын ус (дагалдах ус), ус шахалтад зориулан олборлогдож буй худгуудын ус, хэрэглээний ус зэрэг газар доорх усанд агуулагдах байгалийн цацраг идэвхт элементүүдийн хэмжээг гамма-спектрометрийн аргаар судлаж, тэдгээрийн орчин хоорондох шилжилтийн зүй тогтлыг тогтоох зорилго тавив. Тосон-Уулын ордын XIX талбайн газрын тосны давхаргын усыг ашиглан газрын тос олборлох бүдүүвчийг I-р зурагт харуулав.

Ради болон II бүлгийн элементүүдийн ионууд газрын тосны давхаргын усанд байдаг бөгөөд даралт, температур буурахын хирээр тэдгээрийн

сульфат болон карбонатууд нь ихэсдэг. Энэ нь олборлолтын яндангууд, цооногийн толгой, хавхлага, шахуурга, сеператор, ус цэвэршүүлэх сав, хий цэвэршүүлэгч хатаагч, тос хадгалах савны дотор ханануудад сульфат болон карбонат хэлбэрээр тунадас үүсгэн өнгөр тогтоодог.



Зураг 1. Газрын тос олборлолтын үед сав, тоног төхөөрөмжүүд (цооногийн толгой, хавхлага, шахуурга, сеператор)-д цацраг идэвхтэй хаг тунадас үүсэх байдал. УЦС-ус цэвэршүүлэх сав, ХЦХ-хий цэвэршүүлэгч хатаагч, ТХС-тос хадгалах сав.

Цацраг идэвхт изотопуудын хуримтлал нь хуйларсан урсгалаар төвд тэмүүлэх хүч үйлчилж байхад хуримтлал үүсэх боломжтой газарт үүсдэг. Хураагуураас газрын тостой хамт олборлогдож буй шавар эсвэл элсний жижиг хэсгүүд нь өнгөр хуримтлуулах гадарга болон

\* Electronic address: Jewelry.erdenetuya@must.edu.mn

катионуудыг шингээж цацраг идэвхт хаягдал үүсгэнэ[1, 2].

**Газрын тосны давхаргын усан дахь радийн хуримтлал.** Газрын тос ба түүний дагалдах давхаргын усны цацраг идэвхийн онцлог нь дараах байдалтай байна. Цацраг идэвхт изотопууд  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  газрын тос, түүнийг агуулагч чулуулагт агуулагдана.  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  изотопуудын цацраг идэвхт задрал болон газрын тос агуулагч чулуулгийн эрдсээс уусгах процессын үр дүнд газрын тосонд радийн цацраг идэвхт изотопууд байнга үүснэ. Тогтонги төлөв байдалд газрын тос байгалийн зангад оршин байх бөгөөд газрын тос, түүнийг тулах усны хооронд радийн солилцоо бараг байхгүй. Үүний үр дүнд газрын тосонд радийн илүүдэл болно. Зөвхөн ус, газрын тос хоорондоо шүргэж хүрэлцэх хэсэгт л энэ солилцоо явагдах болно. Иймээс газрын тосны ордыг боловсруулах процессын үед давхаргын болон шахаж байгаа ус газрын тосны давхаргад эрчимтэй орж газрын тос ба усны хоорондоо хүрэлцэх талбай огцом ихсэж газрын тосноос усанд ради шилждэг байна. Усгүй газрын тосонд радийн агуулалт  $\sim 2.8 \cdot 10^2$  Бк/м<sup>3</sup> байх үед усан дахь түүний агуулалт  $10^6$  Бк/м<sup>3</sup> хүрдэг байна. Усанд уусах сульфат ионы агуулалт ихсэх үед ради, бари Ва(Ra)SO<sub>4</sub>-радибаритын хэлбэртэй тунаж хоолой, арматур, нөөцлүүрийн гадарга дээр тунаж үлдэнэ. Харин гадарга дээр ирж байгаа газрын тос, усны холимог дахь  $^{226}\text{Ra}$  ба  $^{228}\text{Ra}$  изотопуудын эзлэхүүнт идэвх харгалзан  $\sim 10$  Бк/л, 14 Бк/л байна. Газрын тосны давхаргын ус нь уран, торийг бага агуулдаг бөгөөд, харин эдгээр цацраг идэвхт изотопуудын бүлийн нийлбэр эзлэхүүнт идэвх  $\sim 37$  Бк/л байдаг байна. Давхаргын элсэн чулуу нь энгийн тунамал чулуулгуудынхтай адил хэмжээний ураныг агуулдаг. Эдгээр нь анхдагч  $^{238}\text{U}$  (түүнчлэн  $^{235}\text{U}$ ),  $^{232}\text{Th}$ -ийн задралын бүтээгдэхүүн байх бөгөөд эх цөмүүд нь байдаггүй. Эдгээр элементүүд нь газрын тос, хий болон давхаргын ус агуулсан хураагуурын чулуулгаас шилждэггүй (зөөгддөггүй). Давхаргын ус нь хураагуурын чулуулгаас ууссан ради, бари, стронци, кальцийн катионуудыг агуулж байдаг. Ингэснээр давхаргын ус нь  $^{238}\text{U}$ -ийн бүлийн  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ -ийн  $^{228}\text{Ra}$  ба  $^{224}\text{Ra}$  радигийн изотопуудыг агуулдаг. Ради-226 ба түүний

