Tehran University of Medical Sciences
Faculty of Health
Occupational Health Department

Title:

A Review of Effects of Depleted Uranium Military Application on the Human and Environment

By:
Parvin Nassiri, PhD
Alireza Koohpaei, PhD Student

Spring 2004

دانشگاه علوم پزشکی تهران
دانشکدهٔ بهداشت
گروه بهداشت حرفه ای

عنوان:

بررسی اثرات کاربردهای نظامی اورانیوم ضعیف شده بر روی انسان و محیط زیست

تهیه کننده: دکتر پروین نصیری -علیرضا کوهپائی

بهار ۱۳۸۳

فهرست مطالب

عنوان **شماره صفحه**

فصل اول: کلیات

الف) مقدمه ۱

ب) اورانیوم ۲

ج) اورانیوم ضعیف شده ۳

د) دسترسی به اورانیوم ضعیف شده ۴

فصل دوم: کاربردهای اورانیوم ضعیف شده

الف) کاربردهای غیرنظامی ۵

ب) کاربردهای نظامی ۶

ج) انواع سلاحهای حاوی Du ۷

د) کاربرد تسلیحات حاوی Du ۸

۱) جنگ خلیج فارس سال ۱۹۹۱ ..... ۸

۲) کاربرد تسلیحات Du در کوزوو ۹

۳) کاربرد تسلیحات Du در بوسنی ۹

۴) افغانستان (۲۰۰۱) و عراق (۲۰۰۳) ۹

۵) آتشهای دوستانه ۹

فصل سوم: اورانیوم در محیط زیست

الف) مواجهات محیطی با Du ناشی از نبردها ۱۳

ب) Du در میادین نبرد ۱۳

۱) گردوغبار غنی از اورانیوم ۱۳

۲) گلوله ها و ترکشهای فلزی باقیمانده ۱۴

ج) خوردگی و حل پذیری Du ۱۴

د) مسیرهای محیطی ۱۵

۱) انتقال هوابرد Du ۱۶

۲) حرکت اورانیوم در خاک ۱۶

۳) انتقال اورانیوم به آبهای سطحی و زیرزمینی ۱۷

۴) جذب اورانیوم توسط میکروارگانیزمها، حیوانات، گیاهان و انسانها ۱۷

- میکروارگانیزمها ۱۷

- گیاهان ۱۸

فهرست مطالب

عنوان **شماره صفحه**

- حیوانات ۱۹
- انسانها ۱۹
هـ) مطالعات محیطی انجام شده ۲۱
۱) آلودگی در عراق ۲۲
۲) آلودگی در بالکان ۲۲
- اندازه گیری میدانی ۲۲
- نتایج آزمایشگاهی ۲۳
- نقاط داغ ۲۳
- آلودگی Du در نقاط مجاور نقاط داغ ۲۳
- آلودگی Du نزدیک گلوله ها و ترکشها ۲۴
- آلودگی Du به شکل گردوغبار اکسید Du ۲۴
۳) ارزیابی میدانی UNEP در خصوص Du سال ۲۰۰۰ ..... ۲۴
فصل چهارم: مطالعات انجام شده بر روی انسانها
الف) مواجهه نظامی با اورانیوم ضعیف شده ۲۷
ب) مطالعات اپیدمیولوژیکی روی اشخاص و گروههای مواجه با Du ۳۳
۱) سربازان عملیات طوفان صحرا در جنگ خلیج ۳۴
۲) سربازان عراقی ۳۵
۳) شهروندان عراقی ۳۵
۴) سربازان KFOR ۳۵
۵) جمعیت شهری در کوزوو ۳۶
۶) سربازان و شهروندان در بوسنی ۳۶
ضمائم ۳۷
منابع و مراجع ۴۳

فصل اول:

کلیات

الف) مقدمه:

ایالات متحده در دهه ۷۰ میلادی ایجاد و تست تسلیحات ساخته شده با اورانیوم ضعیف شده را آغاز کرد. قبل از آن از اورانیوم برای متعادل کردن بدنهٔ هواپیماها و سپر حفاظتی در برابر پرتوهای یونیزان استفاده می کردند. در مقیاس وسیع تسلیحات Du توسط آمریکا و بریتانیا در سال ۱۹۹۱ در عراق به کار رفت. در اواخر دهه ۹۰ توجه افکار عمومی به سمت اثرات Du بر روی انسان و محیط زیست جلب شد. البته تصمیم آمریکا برای کاربرد Du به عنوان تسلیحات بر پایه یکسری تحقیقات علمی و آنالیزهای سود- هزینه انجام می شد ولی این تحقیقات بیشتر بر روی نیروهای خودی معطوف بود و توجه اندکی به محیط زیست و افراد مستقر در منطقه عملیاتی بعد از حملات شده بود. فعالان محیط زیست این نکته را نپذیرفته و خواهان توقف استفاده از اینگونه تسلیحات شدند. با این وجود ناتو مجدداً تسلیحات Du را در جنگ بالکان مورد استفاده قرار داد (ابتدا در بوسنی و سپس در کوزوو). برخلاف عراق در اینجا کلیهٔ عملیاتها از هوا به زمین انجام شد. بنابراین پتانسیل اثرات بهداشتی به افرادی محدود شد که پس از جنگ در منطقه مستقر شدند. (حافظان صلح و اعضای سازمانهای بشردوستانه).

جنجالهای مطبوعات و افکار عمومی در سال ۲۰۰۰ و زمانی که اعلام شد اورانیوم ضعیف شده مقصر اصلی بروز لوسمی در سربازان ایتالیائی حافظ صلح می باشد به اوج خود رسید. بعد از جنجالهای شدید مطبوعات ارائه ادله های علمی در خصوص اثرات Du و ارائه به افکار عمومی بسیار مشکل شد، خصوصاً اینکه بحث مواد رادیواکتیو مطرح است.

هدف از این مطالعه خلاصه کردن و ارائه دانسته های فعلی مبتنی بر متون علمی و تجربیات معتبر در مورد اثرات کاربرد تسلیحات Du بر روی انسان و محیط زیست می باشد.

اگرچه بیشتر اطلاعات ارائه شده در خصوص اثرات بهداشتی Du از سوی سازمانهای وابسته به کشورهای درگیر در کاربرد سلاحهای حاوی Du منتشر شده است، اما در این متن سعی شده است فقط به مسائل تائید شده علمی و فارغ از مسائل سیاسی پرداخته شود.

ب) اورانیوم

اورانیوم (u) یک عنصر طبیعی است. این عنصر به مقادیر فراوان در صخره ها، خاک، رودخانه ها، اقیانوسها، گیاهان و حیوانات وجود دارد. آژانس ثبت مواد سمی و بیماریها (ATSDR) برآورد نموده‌است که معمولاً در یک مایل مربع خاک وبه عمق یک فوت۴ تن اورانیوم وجوددارد(۱/۴تن برکیلومترمربع)(ATSDR, 1999). این فلز از دیگر عناصر همچون جیوه نقره یا طلا فروانی بیشتری دارد اما در مقایسه با کبالت، سرب یا مولیبدن مقدار آن کمتر است (UNEP 1999). برآورد شده است که هر سال ۱۸۰ تن از محصولات واپاشی اورانیوم به زمینهای کشاورزی ایالات متحده به دلیل حضور مقادیر اندک اورانیوم در کودها اضافه می شود (ATSDR 1999). جدول یک غلظت اورانیوم را در سیستمهای محیطی متعدد و مواد مختلف نشان می دهد (ATSDR 1999).

