



## اورانیوم تهی شده (DU) در طوفانهای گرد و غبار استانهای جنوب غربی ایران

حسین یوسفی<sup>۱\*</sup>، عبدالله نجفی<sup>۱</sup>، فاطمه رضایی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>سازمان انرژی اتمی ایران، نظام ایمنی هسته‌ای کشور

<sup>۲</sup>آموزش و پرورش منطقه ۱۵ تهران

### چکیده

هدف کار حاضر، بررسی وجود اورانیوم تهی شده در خاک و هوای استانهای جنوب غربی کشور که از طریق طوفانهای گرد و غبار به کشور وارد می‌شوند، می‌باشد. برای اینکار در سال ۱۳۸۷، از خاک شهرهای استانهای جنوبی کشور نمونه برداری انجام گردید. همچنین در مراکز استانها و بعضی از شهرهای مهم نمونه برداری از ذرات معلق موجود در هوا نیز انجام شده است.

با توجه به اهمیت میزان اورانیوم ضعیف شده (DU)، ابتدا فیلترهای هوا بوسیله دستگاه شمارش آلفا-بتا کل شمارش گردید تا از نظر وجود پرتوزایی بالای آلفا توسط اورانیوم ضعیف شده (DU) اطمینان حاصل شود. سپس فیلترهای هوای مورد نظر توسط سیستم گاما اسپکترومتری مورد شمارش قرار گرفتند. نمونه‌های خاک نیز با استفاده از روش گاما اسپکترومتری مورد بررسی قرار گرفتند.

با توجه به نتایج بدست آمده غلظت مواد رادیواکتیو موجود در ذرات گرد و غبار و همچنین نمونه‌های خاک در حد زمینه (طبیعی) بوده است. لذا ریسک ناشی از استنشاق این ذرات از دیدگاه رادیولوژیکی بسیار ناچیز می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** اورانیوم تهی شده - نمونه هوا - نمونه خاک - طوفان گرد و غبار - آلودگی - DU

### ۱- مقدمه

اورانیوم از راه تنفس و مصرف مواد غذایی و آب وارد بدن می‌گردد. بر اساس آخرین اطلاعات UNSCEAR، به میزان ۱/۳ میکروگرم اورانیوم وارد بدن فرد متوسط می‌گردد که این مقدار برابر ۰/۴۶ میلی گرم در سال و معادل ۱۱/۶ بکرل است که بیشتر به علت مصرف آب است. فرد متوسط دز موثر سالیانه حدود ۰/۶ میکرو سیورت ( $\mu\text{Sv}$ ) از اورانیوم دریافت می‌کند که دز موثر سالانه از مصرف عناصر زنجیره اورانیوم حدود  $110 \mu\text{Sv}$  است. اورانیوم در هوا با ذرات خاک همراه است و فرد متوسط روزانه ۰/۶ میکروگرم اورانیوم که معادل ۱۵ میلی بکرل در سال است تنفس می‌کند.<sup>۲</sup>

### ۲- روش کار

#### ۲-۱- روش نمونه‌گیری از هوا و خاک و محل نمونه‌برداری

مطابق استانداردهای نمونه برداری<sup>۱</sup>، از پمپ‌های با حجم بالا (حدود ۲ متر مکعب در دقیقه) جهت نمونه‌گیری هوا استفاده شده است. در این روش کلیه پمپ‌های حجم بالا در ارتفاع یک متری از سطح زمین قرار داده شدند. نمونه‌گیری‌های خاک مطابق استاندارد نمونه‌برداری ارائه شده توسط آژانس انرژی اتمی



صورت گرفته است.<sup>۵</sup> بر این اساس نمونه های خاک از یک مربع به ابعاد یک متر مربع و به عمق ۱۰ سانتی متر بگونه ای که خوب مخلوط شده باشند، برداشت شده اند. بعد از توزین و قرار دادن نمونه ها در ژئومترهای ۳۰۰ گرمی، نمونه ها به مدت ۲۱ روز بصورت در بسته در آزمایشگاه نگهداری شده و بعد از آن به مدت ۶۰۰۰۰ ثانیه اقدام به شمارش گردید. با استفاده از GPS، مختصات دقیق کلیه محل های نمونه برداری اخذ گردیده است. اطلاعات مربوط به محل های نمونه برداری در جدول شماره ۱ آورده شده است.

