

Ундны усны цацрагийн эрсдэл, тун

Х.Цоохүү, О.Болормаа, Н.Тэгшбаяр

Монгол Улсын Их Сургууль, Шинжлэх ухааны сургууль, Улаанбаатар хот 210646, Монгол улс

Ундны усан дахь ураны цацрагийн эрсдэл, цацрагийн тунг бодох аргачлал дэвшүүлж тооцоог хийсэн. Ураны агуулга ихтэй ус хэрэглэж буй оршин суугчдын эрүүл мэнд, оюуны чадавхийг тусгайлан судлах шаардлагатай гэсэн дүгнэлт хийсэн.

Ундны усан дахь ураны агуулгыг Монгол орны хэмжээнд тодорхойлсон үр дүнгээс үзвэл усан дахь ураны агуулга нь дэлхийн бусад орнуудаас харьцангуй их гэдэг нь харагдсан. Ундны усан дахь ураны агуулга улсын дунджаар 16 ppb буюу 16 мкг/л байна[1]. Дорноговь, Төв, Хэнтий, Сүхбаатар, Дорнод аймгийн зарим сумдын төвийн худгуудад ураны агуулга 100-370 мкг/л хүрдэг. Гэтэл Герман улсын хувьд усан дахь уран хамгийн их илэрцтэй нь Бавар мужийн хойт нутаг бөгөөд энд 39 мкг/л гэж тогтоогджээ. Норвегт гүний усны дундаж нь 2 мкг/л бөгөөд Финляндад хамгийн их утга нь ердөө 12 -т хүрдэг. Усан дахь ураны дундаж агуулга АНУ-д 6.7 мкг/л, Хятад, Францад 2.2 мкг/л байна. Гэхдээ Хятадын хойт мужуудын зарим усанд ураны агуулга 100 мкг/л давж бүртгэгддэг. Уран организмд хоёр замаар хортой нөлөө үзүүлнэ. Нэгд, уран хүнд металл учраас химийн хорууц чанартай. Хоёрт, цацраг идэвхт учраас цацрагийн хор нөлөөтэй. Уран бөөр, яс, тархи, элгэнд очиж хуримтлагддаг бөгөөд хүнд элемент учраас тэндээ үлдэж исэлдэлтийн процессийг түргэсгэж организмын хэвийн ажиллагаанд муугаар нөлөөлнө. Нөгөө талаас ураны аяндаа задралаас үүсэх их энергитэй альфа бөөм хүний биенд нэвчиж, ДНХ, эд эсийг гэмтээх зэргээр удамшлын санд сөргөөр нөлөөлж хорт хавдарт хүргэдэг нь тогтоогджээ. Сүүлийн үеийн судалгаагаар ураны хортой нөлөөллийн хоёр зам (хүнд элемент+цацраг) хамсаж бие биенээ дэмжин, синергетик нөлөө үзүүлж илүү хөнөөлтэй байж болох талаар судлаачид бичих боллоо. Ер нь ураны цацраг амьд организм (хулгана, туулай г.м), хүний биед яаж нөлөөлдөг талаар баттай судалж тогтоосон зүйл алга бололтой. Амьтан дээр хийсэн туршилтуудын үр дүн хоорондоо зөрөөтэй гардаг тохиолдол нэг биш удаа тааралддаг. Тэр ч бүү хэл ураны их тунгаар удаан хугацаагаар тариулсан хулганд физиологийн ямар нэг өөрчлөлт ороогүй, хоол ундыг хэвийн байдлаар хэрэглэж, биеийн жин нь байх ёстой хэмжээгээр нэмэгдэж, өвчний шинж тэмдэг илрээгүй, хорт хавдраар өвчлөөгүй болохыг ажиглажээ. Харин мэдрэлийн системд нь өөрчлөлт гарч байгаа шинж тэмдэг илэрсэн байдаг. Иймд зарим эрдэмтэд усан дахь уран эрүүл мэндэд төдийлөн нөлөөлөхгүй, харин дүйнгэдүү болгоно гэж үзэж байна. Энэ нь туршилтын үр дүнгээс гарч байгаа төдийгүй бас онолын талаас үндэслэгдэж болох зүйл. Юу гэвэл хүний биед эхлээд орох ураны хэлбэр нь