جدول یک- غلظت اورانیوم در برخی سیستمها و مواد

سیستمها و مواد	فراوانی (mg/kg)
صخره ها	۱/۸
آب دریا	۰/۰۰۳۳
آب جاری	۰/۰۰۰۰۴
بافت انسانی	۰/۰۰۱

اورانیوم طبیعی یک مادۀ رادیواکتیو ضعیف است و شامل سه ایزوتوپ u-238 (۹۹/۲۷۶٪)، u-235 (۰/۷۱۸٪) و u- 234 (۰/۰۰۵۶٪) می باشد (ATSDR). همۀ ایزوتوپهای اورانیوم تعداد پروتونهای یکسانی دارند اما تعداد نوترونها در هسته متفاوت بوده و به ایزوتوپها خواص پرتوئی متفاوتی می بخشد. هسته رادیواکتیو به صورت خودبخودی به هستۀ عناصر دیگر تغییر شکل می دهد. معمولاً این فرآیند با پرتوتابی همراه است.

u-238 که اکثریت جرم اورانیوم طبیعی را تشکیل می دهد، در بین این سه ایزوتوپ کمترین فعالیت را دارد. در مقابل u-235 تقریباً ۷ برابر و u-234 تقریباً ۱۸۰۰۰ برابر فعالیت u-238 به ازای واحد وزن فعالیت دارند. اگرچه درصد ایزوتوپ u-234 بسیار کم است اما مسئول بیش از نیمی از فعالیت اورانیوم طبیعی است. (ATSDR 1999, Fulco et al., 2000).

خواص ایزوتوپهای اورانیوم در جدول دو آمده است.

جدول دو- خواص ایزوتوپی اورانیوم

ایزوتوپ	درصد وزنی	تعداد پروتون	تعداد نوترون	نیمه‌عمر (سال)	فعالیت ویژهBq/g	درصد فعالیت
u-238	۹۹/۲۸۴	۹۲	۱۴۶	$۴/۴۷ * ۱۰^{۹}$	۱۲۴۴۵	۴۸/۹
u-235	۰/۷۱۱	۹۲	۱۴۳	$۷۰۳/۸ *۱۰^{۶}$	۸۰۰۱۱	۲/۲
u-234	۰/۰۰۵۵	۹۲	۱۴۲	۲۴۴۵۰۰	۲۳۱/۳	۴۸/۹

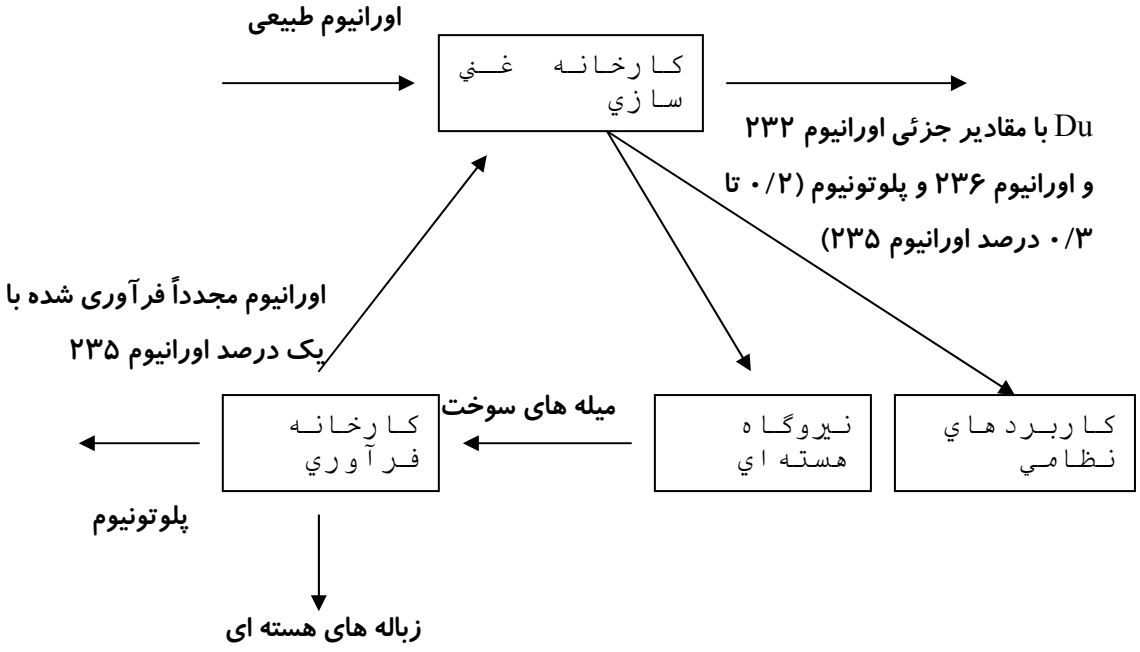
ج) اورانیوم ضعیف شده:

کمیسیون قانونگذاری هسته ای اورانیوم ضعیف شده را بدین صورت تعریف می کند: اورانیوم ضعیف شده اورانیومی است که میزان اورانیوم ۲۳۵ آن از نظر وزنی کمتر از ۰/۷۱۱ درصد باشد.

Du **محصول فرعی و جانبی فرآیند غنی سازی اورانیوم می باشد. اورانیوم غنی شده در نیروگاههای هسته ای و تسلیحات هسته ای کاربرد دارد که نیازمند گسترهٔ غلظتی اورانیوم ۲۳۵ از دو تا ۹۰ درصد وزنی به جای ۰/۷٪ اورانیوم طبیعی می باشد.** (ATSDR 1999).

برای دستیابی به این غلظت بالا اورانیوم طبیعی در فرآیندی به نام فرآیند غنی سازی فرآوری می شود. در این فرآیند درصد ایزوتوپ شکافت پذیر اورانیوم ۲۳۵ ارتقاء می یابد. در این فرآیند اورانیوم ضعیف شده هم تولید می شود. علاوه بر این اورانیوم ضعیف شده را می توان از سوختهای مصرف شده هسته ای که در فرآیند فرآوری مجدد به کار گرفته می شوند حاصل آورد.

شکل زیر چگونگی تولید اورانیوم ضعیف شده را نشان می دهد:



شکل یک- چگونگی تولید Du

اورانیوم ضعیف شده از نظر شیمیائی مشابه اورانیوم طبیعی بوده و فعالیت آن (14/8 Bq/mg) **تقریباً ۴۰ درصد کمتر از اورانیوم طبیعی** (25/4 Bq/mg) **می باشد. حدود دو سوم اورانیوم ۲۳۵ و کسری از اورانیوم ۲۳۴ از اورانیوم طبیعی کم می شود تا اورانیوم ضعیف شده تولید شود. بر این اساس** Du **غالباً از اورانیوم ۲۳۸ ساخته شده است. مؤسسه ثبت بیماریها و مواد سمی** (ATSDR) **هم همانند کمیسیون قانون گذاری هسته ای** Du **را تعریف می نماید. الزامات ایجاد شده توسط دپارتمان دفاع ایالات متحده** (DOD) **این الزام را ایجاد کرده است که درصد اورانیوم ۲۳۵ کمتر از ۰/۳ درصد می باشد و خود** DOD **هم از اورانیوم با جزء اورانیوم ۲۳۵ تقریباً ۰/۲ درصد استفاده می کند.** (OSAGWI 1998, OSAGWI 2000).