задралын бүтээгдэхүүнүүд маш их хортой цацраг идэвхт изотопуудын бүлэгт хамаарах бөгөөд хүний эрүүл мэндэд аюул учруулах тул хүрээлэн буй орчны бохирдолтыг энэ изотопоор үнэлэх нь зайлшгүй шаардлагатай болдог. Газрын тосны олборлолтын үед урт настай эх цөмүүд болох  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  болон  $^{235}\text{U}$  нь хуримтлуулагч чулуулагт үлддэг бөгөөд радон ( $^{222}\text{Rn}$ ) газрын тос болон усаар зөөгддөг байна. Мөн  $^{226}\text{Ra}$  изотоп устай цуг зөөгддөг байна. Тэгэхээр радигийн эдгээр гурван изотопууд газрын тос эсвэл хийтэй хамт олборлогдсон усанд илэрдэг. Гэхдээ тэдгээрийн эх цөмүүд нь биш юм. Тэдгээрийн урт настай эх цөмүүд болох  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  болон  $^{235}\text{U}$  нь хуримтлуулагч чулуулагт үлддэг тул тэдгээр нь усанд шилжиж зөөгдөхгүй [1, 3].

### ХЭМЖИЛТИЙН АРГА ЗҮЙ, ХЭМЖИЛТ

Усанд агуулагдах цацраг идэвхт изотопуудын эзлэхүүнт идэвхийн хэмжээг тодорхойлоход HP-Ge гамма спектрометр ашиглана. Дээж дэх цацраг идэвхт изотопуудын эзлэхүүнт идэвхийг тодорхойлохдоо  $i$  дүгээр изотопын эзлэхүүнт идэвхийг дээж дэх цацраг идэвхт изотопуудын балансын тэгшитгэлээс дараах илэрхийллээр тооцно.

$$A_i = A_x \cdot \frac{\lambda_i^2 \cdot t_{x\text{эм}} \cdot t_{ab} \cdot \exp(\lambda \cdot t_{x\text{ул}})}{(1 - \exp[\lambda_i \cdot t_{x\text{эм}}])(1 - \exp[\lambda \cdot t_{ab}])} \quad (1)$$

Энд:  $A_x = [S(E_i)/t_{x\text{эм}}]/[\varepsilon(E_i) \cdot n_i \cdot m_i]$   
 $S(E_i)$  -  $E_i$  энергитэй гамма квантын бүрэн шингээлтийн шугамын талбай (имп);  $t_{x\text{эм}}$  - хэмжих хугацаа, с;  $\varepsilon(E_i) = k\varepsilon_o(E_i)$  - детекторын үнэмлэхүй бүртгэх чадвар;  $\varepsilon(E_i)$  - Маринеллийн саванд стандарт ус хэмжиж олсон детекторын бүртгэх чадвар;  $k$  - детектор, дээжийн геометр хэмжээ, тэдгээрийн харилцан байрлал, судлаж байгаа дээжид болон усанд  $\gamma$ -квантын сулралт зэргээс хамаарах коэффициент;  $n_i$  - гамма квантын гаралт;  $m$  - дээжийн жин (кг);  $\lambda_i$  -  $i$  дүгээр изотопын задралын тогтмол;  $t_{x\text{ул}}$  - дээж авснаас хэмжих хүртэл хүлээх хугацаа (с);  $t_{ab}$  - дээж авахад зарцуулагдах хугацаа (с);  $A_i$  нь Бк/кг;

Ийнхүү усан дахь радоны эзлэхүүнт идэвхийг дараах томъёогоор тооцно.