## ۲-۲- روشهای اندازه گیری DU

### ۲-۱-۲- روش اندازه گیری $^{238}\text{U}$

مقدار اکتیویته  $^{238}\text{U}$  مطابق فرمول ۱ اندازه گیری شده است:

$$^{238}\text{U} (\text{Bq.kg}^{-1}) = C (^{234}\text{Th}, 92,38, 92,8) / 2,624 \times 10^{-4} \quad (1)$$

که در آن  $C (^{234}\text{Th}, 92,38, 92,8)$ ، معرف شمارش در ثانیه فتوپیک گامای  $^{234}\text{Th}$  در انرژی های ۹۲.۳۸ و ۹۲.۸ keV می باشد<sup>۱،۶،۷</sup>.

### ۲-۱-۲- روش اندازه گیری $^{235}\text{U}$

مقدار اکتیویته  $^{235}\text{U}$  و مطابق فرمول ۲ اندازه گیری شده است:

$$^{235}\text{U} (\text{Bq.kg}^{-1}) = C (^{235}\text{U}, 185,7) / 5,108 \times 10^{-3}$$

(۲)

که در آن  $C (^{235}\text{U}, 185,7)$ ، معرف شمارش در ثانیه فتوپیک گامای  $^{235}\text{U}$  در ۱۸۵،۷ keV می باشد<sup>۱،۶،۷</sup>.

## ۳- نتایج

نتایج شمارش فیلترهای هوا و نمونه های خاک به ترتیب در جدول ۲ و ۳ آورده شده است. با مقایسه نتایج بدست آمده با جدول ۴، همانطوری که مشاهده می شود، در کلیه نمونه ها، نسبت اکتیویته  $^{238}\text{U} / ^{235}\text{U}$  از مقادیر طبیعی بسیار کمتر می باشد.

## ۴- جمع بندی و نتیجه گیری

همانطور که نتایج بدست آمده نیز نشان می دهد در کلیه نمونه ها، نسبت اکتیویته  $^{238}\text{U} / ^{235}\text{U}$  از مقادیر طبیعی بسیار کمتر می باشد. غلظت اورانیم ضعیف شده در خاک سطحی به دلیل وزش باد و نشست مجدد که منجر به انتقال اورانیم ضعیف شده به مناطق دیگر می گردد و همچنین به علت شستشوی خاک توسط آب، مرتباً در محیط کاهش می یابد. بدین ترتیب ریسک مربوط به تنفس ذراتی که مجدداً معلق شده اند نیز با گذشت زمان کاهش می یابد<sup>۲</sup>. بنابراین افرادی که در مناطق آلوده به DU زندگی می کنند و یا از این محل ها بازدید می نمایند



ممکن است بطور بالقوه به علت تعلیق مجدد DU موجود در خاک در اثر وزش باد یا فعالیت‌های انسان مانند شخم زدن در معرض پرتوگیری باشند ولیکن ریسک پرتوگیری ناشی از تنفس این ذرات به دلیل افزایش قطر ذرات در اثر چسبیدن آنها به مواد دیگر خیلی پایین می‌باشد زیرا این ذرات قادر به نفوذ در قسمتهای انتهایی ریه مانند کیسه های هوایی نمی‌باشند. همچنین مطالعات نشان می‌دهد تجمع اورانیم در گیاهان و حیوانات خیلی زیاد نبوده لذا اورانیم بطور موثر به زنجیره غذایی انتقال نمی‌یابد.<sup>۳</sup>