جدول سه فعالیت کم اورانیوم و اورانیوم ضعیف شده را در مقایسه با چند مادهٔ رادیواکتیو منتخب نشان می‌دهد:

جدول سه- فعالیت برخی مواد رادیواکتیو

مادهٔ رادیواکتیو	فعالیت (کیلوبکرل بر گرم)
ید ۱۳۱	۴،۵۹۸،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰
سدیم ۱۵۷	۳،۲۰۶،۰۰۰،۰۰۰
پلوتونیوم	۲،۲۹۸،۰۰۰
اورانیوم طبیعی به همراه محصولات دختر	۵۰
اورانیوم ضعیف شده به همراه محصولات دختر	۴۰
اورانیوم طبیعی	۲۵
اورانیوم ضعیف شده	۱۵

جدول چهار- فعالیتهای ایزوتوپهای مجود در Du

ایزوتوپها	درصد جرمی Du	مشارکت در فعالیت یک گرم (Bq)Du	مشارکت در فعالیت یک گرم اورانیوم طبیعی Bq
u-238	~ ۹۹/۸	۱۲۴۲۰	۱۲۳۵۰
u-235	~ ۰/۲	۱۶۰	۵۷۰
u-234	٪۰/۰۰۰۹	۲۰۸۰	۱۲۴۷۰
u-236	< ۰/۰۰۳	< ۷۲	۳۰

د) دسترسی به اورانیوم ضعیف شده:

در حال حاضر مقدار قابل توجهی Du توسط تولید کنندگان سوخت هسته ای تولید و ذخیره شده است. تا ژوئن ۱۹۹۸ دپارتمان انرژی ایالات متحده (DOE) ۷۳۴۰۰۰ تن اورانیوم هگزافلوراید ضعیف شده تولید شده را ذخیره نموده است که دو سوم آن یعنی در حدود ۵۶۰،۰۰۰ تن اورانیوم ضعیف شده می باشد (ATSDR). تولید جهانی این ماده در سال ۱۹۹۵ حدود ۳۵۰۰۰ تن بوده است. بر این اساس می توان اذعان داشت که چیزی در حدود ۳۰۰۰ تن سالیانه به مقادیر هنگفت قبلی افزوده می شود.

سلاحهای حاوی اورانیوم در حال حاضر توسط ۱۷ کشور از جمله انگلستان، فرانسه، روسیه، یونان، ترکیه، اسرائیل، عربستان سعودی، مصر، بحرین، کویت، پاکستان، تایلند، کره جنوبی، تایوان، چین، ایالات متحده و اردن به کار گرفته می شوند.

فصل دوم:

کاربردهای اورانیوم ضعیف شده

الف) کاربردهای غیرنظامی:

به صورت تاریخی Du به عنوان یکمادهٔ رنگی در کوزه گری کاربرد داشته است. اخیراً از Du بـه عنـوان یـک جزء آلیاژ فولاد استفاده شده است و از چندین ترکیب اورانیوم در فرآوری شیمیایی به عنوان یـک کاتالیـست استفاده شده است. به دلیل چگالی بالا (۱۸/۹ g/cm^2) که ۶۷ درصد از سرب بیشتر و اندکی از تنگستن کمتر است، اورانیوم را می توان در کاربردهایی همچون چرخ طیار یا وزنه های تعادلی به کار برد.

برای مثال در بویینگ ۷۴۷ از این وزنه ها استفاده شده است. البته این نوع کاربرد مشکلاتی هـم در پـی دارد. بیش از ۲۰٪ این وزنه ها در هر تعمیر کلی هواپیما خورده شده و باید فرآوری مجدد شـوند. ایـن در صـورتی اتفاق می افتد که این وزنه ها پوشش نیکل و کادمیوم دارنـد. در حـال حاضـر بـه دلیـل طراحـی فـن آوریهـای پیشرفته استفاده از این وزنه های تعادلی رو به نقصان گذاشته است.

در خلال فرآیند تولید اورانیوم فلزی خاصیت آتش گیری ذرات کوچک اورانیوم مشکلاتی را ایجـاد مـی کنـد. این ذرات مثل براده های فلزی ریز و لجن حاصـل از سـایش، توانـایی اشـتعال خودبخـودی را دارنـد و باعـث رویدادهای ناگوار زیادی شده اند. استنشاق گردوغبار حاصل از حریق فلـز اورانیـوم مـی توانـدباعث دوزهـای پرتویی بالا شود.

کاربرد احتمالی دیگر اورانیوم به علت چگالی بالا، حفاظهای پرتویی است. اگر چه خود یک منبع آلفازاست امـا برای جلوگیری از نفوذ پرتوها بهتر از سرب عمل می کند (چهار برابر بهتر).

در ایالات متحده به علت مشکلات فراوان نگهـداری سـیلندرهای Du. DOE در جهـت کاربردهـای گـستردهٔ غیرنظامی Du حرکت می کند. در واقع DOE ترجیح می دهد تا به جای مدیریت پسمانداری سیلندرها Du را درعرصه های مختلف صنعتی و قطعات کنترل کند. DOE هم اکنون دو طـرح بـه ارزش ۴۰۰ میلیـون دلار در دست دارد که براساس آنها UF6 به اشکال پایدارتری برای استفاده و یا دفع تبدیل می شوند.

به صورت خلاصه کاربردهای تجاری Du به شرح زیر می باشند:

۱) وزنه های تعادلی در هواپیماهای جنگی و مسافربری

۲) میراکنندهٔ ارتعاش در هواپیما

۳) وزنه تعادلی ماشین آلات صنعتی

۴) متعادل کننده آنتن رادار و تیغه های روتور

۵) آشکارسازهای نوترون

۶) حفاظ پرتویی در عرصه پزشکی و صنعت

۷)کاتالیزور شیمیایی

۸) تولید رنگ

۹) ساخت برخی تجهیزات حفاری در صنایع نفتی

۱۰) ساخت نیمه هادی ها در صنعت الکترونیک

بعد از اجرای برنامه تسلیحات هسته ای ایالات متحده در حدود ۷۰۰،۰۰۰ تن اورانیوم ضعیف شده را انبار نموده است و از این نظر در جهان بزرگترین تولید کننده اورانیوم ضعیف شده می باشد. اگر اورانیوم هگزافلوراید ضعیف شده را در ظروف نگهداری نمایند ترازهای کمی از پرتو نوترون و γ ساطع می کند. در صورت بروز نشت این ماده سریعاً با بخار آب هوا واکنش داده و اورانیل فلوراید و اسید هیدروفلوریک را شکل می دهد که اولی از نظر شیمیایی سمی بوده و دومی فوق العاده خورنده می باشد.

به جهت احتمال بروز خطرات بهداشتی، DOE مسیول مدیریت، نگهداری و دفع مناسب این زایدات روزافزون می باشد.