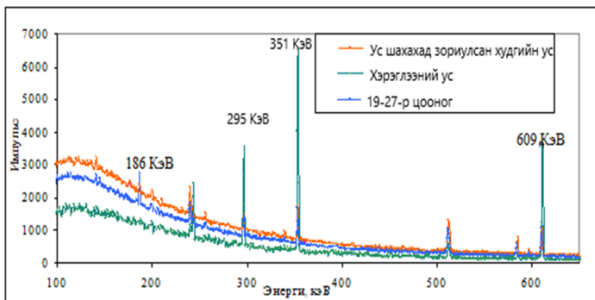
$$A = \frac{S(E_i) - S_{\Phi}(E_i)}{k\varepsilon_o(E) \cdot k_{\gamma} \cdot V \cdot t_{x\text{ул}}} \quad (2)$$

Энд:  $A$ -эзлэхүүнт идэвх, Бк/л;  $S(E_i)$  -бүрэн шингээлтгийн пикийн талбай, импульс;  $S_{\phi}(E_i)$  -тухайн нөхцөл дэх гамма спектрометрийн фон;  $V$ -усны эзлэхүүн (л);  $k = e^{-\lambda \cdot t}$ ,  $\lambda = 2.098 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$  -  $^{226}\text{Rn}$ -ийн задралын тогтмол,  $t_{\text{хүл}}$  - дээж авснаас хэмжих хүртэл хүлээсэн хугацаа, с;  $\epsilon_o(E)$  -усны хувьд детекторын үнэмлэхүй бүртгэх чадвар;  $t_{\text{хэм}}$  - хэмжих хугацаа, с.

Тамсагийн газрын тосны сав газар, Тосон-Уулын ордын газар доорх усны цацраг идэвхийн судалгааг XIX талбайд хийсэн үр дүнг харуулна.

### ҮР ДҮН

Тосон-Уулын XIX талбайн 19-27, 19-31, 19-13-2-р цооногууд газрын тосны давхаргын усны дээжийг хагас дамжуулагч цэвэр германий детектороор 3600 секунд хэмжсэн спектрийг 2-р зурагт үзүүлэв.



Зураг 2. Усны дээжийн гамма спектр.

Хүснэгт 1. XIX талбайн хаягдал усанд  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ -ийн эзлэхүүнт идэвх.

Дээжийн нэр	Изотопын эзлэхүүнт идэвх, Бк/л				
	$^{214}\text{Pb}$	$^{214}\text{Bi}$	$^{222}\text{Rn}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{238}\text{U}$
19-27-р цооног цооногийн дагалдах ус	35	41	38	52.6	<0.4
19-31-р цооног цооногийн дагалдах ус	995	1347	1171	11.0	<0.4
19-13-2-р цооногийн дагалдах ус	1820	2344	2082	<0.4	<0.4
Илрүүлэх доод хязгаар (1 л эзлэхүүнтэй, 1 цаг хэмжих үед)	0.3	0.5	0.4	0.4	0.4
Ундны ус. Эрүүл ахуйн шаардлага, чанар, аюулгүй байдлын үнэлгээ (MNS 0900:2018)	-	-	100	0.5	0.37 (0.03 мг/л)

$^{222}\text{Rn}$ -ын байгалийн цацраг идэвхт задралын богино настай изотопуудаас үүсэх гамма шугамуудаас хамгийн их эрчимтэй 295.21 кэВ;

351.92 кэВ; 609.31 кэВ энергитэй гамма шугамуудаар радоны эзлэхүүнт идэвхийг нарийвчлал сайтай тодорхойлно. Усны дээж дэх  $^{226}\text{Ra}$ -ийн эзлэхүүнт идэвхийг түүний өөрийнх 186.2 КэВ энергитэй гамма шугамаар тодорхойлох аргыг Цөмийн физикийн судалгааны төвд боловсруулсан [4, 5] бөгөөд бидний судалгааны үр дүнг 1-р хүснэгтэд харуулав.