уранинитын катион UO_2^{2+} байх ба энэ нь хар тугалганы катион Pb^{2+} -ийн аналог юм. Хар тугалга хүний мэдрэлийн системд, ой санамжинд хүчтэй сөргөөр нөлөөлдөг нь шинжлэх ухаанд тогтоогдсон зүйл. Тэгэхлээр ураныг цацраг идэвхт хар тугалга мэтээр үзэж болох ба хор хөнөөл нь ердийн хар тугалганаас илүү болно. Усан дахь ураны хүлцэх хэмжээг Дэлхийн эрүүл мэндийн байгууллага 2012 оноос хойш 30 мкг/л болгож өндөрсгөсөн. Өмнө нь 15 байсан юм. Энэ стандарт бол ураны химийн хорууц чанар дээр үндэслэж тогтоосон тоо. Цацрагийнх нь эрсдэл ороогүй гэж үзэж болно. Ундны уснаас шарлага (дотоод шарлага) авсан хүн, ураны үйлдвэрт ажилладаг хүнээс илүү эрсдэлтэй байдаг. Учир нь ураны цацраг нь альфа бөөм байдаг бөгөөд энэ нь агаарт миллиметр ч хүрэхгүй зай туулаад зогсдог. Иймд хүний арьсыг нэвтлэн биед орж чадахгүй. Харин усаар дамжин бие махбодод орвол энэ нь альфа бөөмийн дотоод шарлага болох ба нэг альфа бөөм олон мянган эд эсийг локаль хэлбэрт нь гэмтээдэг. Энэ нь хорт хавдрын голомт болох талтай. Энэхүү өгүүлэлд биед усаар дамжин хүний биед орсон ураны зөвхөн цацрагийнх нь эрсдэл, уранаас авах дотоод шарлагын тунг үнэлэх зорилт тавьсан болно. Америк болон Европын орнуудад цацрагийн эрсдлийн коэффициентийг тодорхойлсон байдаг. Энэ нь ураны хувьд $4.4 \times 10^{-11} \frac{1}{\text{пкКюри}}$ -тэй тэнцүү[2]. Эрсдэлийн коэффициентийг мэдвэл эрсдэлийн факторыг дараах томъёогоор бодож олно.

$$\mathcal{E}_\Phi = \gamma \mathcal{E}_k m t \quad (1)$$

Үүнд: \mathcal{E}_Φ – эрсдлийн фактор, m - өдөрт хэрэглэх усны хэмжээ, t - амьдралын туршид шарлага авах нийт хугацаа. Монгол хүн өдөрт 3л ус (хүнсний бүтээгдэхүүнээс авах усыг оруулаад) хэрэглэх ба дундаж нас нь 65 жил (23725 өдөр) гэвэл эрсдлийн фактор

$$\mathcal{E}_\Phi = 4.4 \times 10^{-11} \times \frac{1}{\text{пкКюри}} \times 3 \frac{\text{л}}{\text{өдөр}} \times 23725 \text{өдөр} = 3.12 \times 10^{-6} \frac{\text{л}}{\text{пкКюри}} \quad (2)$$

болно. Улмаар эрсдлийн магадлал

$$\mathcal{E}_m = \gamma \cdot \mathcal{E}_\Phi \cdot C \quad (3)$$

гэж олдоно[3,4]. Үүнд, γ - нэгж шилжүүлгийн коэффициент, C - ураны масс концентраци. Манай

тохиолдолд ураны масс концентрацийг $C=100$ гэж сонгон авъя. Энэ нь Сайншанд, Баруун-Урт хотуудын зарим худаг, шугамын усан дахь ураны жишиг агуулга болно. Тэгвэл пкКюрид шилжүүлэх коэффициент

$$\gamma = 6.75 \times 10^{-1} \frac{\text{пкКюри}}{\text{л}}$$

$$\Theta_m = 6.75 \times 10^{-1} \times 3.12 \times 10^{-6} \times 100 = 2.16 \times 10^{-4} \quad (4)$$

гэж олдоно. Өөрөөр хэлбэл 10000 хүн тутмаас 2 хүн уснаас авсан уранаас шалтгаалах хорт хавдраар өвчлөх магадлалтай байна.