## ۵- منابع

۱. گزارش "اورانیوم ضعیف شده (DU)، اثرات رادیولوژیکی و روش اندازه گیری آن در خاک"، جمشید عمیدی- علی اصغر فتحی وند- خرداد ۱۳۸۳
۲. Unsear Reports: UNITED NATIONS, Sources and effects of Ionizing Radiation, Report to the General Assembly Science Annexes, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, (UNSCEAR), UN, New York (۱۹۸۸, ۱۹۹۳, ۱۹۹۶, ۲۰۰۰).
۳. Depleted Uranium and The IAEA, IAEA, NEWS Center, Feature (۲۰۰۸)
۴. Depleted Uranium in Kuwait, Staff report IAEA, ۱۳ June ۲۰۰۳
۵. IAEA, TecDoc ۱۴۱۵, Source sampling for environment
۶. Use of HPGe Gamma-Ray spectrometry to access the isotopic composition of uranium in soil. Journal of Environmental radioactivity ۶۴(۲۰۰۳) ۱۹۵-۲۰۳
۷. Use of gamma-ray spectrometry for analysis of uranium isotopic composition in aerosol particulate matter containing DU. Stinger, Burnett, szrom (stinger@ocean.fsu.edu).

جدول ۱: موقعیت محل نمونه برداری و دز گامای محیطی

Sample Code	Longitude (N)	Latitude (E)	Height (m)	Gamma Dose Rate $\mu\text{Sv/h}$
S۱	۳۰°، ۴۰، ۳۵	۵۱°، ۳۶، ۵	۱۹۱۸	۰، ۰۷۵
F۱	۳۵°، ۴۳، ۵۷	۵۱°، ۳۵، ۳۴	۱۲۹۴	۰، ۰۸
F۲	۳۰°، ۴۰، ۳۷	۵۱°، ۳۴، ۴۵	۱۸۲۰	۰، ۱۳
F۳	۳۰°، ۴۰، ۳۵	۵۱°، ۳۶، ۰۶	۱۹۱۷	۰، ۰۹
S۲	۳۰°، ۴۹، ۵۴	۵۱°، ۱۰، ۱۱	۸۴۳	۰، ۰۹
S۳	۳۰°، ۲۰، ۲۷	۵۰°، ۵۲، ۱۱	۷۶۸	۰، ۱۵
S۴	۳۰°، ۲۳، ۱۸	۵۰°، ۴۳، ۳۸	۷۳۴	۰، ۱۰
S۵	۳۰°، ۳۴، ۷۶	۵۰°، ۱۹، ۵۰	۳۵۹	۰، ۰۴