Тосон-Уулын XIX талбайн 31, 13-2-р цооногоос гарч байгаа газрын тосны дагалдах усны дээжид радоны эзлэхүүнт идэвх харгалзан 1171 Бк/л, 2082 Бк/л, мөн 27 ба 31-р цооногоос гарч байгаа газрын тосны давхаргын усны дээжид радийн эзлэхүүнт идэвх харгалзан 52.6 Бк/л ба 11.0 Бк/л байгаа нь давхаргын усан дахь  $^{226}\text{Ra}$  нь  $^{222}\text{Rn}$ -ын үүсгүүр болж байгааг харуулж байна. Давхаргын усны  $^{226}\text{Ra}$  нь цооног өрөм дэх төхөөрөмж болон цооногийн эргэн тойрны хөрсний гадаргыг бохирдуулах нөхцөл болж байна. Газрын тосыг усаар шахаж цуглуулсны үр дүнд ус ба газрын тосны хооронд радийн тархалтын тэнцвэр тогтоно. Энэ үед давхаргын усан дахь радийн эзлэхүүнт идэвх:

$$C_{\text{Ra, ус}} = \frac{C_{\text{Ra, г.т}}}{K_{\text{тэнц}}} \quad (3)$$

Үүнд:  $C_{\text{Ra, ус}}$  - давхаргын усан дахь радийн эзлэхүүнт идэвх (52.6 Бк/л = 52600 Бк/м<sup>3</sup>);  $K_{\text{тэнц}}$  –газрын тос ба усны хооронд радийн түгэлтийн тэнцвэрийн коэффициент ( $K_{\text{тэнц}} = 2.9 \cdot 10^{-4}$ ) [6].

Хүснэгт 2. Тосон-Уулын XIX талбайн 19-31, 19-34-р цооногийн газрын тосонд агуулагдах цацраг идэвхт изотопуудын хэмжээ.

Дээжийн нэр	Изотопын эзлэхүүнт идэвх, Бк/л				
	$^{214}\text{Pb}$	$^{214}\text{Bi}$	$^{222}\text{Rn}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{238}\text{U}$
Газрын тос (19-314 цооног)	19	26	22	<0.4	<0.4
Газрын тос (19-34 цооног)	18	27	23	<0.4	<0.4
Илрүүлэх доод хязгаар (1 л эзлэхүүнтэй, 1цаг хэмжих үед)	0.3	0.5	0.4	0.4	0.4
Ундны ус. Эрүүл ахуйн шаардлага, чанар, аюулгүй байдлын үнэлгээ (MNS 0900:2018)	-	-	100	0.5	0.37 (0.03 мг/л)

Энэ харьцаанаас түүхий (усгүй) газрын тосон дахь радийн эзлэхүүнт идэвх  $\sim 152.5 \text{ Бк/м}^3 = 0.15 \text{ Бк/л}$  болно. Бидний ашиглаж байгаа гамма-спектрометрийн  $^{226}\text{Ra}$  изотопын эзлэхүүнт

идэвхийг илрүүлэх хамгийн бага хувийн идэвх 0.4 Бк/л юм.

Тосон-Уулын 19-314, 19-34-р цооногоос авсан газрын тосны дээжид байгалийн цацраг идэвхт изотопуудын хэмжээг тодорхойлсон дүнг 2-р хүснэгтэд харуулав. Тосон-Уулын XIX талбайн цооногуудын газрын тосны дээжид агуулагдах  $^{226}\text{Ra}$ -ийн хэмжээ бага байгаа нь 2-р хүснэгтээс харагдаж байна.

Хүснэгт 3. Тосон-Уулын XIX талбайн усны дээж дэх цацраг идэвхт изотопуудын эзлэхүүнт идэвх, ураны агуулалт.