برنامه مدیریت اورانیوم هگزافلوراید ضعیف شده DOE، مدیران کارخانه های تولید کننده این ماده را موظف می کند تا زمان دفع مناسب به گونه ای ایمنی و بهداشت کارگران، عموم مردم و محیط را حفظ نمایند. فرایند دفع این ماده بسیار گران و زمان بر است. DOE به خاطر کم کردن این هزینه ها کاربردهای عامی را برای این ماده فراهم آورده است اما این کاربردها به کاهش قابل توجه اورانیوم ضعیف شده می انجامیده و مقادیر تولیدی همچنان نیازمند نگهداری هستند. (حدود ۹۶٪ Du در ایالات متحده با وجود تمام کاربردها دیده می‌شوند).

ب) کاربردهای نظامی:

ارتش ایالات متحده استفاده از Du را در اوایل دهۀ ۷۰ به شکل سپر و ضد زره آغاز نمود. Du چند خاصیت از خود نشان می دهد که آن را برای کاربرد نظامی مناسب می نماید. از نظر فیزیکی Du فوق العاده چگال بوده و براثر ضربه به صورت خودبخود آتش می گیرد. هنگام برخورد گلوله ای Du به یک هدف شروع به سوختن نموده و آئرسلی می شوند و ذرات ریز معلق در هوا را شکل می دهند که در محیط پراکنده می شوند. بسته به شرایط بین ۱۸ تا ۷۰ درصد گلوله Du به آئروسلهای معلق اکسید می شود که مشتمل بر ۹۶٪-۵۰ آن ذرات Du با سایز μ ۷-۴ می باشد.

آمیختن Du با مقدار کمی از سایر فلزات مثل تیتانیوم، جزء کربن آن را کاهش می دهد که این حالت به Du سختی فوق العاده ای می دهد. خواص فیزیکی فوق العاده Du امکان نفوذ گلوله های Du را به تانکهای معمولی دشمن می دهد و از دیگر سو وقتی به شکل صفحاتی در زره ها به کار رود در مقابل اسلحه های معمول دشمن شد نفوذ ناپذیری را ایجاد می کند.

متأسفانه گلوله های Du امکان نفوذ به درون زره ها را دارند. علاوه بر این فراوانی Du این میل را برای نظامیان و دولتمردان ایجاد می کند که از آن برای مقاصد نظامی استفاده کنند و از آنجا که استفاده از آن تحت مقررات شدید DOE قرار دارد با هزینه اندکی نسبت به سایر فلزات مثل تنگستن می توان آن را برای مقاصد نظامی تهیه نمود.

منطبق بر متون علمی ایالات متحده در خصوص اثر یک پرتابه Du بر روی زره مشخص شده است که این گلوله ها شکل خود را بهتر از گلوله های ساخته شده از استیل یا تنگستن حفظ می کنند. این گلوله ها به

صورت خودبخودی در مقایسه با گلوله های تنگستن که تمایل به ایجاد شکل قارچی دارند، تیز می شوند. نقطهٔ ذوب کم (۱۱۳۲ °C) و خواص پیروفوریک Du مسیول این رفتار هستند. هنگام استفاده از تسلیحات Du نسبت به تسلیحات معمولی با کالیبر مشابه، در زره سوراخ کوچکتر اما عمیقتر ایجاد می شود. بعد از نفوذ در زره وقتی مجدداً گلوله با هوا تماس می یابد، بخشی از Du که در حال حاضر به شکل مایع درآمده است (یا پودر) شروع به سوختن می کند که از این طریق اثرات مخرب آن افزایش می یابد. اغلب این سوختن به ایجاد حریق در مخزن سوخت یا انفجار سلاحهای ذخیره شده در تانک می انجامد.

ج) انواع سلاحهای حاوی Du:

اورانیوم با ۲٪ مولیبدن یا ۰/۷۵٪ تیتانیوم بعد از عملیات حرارتی ویژه به سختی فولاد ابزار می شود. در تانکهای آبرام مدل M1A1 صفحات Du در بین لایه های فولاد معمولی به منظور بهبود قدرت مقاومت در برابر تسلیحات ضد زره نصب می شود.این سه لایه که اصطلاحاً به زره سه لایه معروف است مقاومت بسیار خوبی در برابر گلوله های تهیه شده از فلزات با دانسیته کمتر نظیر کاربید تنگستن دارد.

مهمات حاوی Du بخشی از پروژهٔ توسعه تسلیحات مرسوم را در ایالات متحده شکل می داد. این پروژه که از دهه ۶۰ میلادی مطرح بود فراز و نشیبهای زیادی را پشت سر گذاشته است. در اوایل دهه ۶۰ میلادی ارتش آمریکا یک آلیاژ چهار جزیی به نام uquad را در اندازه های ۱۰۵ و ۱۲۰ میلیمتری مورد آزمایش قرار داد. این آلیاژ حاوی Du بود. در اوایل دههٔ ۷۰ میلادی برتری اورانیوم ضعیف شده در نفوذ به اهداف سخت بر همگان آشکار شد.

در اوایل دههٔ ۷۰ میلادی ۰/۷۵ درصد تیتانیوم به آلیاژ اضافه شد و مقاومت مرکز گلوله در مقابل شتابهای بالا افزایش یافت. در همان زمان هواپیماهای A-10 به گلوله های ۲۵ و ۳۰ میلیمتری Du مجهز شدند. این گلوله خرج انفجاری ندارند و به جای آن به خاصیت خوداشتعالی اورانیوم متکی هستند. انرژی جنبشی یک گلوله ۳۰ میلیمتری معادل ۰/۱ پوند TNT است و در زمان اصابت گلوله قسمت اعظم این انرژی جنبشی به حرارت تبدیل می شود (در عرض چند میلی ثانیه).

برخورد گلوله در سرعتهای بالا باعث ایجاد حالت آیروسلی می شود و گرمای کافی آیروسلهای فلز اورانیوم را آتش می زند. این حریق فولاد را ذوب کرده و گلوله وارد وسیله نقلیه زرهی می شود. در درون وسیله نقلیه یا تانک، گرمای حاصل از سوختن اجزای گلوله، بخارات قابل اشتعال و تسلیحات درون تانک را مشتعل می‌سازد. اشتعال درون وسایل با شلیک گلوله های انفجاری همراه با گلوله های Du تشدید می شود.

در حال حاضر نیروی دریایی، نیروی هوایی و نیروی زمینی کشورهای زیادی مجهز به گلوله های ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۱۰۵ و ۱۳۰ میلیمتری Du هستند. خاطر نشان می شود که وزن کالیبر ۱۰۵، ۳/۹ کیلوگرم و ۱۲۰ برابر ۴/۹ کیلوگرم می باشد. گلوله های ۲۵ و ۳۰ میلیمتری هوا به زمین هم به ترتیب ۱۴۸ و ۲۹۹ گرم Du دارند.

د) کاربرد تسلیحات حاوی Du:

۱) جنگ خلیج فارس سال ۱۹۹۱:

اسلحه های حاوی Du برای اولین بار در این جنگ توسط نیروهای آمریکایی و انگلیسی مورد استفاده قرار گرفت. بسیاری عقیده دارند که کاربرد این سلاحها باعث پیروزی سریع نیروهای آمریکایی و اروپایی در جنگ شده است.