S۶	۳۰°، ۴۱، ۷۶	۵۰°، ۰۹، ۲۵	۳۰۰	۰، ۰۹۵
S۷	۳۰°، ۴۱، ۷۵	۴۹°، ۱۳، ۵۸	۰	۰، ۰۵
S۸	۳۰°، ۲۸، ۵۰	۴۹°، ۱۰، ۶۸	۰	۰، ۰۸
F۴	۳۰°، ۲۶، ۶۵	۴۹°، ۰۵، ۴۰	۰	۰، ۱
F۵	۳۰°، ۲۶، ۳۱	۴۹°، ۰۴، ۶۰	۰	۰، ۱۱
F۶	۳۰°، ۲۶، ۶۸	۴۹°، ۰۵، ۳۱	۲	۰، ۰۹
F۷	۳۰°، ۲۸، ۵۰	۴۹°، ۱۰، ۶۸	۰	۰، ۰۸
S۹	۳۰°، ۲۰، ۰۶	۴۸°، ۱۸، ۶۸	۳	۰، ۱
F۸	۳۰°، ۲۸، ۵۰	۴۹°، ۱۰، ۶۸	۰	۰، ۱۱
F۹	۳۰°، ۲۸، ۵۰	۴۹°، ۱۰، ۶۸	۰	۰، ۰۸
F۱۰	۳۰°، ۱۹، ۵۴	۴۸°، ۱۷، ۳۸	۰	۰، ۰۶
F۱۱	۳۰°، ۲۰، ۰۷	۴۸°، ۱۸، ۶۷	۰	۰، ۰۳
S۱۰	۳۰°، ۳۰، ۷۶	۴۸°، ۰۱، ۷۳	۰	۰، ۱۴
S۱۱	۳۰°، ۴۴، ۳۶	۴۸°، ۲۴، ۳۲	۱۵	۰، ۰۵
S۱۲	۳۱°، ۱۳، ۰۵	۴۸°، ۳۸، ۸۷	۳۰	۰، ۰۷
S۱۳	۳۱°، ۱۷، ۸۶	۴۸°، ۳۷، ۷۴	۸	۰، ۱۴
F۱۲	۳۱°، ۱۹، ۵۳	۴۸°، ۴۰، ۱۲	۲۲	۰، ۱
F۱۳	۳۱°، ۲۱، ۱۱	۴۸°، ۴۰، ۶۳	۲۰	۰، ۰۶
F۱۴	۳۱°، ۲۱، ۰۲	۴۸°، ۴۳، ۰۶	۱۰	۰، ۰۴
F۱۵	۳۱°، ۱۷، ۸۵	۴۸°، ۳۷، ۸۵	۷	۰، ۰۵
S۱۴	۳۲°، ۰۵، ۳۱	۴۸°، ۱۷، ۹۴	۶۱	۰، ۰۵
S۱۵	۳۲°، ۲۱، ۰۳	۴۸°، ۰۶، ۵۵	۹۷	۰، ۰۸
S۱۶	۳۲°، ۲۷، ۴۴	۴۷°، ۳۴، ۶۵	۱۰۷	۰، ۱۰
S۱۷	۳۲°، ۴۴، ۴۴	۴۷°، ۰۹، ۷۶	۲۲۸	۰، ۰۹
F۱۶	۳۲°، ۴۱، ۷۲	۴۷°، ۱۶، ۷۷	۲۲۶	۰، ۰۴
F۱۷	۳۲°، ۴۱، ۵۱	۴۷°، ۱۵، ۶۲	۲۰۷	۰، ۱۲
F۱۸	۳۲°، ۴۱، ۳۹	۴۷°، ۱۶، ۱۱	۲۱۰	۰، ۰۶
F۱۹	۳۲°، ۴۰، ۹۳	۴۷°، ۱۶، ۷۹	۲۱۰	۰، ۰۸
S۱۸	۳۳°، ۰۶، ۰۶	۴۶°، ۱۵، ۱۷	۱۹۶	۰، ۰۴

S19	۳۳°, ۱۵, ۷۹	۴۶°, ۱۴, ۵۷	۳۱۷	۰, ۰, ۸
F۲۰	۳۳°, ۰۶, ۸۵	۴۶°, ۱۰, ۳۵	۱۴۶	۰, ۰, ۸
F۲۱	۳۳°, ۰۷, ۲۶	۴۶°, ۰۹, ۶۳	۱۵۳	۰, ۰, ۶
F۲۲	۳۳°, ۰۷, ۰۷	۴۶°, ۰۹, ۶۲	۱۴۶	۰, ۰, ۶
S۲۰	۳۳°, ۳۶, ۴۳	۴۶°, ۲۱, ۴۶	۱۲۰	۰, ۰, ۹