Дээжийн нэр	Изотопын эзлэхүүний идэвх, Бк/л					ICP-124 U* мг/л
	$^{214}\text{Pb}$	$^{214}\text{Bi}$	$^{222}\text{Rn}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{238}\text{U}$	
Тосон-Уулын XIX талбайн ахуйн хэрэглээний ус	25.7	35.7	30.7	<0.4	<0.4	0.070
Тосон-Уулын XIX талбайн ТА-1 байгууламжид цэвэршүүлэхээс өмнөх ус	16.9	29.7	23.3	<0.4	<0.4	0.15
(5-23) Ус шахалтад зориулан олборлож буй худгийн ус	13.3	19.7	16.5	<0.4	<0.4	0.15
Тосон-Уулын XIX, ТА-1 байгууламж, цэвэршүүлсэн ус	13.4	17.2	15.3	<0.4	<0.4	0.15
1-9 дахин дамжуулах хуваарилах байгууламжаас шахаж буй ус	12.1	13.6	12.9	<0.4	<0.4	0.17
Газрын тосноос ялгасан ус	19.3	20.7	20.0	<0.4	<0.4	0.18
Тосон-Уулын 19-р талбайн 1-4 насосоос гарч буй ус	14.2	32.9	23.6	<0.4	<0.4	0.15
Илрүүлэх доод хязгаар (1 л эзлэхүүнтэй, 1 цаг хэмжих үед)	0.3	0.5	0.4	0.4	0.4	
Ундны усанд зөвшөөрөгдөх хэмжээ (MNS 0900:2018)			100	0.5	0.37	0.03
MNS 4983:2011 стандарт, үйлдвэрлэлийн болоод саармагжуулсан хаягдал ус						0.100

U\* - Геологийн төв лабораторийн индукцийн холбоост плазмын спектрометр (ICP-24)-ийн

аргаар ураны агуулалтыг тодорхойлсон дүнг харуулав.

Тосон-Уулын XIX талбайн газар доорх усны дээжид агуулагдах байгалийн цацраг идэвхт изотопуудын эзлэхүүнт идэвхийг гамма спектрометрээр болон ураны хэмжээг индукцийн холбоост плазмын спектрометр (ICP-24)-ээр тодорхойлсон дүнг 3-р хүснэгтэд харуулав.

Тосон-Уулын XIX талбайгаас 2016 оны 7 сард авсан усны дээжид цацраг идэвхт  $^{222}\text{Rn}$  изотопын эзлэхүүнт идэвх 12.5 - 30.7 Бк/л байна.  $^{226}\text{Ra}$  ба  $^{238}\text{U}$  изотопуудын эзлэхүүнт идэвх гамма спектрометрээр илрүүлэх хязгаараас <0.4 Бк/л бага байна.

Хүснэгт 4. Тосон-Уулын XIX талбайн усны дээж дэх цацраг идэвхт изотопуудын эзлэхүүнт идэвх, ураны агуулалт.

Дээжийн нэр	Изотопын эзлэхүүний идэвх, Бк/л					ICP-124 U, мг/л
	$^{214}\text{Pb}$	$^{214}\text{Bi}$	$^{222}\text{Rn}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{238}\text{U}$	
(5-22) Ус шахалтад зориулан олборлож буй худгийн ус	11.6	10.3	10.9	<0.4	<0.4	< 0.05
Тосон-Уулын XIX талбайн ахуйн хэрэглээний ус	6.7	9.2	7.9	<0.4	<0.4	< 0.05
(5-23) Ус шахалтад зориулан олборлож буй худгийн ус	3.7	7.6	5.6	<0.4	<0.4	< 0.05
Тосон-Уулын XIX талбайн ТА-1 байгууламжид цэвэршүүлэхээс өмнөх ус	792	1485	1139	<0.4	<0.4	< 0.05
Тосон-Уулын XIX талбайн ТА-1 байгууламжид цэвэршүүлсэн ус	156	249	203	<0.4	<0.4	< 0.05
(5-21) Ус шахалтад зориулан олборлож буй худгийн ус	11.1	25.0	18.1	<0.4	<0.4	< 0.05
Тосон-Уулын XIX талбайн 1-4 насосоос гарч байгаа ус	2.5	0.6	1.5	<0.4	<0.4	< 0.05
(1-11) дахин дамжуулах хуваарилах байгууламжаас шахаж буй ус	3.8	0.6	2.2	<0.4	3	< 0.05