Dun Fahey افسر نیروی دریایی و متخصص در Du اینگونه اذعان می دارد که نظامیان به دلایل جنگی مزایای Du را تقویت نموده و از دیگر سو پتانسیل ریسکهای بهداشتی و محیطی این ماده را نادیده می‌انگارند. بعد از کاربرد این ماده در جنگ اول خلیج. سؤالات فزاینده ای در خصوص استمرار کاربرد این سلاحها مطرح شد و امکان ارتباط آن با سندرم جنگ خلیج مطرح شد. اما وزارت دفاع در بیانیه های مختلف اذعان می‌دارد که بدون شک این ماده جان هزاران آمریکایی را نجات داده است. اما این ادعا زیر سؤال است. Dan Fahey اذعان می دارد که سیستمهای کنترل آتش پیشرفته تانکهای آمریکا و متحدانش را دور از دسترس آتش مستقیم دشمن نگاه می دارد. آمارها هم بیان می دارند که گلوله های Du فقط ۵۰۰ تانک یعنی ۱۳/۵ درصد کل تانکهای منهدم شده عراق در عملیات طوفان صحرا را منهدم نموده اند.

ارتش آمریکا در هر دو حیطه آفندی و پدافندی از Du استفاده می کند و تانکهای آبرام را به زره های Du مجهز نموده است. (Abrams Heavy Armor). در حدود یک سوم سری تانکهای M1A1 (حدود ۵۹۴ عدد) درگیر در جنگ از این نوع بوده است.

پنتاگون برآورد نموده است که نیروی زمینی حدود پنجاه تن (۹۵۵۲ گلوله) Du مصرف کرده و نیروی هوایی حدود ۲۵۹ تن (۷۸۳/۵۱۴ گلوله ۳۰ میلیمتری). در کل با احتساب نیروهای انگلیسی مقدار ۳۲۰ تن Du مورد استفاده قرار گرفته است. از آنجا که این گلوله ها اکثراً از هواپیماها شلیک شده اند اکثراً به هدف دقیق مدنظر اصابت نمی نمایند و بنابراین به شکل آیروسل در نمی آیند و به شکل دست نخورده یا ترکش در سراسر این ناحیه (منطقه مورد هدف) پراکنده می شوند.

مقادیر تسلیحات حاوی Du به کار رفته در جنگ خلیج به تفکیک در زیر آورده شده است:

حملات زمین به هوا	
کشور / نیرو	میزان مصرف (تن آمریکایی)
آمریکا	۵۰
انگلیس	۱
حملات هوا به زمین	
نیروی هوایی	۲۵۹
نیروی دریایی	۱۱
کل	۳۲۱

یک تن آمریکایی معادل ۹۰۷/۱۸۵ کیلوگرم می باشد.

این مهمات در منطقه ای به وسعت ۱۰،۰۰۰ کیلومتر مربع شلیک شد. هیچگونه نقشهٔ رسمی در خصوص محل شلیکها در دسترس نیست. به طور تخمینی ۷۸۳۵۰۰ گلوله کالیبر کوچک توسط هواپیماهای A-10 در این عملیات شلیک شد.

۲) کاربرد تسلیحات Du در کوزوو:

در مارس ۱۹۹۹مداخله نیروهای نظامی در کوزوو آغاز شد و ۷۸ روز به طول انجامید.
در این جنگ در ۱۱۲ حمله ۹۶ هدف مورد اصابت قرار گرفتند و در مجموع ۳۱۰۰۰ گلوله شلیک ۳۰ میلیمتری هوا به زمین شلیک شد که مجموع آنها ۱۰ تن Du گزارش شده است.

۳) کاربرد تسلیحات Du در بوسنی:

در سالهای ۹۵-۱۹۹۴ نیروهای ناتو حدود ۱۰،۰۰۰ گلوله ۳۰ میلیمتری با وزن تقریبی ۳/۳ تن در ۱۲ منطقه شلیک کردند (هواپیماهای A-10). گزارش شده است که ۹۰ درصد این گلوله ها به هدف اصابت نکرده است.

۴) افغانستان (۲۰۰۱) و عراق (۲۰۰۳):

تا امروز اطلاعاتی در خصوص کاربرد احتمالی اورانیوم ضعیف شده در افغانستان در دسترس نیست. البته تجهیزاتی که امکان شلیک گلوله های Du را از روی زمین و هوا دارند درمنطقه حضور داشته اند.
درخصوص عراق شواهد حاکی از کاربرد این تسلیحات است اما هنوز مقدار دقیق به کار برده شده نامعلوم است و می بایست از داده های آتی جهت این امر استفاده کرد.
منطبق بر داده ها و اطلاعات فعلی Dan Fahey برآورد می کند که نیروهای متحد بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ تن از این سلاحها را شلیک نموده اند (در عراق ۲۰۰۳). رسانه ها حتی تا دوبرابر این اعداد را منتشر نموده اند اما منبع این خبرها نامعلوم است. اغلب شلیکها به مناطقی بوده است که تجمع جمعیت وجود داشته یا نزدیک نواحی شهری بوده است. و این احتمال که مردم عادی به واسطه فعالیتهای روزمره خود با این ماده تماس یابند حتی از مناقشات قبلی بالاتر است. چندین گزارش آتش دوستانه مهم وجود دارد.

۵) آتش های دوستانه:

در همه جنگهای مرسوم امکان آتش اتفاقی به نیروهای خود وجود دارد. DOD اذعان می دارد که پیشروی سریع نیروهای متحد به دلیل کاربرد سلاحهای فوق العاده مخرب و وجود موقعیتهای محدود کننده دید در

این مناطق باعث تعدادی شلیک اشتباهی بـه نیـروی خـودی شـده اسـت. طبـق برآوردهـا و براسـاس ردیـابی رادیواکتیو سطح خارجی محل ورود و خروج گلوله ها تیم ارزیـابی آسـیبهای جنگـی US بـرآورد نمـود کـه ۶ تانک M1A1 و ۱۵ نفر بر Bradley توسط آتشهای غیر محوری تخریب و منهدم شده اند. بیشتر حوادث بـه دلیل شلیک تانکهای M1A1 بوده است و تنها یک مورد کشتی به کشتی رخ داده است.

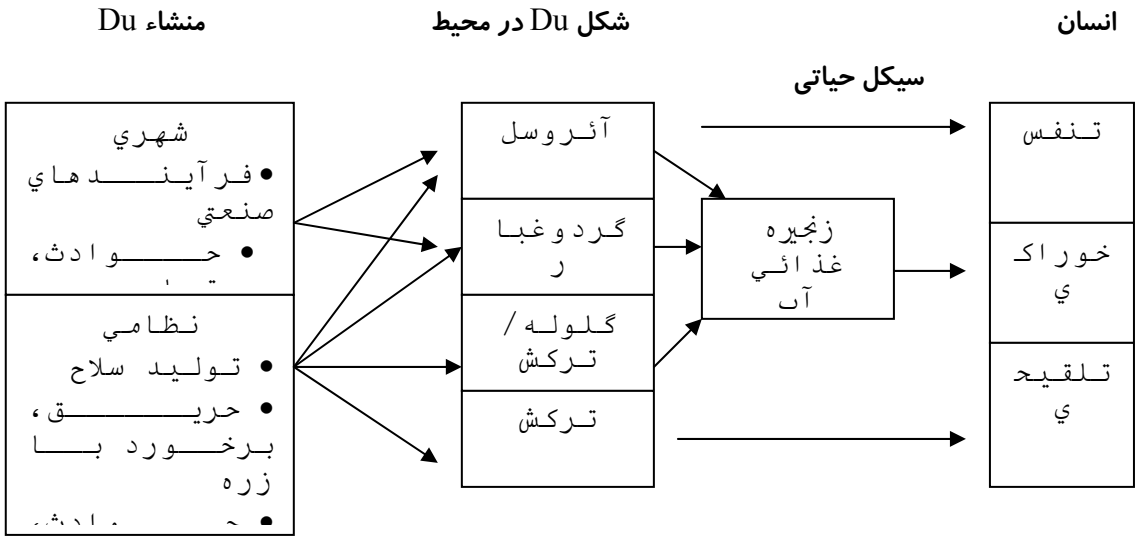
۱۳ خدمه به دلیل این آتشها جان خود را از دست دادند و ۵۰ نفر از ۱۱۳ زنده مانده به صورت جدی مجروح شدند. متأسفانه افراد در معرض آلودگی ناشی از شلیکهای دوستانه بـه دلیـل ورود و خـروج افـراد متعـدد بـه مناطق آلوده و تماس با تجهیزات منهدم شده فراتر از این آمار اسـت. تعـداد زیـادی از ایـن افـراد اطلاعـی از چگونگی رخداد حادثه و امکان وجود خطرات بهداشتی بالقوه ناشی از Du آگاهی نداشتند.