جدول ۲: نتایج شمارش فیلترهای هوا

code	Time Duration (h)	Total Volume (m <sup>3</sup> )	Ra <sup>۲۲۶</sup> Bq/Sample	Th <sup>۲۳۲</sup> Bq/Sample
F1	11,0	1204,0	LLD<0,32	LLD<0,29
F2	9,9	1130,4	LLD<0,42	LLD<0,40
F3	10,2	1162,8	LLD<0,37	LLD<0,49
F4	20,0	2280,0	LLD<0,41	LLD<0,41
F5	17,6	2009,8	LLD<0,30	LLD<0,29
F6	17,4	1983,6	LLD<0,42	LLD<0,39
F7	16,2	1847,9	LLD<0,42	LLD<0,42
F8	19,0	2166,0	LLD<0,32	LLD<0,23
F9	19,0	2166,0	LLD<0,27	LLD<0,32
F10	19,0	2166,0	LLD<0,47	LLD<0,43
F11	18,6	2114,7	LLD<0,48	LLD<0,37
F12	20,1	2291,4	LLD<0,22	LLD<0,24
F13	20,0	2280,0	LLD<0,26	LLD<0,30
F14	18,0	2109,0	LLD<0,46	LLD<0,40
F15	22,6	2074,1	LLD<0,23	LLD<0,38
F16	0,0	070,0	LLD<0,33	LLD<0,33
F17	6,0	684,0	LLD<0,41	LLD<0,40
F19	4,8	044,9	LLD<0,24	LLD<0,31
F20	11,7	1334,9	LLD<0,23	LLD<0,37
F21	11,4	1300,7	LLD<0,30	LLD<0,27
LLD (Bq/m <sup>3</sup> ) for				
Th-232			0,37	
Ra-226			0,17	

جدول ۳: نتایج اکتیویته اورانیوم در نمونه‌های خاک

Soil sample code	$^{230}\text{U}$ activity (Bq/kg)	$^{238}\text{U}$ activity (Bq/kg)	$^{238}\text{U} / ^{230}\text{U}$ activity ratio
S1	$1,04 \pm 0,1$	$23,2 \pm 1,28$	$22,3 \pm 0$
S2	$1,22 \pm 0,12$	$24,6 \pm 2,33$	$20,1 \pm 0$
S3	$1,04 \pm 0,14$	$26,4 \pm 2,20$	$25,4 \pm 6$
S4	$0,84 \pm 0,1$	$17,8 \pm 2,19$	$21,3 \pm 0$
S5	$1,29 \pm 0,12$	$23,3 \pm 2,02$	$18,1 \pm 4$
S6	$1,12 \pm 0,11$	$27,1 \pm 1,18$	$24,2 \pm 6$
S7	$1,14 \pm 0,13$	$24,6 \pm 2,40$	$21,2 \pm 0$
S8	$1,03 \pm 0,14$	$24,1 \pm 2,0$	$23,4 \pm 0$
S9	$0,33 \pm 0,04$	$8,0 \pm 1,10$	$20,6 \pm 6$
S10	$1,21 \pm 0,10$	$22,7 \pm 2,33$	$18,8 \pm 4$
S11	$1,02 \pm 0,11$	$19,7 \pm 2,26$	$19,3 \pm 0$
S12	$0,80 \pm 0,1$	$18,0 \pm 1,21$	$22,6 \pm 0$
S13	$0,80 \pm 0,11$	$19,4 \pm 2,3$	$24,4 \pm 0$
S14	$1,28 \pm 0,12$	$24,0 \pm 2,41$	$19,1 \pm 4$
S15	$0,80 \pm 0,1$	$17,0 \pm 2,29$	$20,6 \pm 0$
S16	$0,90 \pm 0,1$	$23,0 \pm 2,02$	$24,2 \pm 0$
S17	$1,39 \pm 0,16$	$32,2 \pm 2,60$	$23,1 \pm 0$
S18	$1,43 \pm 0,17$	$26,7 \pm 2,00$	$18,7 \pm 4$
S19	$0,7 \pm 0,1$	$17,9 \pm 2,20$	$20,6 \pm 6$
S20	$0,68 \pm 0,08$	$17,9 \pm 1,17$	$26,2 \pm 6$

جدول ۴: درصد وزنی ایزوتوپ‌های اورانیوم و نسبت اکتیویته آنها

Uranium content (%)	$^{238}\text{U}$	$^{235}\text{U}$	$^{234}\text{U}$	$^{238}\text{U} / ^{235}\text{U}$ activity
Natural	99,274	0,720	0,0055	21,0
Depleted	99,797	0,202	0,0008	76,9