Илрүүлэх доод хязгаар (1 л эзлэхүүнтэй, 1 цаг хэмжих үед)	0.3	0.5	0.4	0.4	0.4	
Ундны усанд зөвшөөрөгдөх хэмжээ (MNS 0900:2018)			100	0.5	0.37	0.03
MNS 4983:2011 стандарт, үйлдвэрлэлийн болоод саармагжуулсан хаягдал ус						0.100

XIX талбайн уст цэгүүдээс 2016 онд авсан дээжид  $^{222}\text{Rn}$  изотопын эзлэхүүнт идэвх 1.5-1139 Бк/л байна. Геологийн төв лабораторийн индукцийн холбоост плазмын спектрометр (ICP-24)-ээр усны шинжилгээ хийсэн эдгээр дээжид ураны агуулалт 0.100 мг/л (MNS 4983:2011 стандарт) заасан хэмжээнээс бага байна.

### ДҮГНЭЛТ

1. Тамсагийн сав газрын XIX талбайн Тосон-Уулын ордын газрын тос, газрын тосны дагалдах ус, ус шахалтад зориулан олборлогдож буй худгуудын ус, хэрэглээний ус зэрэг газар доорх усанд агуулагдах байгалийн цацраг идэвхт элементүүдийн агуулгыг гамма-спектрометрийн аргаар судласан дүнгээс тус ордын газрын тосны давхаргын усанд  $^{226}\text{Ra}$  цацраг идэвхт изотоп агуулагдаж байгаа нь тогтоогдсон.

2. Тус ордын газрын тосыг усаар түрж цуглуулах үед тос ба усны фазын нийлэх гадаргын талбай эрс өсөж, газрын тосноос  $^{226}\text{Ra}$  изотоп давхаргын усанд шилжиж байна.  $^{226}\text{Ra}$ -ийн үйлдвэрийн төхөөрөмжид хуримтлал бий болж үйлдвэрийн ажилчид цацрагийн нэмэлт тун авах, хүрээлэн буй орчин хаягдал усаар бохирдох, тоног төхөөрөмжид цацраг идэвхт давс хаг үүсгэх, газрын тосны өрөмдлөгийн үед цацраг идэвхт хаягдал үүсэх нөхцөл бүрдэж байна.

3. Газрын тосны давхаргын усны цацрагийн мониторинг хийх,  $^{226}\text{Ra}$  изотопыг хлорт барийн давсанд шингээн хатуу нэгдэл үүсгэн хам тунадасжуулах, байгалийн цеолититоор цэвэрлэн идэвхгүйжүүлэх технологийг боловсруулах шаардлагатай байна.

### АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

[1] IAEA, Radiation Protection and the Management of Radioactive Waste in the Oil

and Gas Industry, Training Course Series No. 40, Vienna, 2010.

- [2] Myagmar Erdenethya, Vanganjil Alimaa, Jamba Tseweenjav, Lidiya I. Svarovskaya, Lyubov K. Altunina, Nanzad Norov. “Radioactive isotopes of Toson-Ula basin of Mongolia” International Conference on the Advanced Materials with Hierarchical Structure for New Technologies and Reliable Structures, Tomsk, AIP Conference Proceeding. – V. 2051. – P. 020075. (2018). <https://doi.org/10.1063/1.5083318>
- [3] Титаев Н.А. Ядерная геохимия: Учебник. - 2-е изд. М.:Изд-во МГУ, 2000.-336 с.
- [4] Н. Норов, Ц. Оюунчимэг, Г. Хүүхэнхүү, Монгол орны усан дахь радоны судалгаа, (2016), Мөнхийн үсэг хэвлэх үйлдвэр. 12.6 х.х.
- [5] Г.Цэмбэлмаа, Н.Норов, Н.Энхбат. Ураны орд орчмын усны цацраг идэвхийн судалгаа. ШУА, Физик технологийн хүрээлэнгийн бүтээл №38, 2011, 115-119-р тал.
- [6] Г. Г. Глухов, Е. С. Доняева, В. В. Закау, Ю.В.Нестерова, И.В.Чикова. “Радиоэкологическая оценка воздействия нефтегазодобывающих предприятий на окружающую среду” Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: материалы IV Международной конференции, 2013, стр. 144–147.