فصل سوم :

اورانیوم درمحیط زیست

بسته به کاربرد Du روشهای متعددی وجود دارد که به موجب آنها Du می تواند وارد بدن یا محیط شده و اثرات زیانبار احتمالی خود را برجای گذارد. یکی از مسیرهای عمده مواجهه بر این اصل استوار است که اورانیوم رادیواکتیو است و به عنوان یک منبع تأخیری پرتوهای یونساز عمل می کند. اورانیوم می تواند از خارج بدن انسان را دستخوش پرتوگیری نماید (خارجی). بسته به ورود به بدن از طریق ریه ها (استنشاق)، با آب یا غذا از طریق دستگاه گوارش یا از طریق زخمها از درون هم انسان را تحت تأثیر قرار می دهد (داخلی). در این مورد رادیواکتیویته و سمیت شیمیائی هر دو با هم باعث ایجاد اثرات سوء می شوند.

آئروسلهای محتوی اورانیوم روی سطوح در محیط زیست ته نشین می شوند و می توانند توسط باد یا فعالیتهای انسان مجدداً به حالت تعلیق درآیند که نتیجهٔ آن آلودگی دوباره هوا خواهد بود. اورانیوم ته نشین شده روی خاک امکان ورود به سیکل حیاتی و آلودگی آب آشامیدنی، گیاهان و حیوانات متعلق به چرخهٔ غذائی انسان را دارد.



شکل دو- مسیرهای Du در محیطهای و ورود به سیستمهای بیولوژیکی و انسان

در خلال عملیاتهای نرمال در فرآیندهای صنعتی Du و همچنین در حوادث، شکل گیری و پرتودهی ذرات گردوغبار ریز (آئروسلها) اهمیت حیاتی دارد. از طریق هوایی درون یا مجاور کارخانه های ساخت، امکان ورود آئروسلها به ریه کارگران و ساکنین اطراف وجود دارد. با رسوب آئروسلها، ساختمانها و خاک نزدیک کارخانه آلوده می شود.

در حریقها مثلاً انبار ذخیره سازی تسلیحات Du یا بعد از سقوط هواپیمای حاوی وزنه های تعادلی Du، یک پودر اکسید Du که حل پذیری ضعیفی دارد، شکل می گیرد. این پودر جایگاه حریق را آلوده کرده و توسط هوا به شکل آئروسلهای ریز محیط را آلوده می کند و در نهایت می تواند وارد ریه ها شود و یا روی زمین ته نشین شود.

هنگام نفوذ به اجسام سخت (زره تانک جنگی)، تسلیحات با سرعت بالا، امکان مجروح کردن افراد توسط ترکشهای پرتابی Du وجود دارد که می توانند برای سالها در بدن باقی بمانند. بسته به جنس و ضخامت زره مورد اصابت، بخش کوچکی از Du به آئروسل ریز تبدیل می شود (حدود ۱۰٪). آئروسل Du به سرعت به

اکسید با حل پذیری ضعیف (۷۵٪) تبدیل می شود که می تواند در هوا در غلظتهای نسبتاً بالا در فضای بسته برای زمانهای طولانی (تانکها، بونکرها) باقی بماند، که در نهایت از طریق استنشاق وارد ریه ها می شوند. کسری که وارد محیط می شود سریعاً رقیق شده، منتقل شده و یا روی خاک ته نشین می شود. باقیمانده گلوله های Du و گلوله‌هائی که به هدف اصابت نکرده اند در تانک یا نزدیکی هدف به شکل فلزی کوچک و بزرگ باقی می‌مانند.

اثرات زیانبار Du و به دیگر بیان خطرناکی آن برای انسان و محیط به دو خاصیت آن مربوط می شود:

- اورانیوم یک سم شیمیائی است شبیه سایر فلزات سنگین مثل سرب و جیوه و غیره
- همهٔ ایزوتوپهای اورانیوم رادیواکتیو هستند یعنی پرتوهای یونساز ساطع می کنند.

خارج بدن Du فقط از راه پرتودهی عمل می کند. بعد از ورود به بدن اثرات شیمیائی و رادیواکتیو توأماً تأثیر می گذارند.

علاوه بر اثرات مستقیم تسلیحات Du در میادین نبرد، ورود صدها تن Du به محیط در حین یک نبرد می‌تواند تبعات بهداشتی بلند مدتی برای افرادی که مدت زیادی را در این محیطها سپری می کنند ایجاد کند.

اورانیوم به صورت طبیعی در محیط وجود دارد. اما غلظت آن می تواند در نواحی که از تسلیحات Du استفاده می شود یا فرآوری اورانیوم صورت می پذیرد فزونی یابد. مدت کوتاهی بعد از کاربرد تسلیحات Du احتمال استنشاق و بلع ذرات آزاد شده از گلوله های Du وجود دارد. بعد از مدتی که ساکنین محلی به محل باز می‌گردند تا زندگی خود را از سر گیرند، به واسطهٔ تعلیق مجدد ذرات از روی خاک و آلودگی حاصل از آب و مواد غذائی با Du مواجه می شوند. بعد از گذشت زمان، مواجههٔ استنشاقی با ذرات با حذف Du از سطوح کاهش می یابد و مسیرهای مواجهه محیطی Du، مشابه مواجهه با اورانیوم طبیعی می شود.

برای ارزیابی بلند مدت Du باید نحوهٔ توزیع، شکل فیزیکی و شیمیائی و فاکتورهائی که بر حرکت آن در محیط تأثیر می گذارد، کاملاً شناخته شوند. تنها در این صورت است که می توان مواجهات با Du حاصل از تسلیحات را از مواجهات اورانیوم طبیعی جدا کرد. میزان حرکت محیطی اورانیوم از گلوله های Du درون یا روی زمین و از ذرات اکسیدهای Du رسوب یافته روی زمین اهمیت مسیرهای مختلفی را که به واسطهٔ آنها بخشهای مختلف محیط مثل آبهای زیرزمینی، هوا، خاک، گیاهان و حیوانات آلوده می شوند، مشخص می کند.