Цааш нь усан дахь уранаас авах цацрагийн тунг бодоё. Усан дахь ураны концентрац 100 ppb гэдэг нь 1 литр усанд 100 мкг (микрограмм) буюу 10^{-4} г уран агуулагдаж байна гэсэн үг. Ураны атом жин 238. Иймд 238 гр буюу 1 моль уран 6.02×10^{23} атом агуулна. Тэгэхээр 1 г уранд $(6.02 \times 10^{23})/238 = 2.5 \times 10^{21}$ тооны атом байна. Тэгвэл 1л усны цацраг идэвхжил

$$A = N \cdot \lambda = N \cdot \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}} \quad (5)$$

томъёогоор олдоно. Үүнд N - ураны атомын тоо, $T_{\frac{1}{2}}$ -ураны хагас задралын үе. Манайд $N = 2.5 \times 10^{21}$, $= 4.46 \times 10^9$ жил. Иймд

$$A = 3.88 \times 10^7 \text{ задрал/жил буюу} \\ = 1.23 \text{ задрал/сек} = 1.23 \text{ Бк}$$

Энэ нь Сайншанд, Баруун-Урт хотуудын ундны 1 л усанд 1секунтэд ураны 1.23 задрал явагдаж байна гэсэн үг. Ураны нэг удаагийн задрал явагдахад

4.15 мэВ энерги ялгарна. Энэ нь задралаас үүссэн α бөөмийн кинетик энерги бөгөөд хүний биед секунд тутамд локаль (мм хүрэхгүй зайд) хэлбэрээр ийм хэмжээний энерги шингээгдэнэ. Энэ нь нэг секундэд 4000 орчим эсийг гэмтээж байна гэсэн үг. Гэхдээ амьд организмын өөрийгөө нөхөн төлжүүлэх чадвар их учраас гэмтсэн эсүүдийн ихэнх нь богино хугацааны дотор анхны төлөв байдлаа сэргээн хэвийн байдалд ордог байна.

Одоо жилд уснаас (100 ppb ураны агуулгатай) авах цацрагийн тунгийн хэмжээг үнэлье. Насанд хүрсэн хүн өдөрт 3л ус (хоол хүнсээр авахыг оруулаад) хэрэглэнэ гэвэл 1 жилд 1095 л ус болно. Энэ нь жилд хүний биед $1095 \times 3.88 \times 10^7 = 4.2 \times 10^{10}$ тооны задрал явагдаж байна гэсэн үг. Цацрагийн тун (Т) гэдэг хэмжигдэхүүн задралын тоог нэг задралаас үүсэх энергээр үржүүлсэнтэй тэнцүү. Иймд

$$T = 4.2 \times 10^{10} \times 4.2 \text{ мэВ} = 2.83 \times 10^{-2} \text{ Дж} \\ = 2.83 \times 10^{-2} \text{ Зв} = 28.3 \text{ мЗв}$$

Ийнхүү 100 ppb ураны агуулгатай ус хэрэглэж байгаа хүн жилд ойролцоогоор 28.3 мЗв /жил тун авах тооцоо гарч байна.

Хөрс болон уулын чулуулаг хүний биед жилд 0,25-0,6 мЗв/жил цацраг өгч байдаг бол нарны радиац далайн түвшинд 0,3 мЗв/жил тун хүрдэг. Хоол хүнсээр авах тунгийн зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээ ДЭМБ-аас гаргасан зөвлөмжийн дагуу 100 мкЗв/жил буюу 0,1 мЗв/жил юм [56]. Эдгээртэй харьцуулбал уснаас авах цацрагийн тун нь бараг 100 дахин их байгаа нь анхаарал татаж байна. Ийм учраас цаашид усандаа уран ихтэй орон нутагт оршин суугчдын эрүүл мэнд, оюуны чадварыг тусгайлан судлах шаардлагатай гэж үзэж байна.

-
- [1] Х.Цоохүү, О.Болормаа, Н. Тэгшбаяр "Монгол орны ундны усны ураны судалгаа", МУИС-ийн ЭШ бичиг, N25(487), 2017 он, Хууд. 116-132
- [2] SEPA, National Primary Drinking Water Regulation Radionuclide, Final rule, 2000
- [3] S. C. Morris and A. F. Meinhold "Probabilistic Risk Assessment of Nephrotoxic Effect of Uranium in Drinking Water," Health physics, Vol. 69, No.6, 1995, pp.897-908
- [4] N. K. Sethy, R.M Tripathi et.al "Assesment of Natural Uranium in the Ground Water around Jaduguda Uranium Mining Complex, India", Journ. of Enviromental Protection, 2011, 1002-1007