حرکت Du به درون برخی اجزای محیط مثل منابع آبی بسیار آهسته بوده و ممکن است فراتر از دورهٔ عمر انسان باشد. بنابراین آلودگی یک سطح ممکن است صدها سال بعد منجر به تبعات شود و پایش محیطی بعد از جنگ شاید نتواند حضور آلودگی در آبها یا سایر اجزاء محیطی را تشخیص دهد. (آلودگیهائی که بعد از دهه ها خود را نشان خواهند داد).

الف) مواجهات محیطی با Du ناشی از نبردها:

اورانیوم برای دهه ها از معادن استخراج و فرآوری شده است تا به عنوان سوخت در راکتورها به کار رود و محصول جانبی این فرآوری یعنی Du به مقدار زیاد و بهای اندک در دسترس است. خواص آن تمایل زیادی

برای کاربردهای نظامی فراهم آورده است. در چنین مواردی این فلز با تیتانیوم ترکیب شده و خاصیت خوردگی در رطوبت هوای آن کاهش می یابد.

خواص شیمیائی و شکل Du آزاد شده به محیط را به راحتی و سهولت نمی توان تعیین کرد. برای مثال شکل شیمیائی Du آزاد شده به محیط کاملاً به طبیعت گلوله یعنی نوع وترکیب آن، انرژی برخورد و ترکیب مادهٔ مورد اصابت قرار گرفته و هرگونه تغییرات متعاقب ناشی از تماس Du با آب و خاک بستگی دارد.

ب) Du در میادین نبرد:

درخصوص نوع و تعداد گلوله های Du شلیک شده در خلال آزمایشات ومانورها اطلاعات دقیقی در دسترس است. اما در خصوص گلوله های به کار رفته در نبردها اطلاعات ناکافی است. از اولین کاربرد نظامی Du که در جنگ اول خلیج فارس شکل گرفت مدت زمان زیادی نمی گذرد و این زمان شاید برای حرکت مؤثر اورانیوم در محیط و مخلوط شدن با آبهای زیرزمینی و خاکهای سطحی کوتاه باشد.

برآوردهای مختلفی از مقادیر تسلیحات Du به کار رفته در جنگ خلیج و بالکان ارائه می شود. نوع آلودگی محیط در این شرایط به نوع حمله و شدت آن بستگی دارد. برای مثال اگر گلوله ها از تانکها شلیک شود و احتمال اصابت آنها به هدف بیشتر بوده، و انتظار آلودگی وسیع اتمسفری با آئروسلهای Du می رود اما در یک جنگ هوائی شبیه بالکان کالیبر گلوله ها کوچکتر بوده و احتمال خطای گلوله ها بالاتر و به تبع گلوله ها در خاک و زمین فرو خواهند رفت. رفتار آئروسلهای موجود در هوا کاملاً با رفتار خورندگی تدریجی گلوله های مدفون در خاک و آزاد کردن تدریجی اورانیوم به خاک اطراف، متفاوت است.

برای روشن شدن بحث Du آزاد شده در محیط یک میدان نبرد را دو گونه فرض می کنیم: گردوغبار غنی از اورانیوم در گلوله ها و ترکش های فلزی باقیمانده.

۱) گردوغبار غنی از اورانیوم:

گردوغبار حاوی مخلوط اکسیدهای Du در خلال ضربه گلوله ها و سوختن مواد دارای Du ایجاد می شود. دو فاکتور عمده که خواص فیزیکی و شیمیائی این گردوغبار غنی از اورانیوم را کنترل می کند عبارت است از: برخورد گلوله و ترکیب مادهٔ مورد اصابت قرار گرفته. میزان گردوغبار ایجاد شده به نوع ماده ای که گلوله به آن برخورد می کند بستگی دارد. برای مثال بیشترین گردوغبار زمانی ایجاد می شود که گلوله به یک وسیلهٔ نقلیه با زره سنگین برخورد کند و کمترین مقدار زمانی است که به یک سطح نرم تر برخورد کند یا گلوله خطا رود. مطالعات در کوزوو نشان داد که تولید گردوغبار در زمان اصابت گلوله به سازه های سیمانی کمترین مقدار بوده است (MOD 2001, UNEP 2001). نرخ خوردگی و حل پذیری این ذرات در محیط در مقایسه با سیالات بیولوژیکی ضعیف در نظر گرفته می شود.

۲) گلوله ها و ترکشهای فلزی باقیمانده:

عمق ورود گلوله ها به خاک به خواص مکانیکی و فیزیکی خاک بستگی دارد.درکوزوو به دلیل استفاده از گلوله با کالیبر کوچک که به اهداف مهم اصابت می کردند نفوذ بدون ایجاد گردوغبار یا ایجاد گردوغبار حداقل گزارش شد. (UNEP 2001). در برخی موارد در جنگ خلیج گلوله های کالیبر بالای شلیک شده از هدف بدون اکسید شدن یا تولید گردوغبار بالا خارج می شد و در نتیجه قطعات بزرگ فلزی درمحیط پخش می شد. این عدم قطعیت به همراه تعداد گلوله هائی که به اهداف اصابت نکرده و وارد خاک می شوند مشکلاتی را بر سر راه تغییر وضعیت محیطی میادین نبرد ایجاد می کند.

ج) خوردگی و حل پذیری Du:

خوردگی نام عمومی یکسری فرآیندهای فیزیکی و شیمیائی است که باعث تغییرات مخرب سازهای فلزی می‌شود. اورانیوم فلزی یا آلیاژهای Du از طریق چند فرآیند احتمال خورده شدن دارند که این فرآیندها توسط محیطی که Du در آن محیط وجود دارد کنترل می شوند. خوردگی می تواند در هوا، آب یا خاکهای محتوی آب ایجاد شود. علاوه بر در نظر گرفتن خوردگی و فاکتورهائی که بر آن تأثیر دارند، ضروری است تا خواص محصولات خوردگی هم در نظر گرفته شود. گاهی ممکن است این محصولات از مادهٔ اولیه متفاوت باشند. تحقیقات وسیعی در خصوص خوردگی و حرکات متعاقب اورانیوم هنگام دفع زائدات هسته ای انجام شده است اما هنوز مشخص نیست آیا می توان نتایج آن را برای حرکت و خوردگی Du و آلیاژ Du و تیتانیوم آزاد شده به محیط در خلال جنگ به کار برد یا خیر.

بعد از رسوب و نشت Du در خاک، حرکات محیطی به میزان خوردگی و حل پذیری محصولات خوردگی بستگی دارد. این خواص در خصوص ذرات، به توزیع سایزی و ترکیب شیمیائی آنها بستگی دارد. اکسیدهای اورانیوم اجزاء اصلی گردوغبارهای Du را در خلال برخورد یا حریق شکل می دهند. اگرچه این گردوغبارها می تواند شامل ناخالصی های دیگر همچون آهن، سیلیکون و تیتانیوم هم باشند. این ناخالصی ها در گردوغبار صنایع هسته ای وجود ندارد بنابراین شاید نتوان نتایج صنایع هسته ای را در خصوص گردوغبار Du به کار بست. آلیاژ کردن Du و تیتانیوم، نرخ خوردگی و اکسید شدن را کاهش داده و آزاد شدن Du حل پذیر به محیط را به تأخیر می اندازد.

بیشتر اطلاعات فنی در خصوص رفتار محیطی Du مربوط به جایگاههائی است که این تسلیحات در آن محلها آزمایش شده اند. برای مثال یکسری آزمایشات و مدلهای ژئوشیمیائی برای تعیین میزان خوردگی، حل پذیری و جذب (واژه توصیف کننده پیوند فیزیکی و شیمیائی Du با اجزاء خاک) Du در خاک در Aberdeen Proving Ground در مریلند و Yuma Proving Ground در آریزونا انجام شده است.

این نتایج و نتایج حاصل از Kirkcudbright در انگلستان نشان می دهد که میزان خوردگی کاملاً متغیر است و در شرایط معمولی خوردگی یک گلوله با قطر ۱cm و طول ۱۵cm تقریباً ۹۰ گرم Du در یک سال آزاد

می‌نماید. برای پرتابه های بلندتر (۳ سانتیمتر قطر و ۳۲ سانتیمتر طول) این مقدار به ۵۰۰ گرم Du در سال می رسد.
بر این اساس گلوله های فلزی فقط برای ۵ تا ۱۰ سال به صورت فلزی در خاک باقی می مانند. محصولات خوردگی در این شرایط یا به حالت تعلیق درآمده و وارد هوا می شوند یا وارد آبهای زیرزمینی شده و بنابر شرایط جغرافیائی، هیدرولوژی و محیطی وارد گیاهان شده یا به آبهای سطحی وارد شوند. فاکتورهای مهم در این نقل و انتقالات میزان خوردگی، حل پذیری محصولات خوردگی، فاکتور جذب و خصائص خاک می باشند.

د) مسیرهای محیطی:

اورانیوم طبیعی و Du رفتارهای یکسانی در محیط دارند. اما نباید فراموش کرد که Du وقتی وارد محیط می شود خواص شیمیائی و معدنی متفاوتی نسبت به اورانیوم طبیعی از خود نشان می دهد. بنابراین اضافه شدن Du در یک نبرد به محیط اثر زیادی بر روی غلظت در خاک و آب نسبت به اورانیوم طبیعی دارد. همانگونه که قبلاً هم اشاره شد مدلهای مربوط به ضایعات هسته ای کاربرد زیادی برای Du ندارند مثلاً آنها به فرآیندهای انتقال در اعماق بیش از ۱۰۰ متر می پردازند در حالی که در مورد Du نهایت عمق ۱۰ متر می‌باشد.
رفتار محیطی اورانیوم شدیداً تحت تأثیر فاکتورهائی همچون ترکیب خاک، سطح آب، میزان تعلیق مجدد به هوا، آب و هوا و وضعیت کشاورزی منطقه دارد. پارامترهای مربوط به جذب می تواند باتوجه به نوع خاک بسیار متغیر باشد (از یک تا یک میلیون). اگرچه برخی محققان اذعان داشته اند که Du حاصل از تسلیحات نظامی به صورت قابل توجهی به سطح پایه موجود در خاک نمی افزاید اما باید توجه داشت که اورانیوم حاصل از ترکشها و گلوله ها ممکن است از نظر بیولوژیکی بیشتر در دسترس باشند و تحرک بیشتری در محیط نسبت به اورانیوم طبیعی از خود نشان دهند. این اختلافات در تحقیقات بر روی جایگاه های آزمایش این سلاحها، خود را نشان داده است. اهمیت نسبی افزایش اورانیوم محیطی به عمق نفوذ و برگشت آن به لایه های سطحی به واسطهٔ اعمال کشاورزی و رزمی بستگی دارد.
برای مثال اگر ۲۰ درصد یک گلولهٔ کالیبر بالا (۴/۸۵ kg) در اثر برخورد به گردوغبار تبدیل شود و در شعاع ۱۰ متری و عمق ۱۰ سانتیمتری زمین پراکنده شود، غلظت اورانیوم در خاک حدود ۱۷ mg/kg خواهد بود. این مقدار از حد طبیعی (۰/۵ تا ۱۰ mg/kg) بالاتر خواهد بود. اگر همین آزادسازی به ۱ cm بالای خاک محدود شود غلظت به ۱۷۰ mg/kg بالغ خواهد شد. با حضور بیشتر Du در لایه های بالائی اگرچه احتمال حضور Du در گیاهان کاهش می یابد اما جذب استنشاقی به واسطهٔ تعلیق مجدد و بلع توسط حیوانات علف خوار یا بچه ها افزایش می یابد.

۱) انتقال هوابرد Du:

بیشتر مطالعات انجام شده در میادین آزمایش تسلیحات Du یا میادین نبرد نشان می دهد کـه انتقـال هـوابرد Duدرفواصل نسبتاًکوتاه(چنده متر)نسبت به محل اثر گلوله برروی هدف رخ می‌دهد. اما با این وجود انتقـال چنده کیلومتری ذرات هوابرد حداقل دریک مطالعه درکوزوو مشاهده شده‌است.(Kereskes et al., 2001) مبتنی بر تجربیات جنگ عراق و آزمایشات بر روی تسلیحات، ارتش آمریکا عقیـده دارد کـه ۹۰ درصـد Du در مـواردی کـه گلولـه بـه هـدف اصـابت مـی کنـد، در محوطـه ای بـه شـعاع ۵۰ متـری پراکنـده مـی شـود. (Rostker,2000) عموماً می توان اینگونه انتظار داشت که گردوغبار در فرم اکسید در منطقهٔ اطـراف هـدف ته‌نشین شود گردوغبار هم به نوبهٔ خود امکان تعلیق مجدد توسط باد وانتقال به مسافتهای دورتر را دارند.
حذف ذرات Du با در نظر گرفتن مقادیر خوردگی نسبتاً سریع خواهد بود. اما بـا ایـن وجـود داده هـای جمـع آوری شده در ارزیابیهای بعد از جنگ در مناطق جنگ و محلهای آزمایش سلاحهای حاوی Du نشان می دهـد که مواد ذره ای می توانند تا دو سال بعد هم در یا نزدیکی سطوح باقی بمانند. (Royal Society 2001).

۲) حرکت اورانیوم در خاک:

اگرچه میزان حرکت Du به شکل اکسیدها و فلزی، پائین است اما ایـن نـرخ در مقایـسه بـا حرکـت اورانیـوم طبیعی سریع است. بهرحال همانند اورانیوم طبیعی، تحرک Du در خاک به تمایل خاک بـه اورانیـوم و خـواص خاک مثل اسیدیته یا آلکالیته و میـزان آب موجـود در خـاک بـستگی دارد. بـر ایـن اسـاس در خاکهـائی مثـل خاکهای با جزء آلی بالا که تمایل به اورانیوم بالاست، آزاد سازی اورانیوم در خاک به سـمت آب و حرکـت آن به سوی آبهای زیرزمینی به حداقل مقدار می رسد. برعکس در خاکهائی که پیوند محکمی بین اورانیوم و خاک ایجاد نمی شود، میزان حرکت بالاتر خواهد بود. معمولاً در خاکهای نیمه اسیدی این اتفاق می افتد. البتـهٔ نکتـه مهم در انتقال اورانیوم در خاک جزء آب است. در مناطق با بارش کم یا تبخیر بالا انتقال اورانیوم به لایـه هـای عمقی تر و آبهای زیرزمینی کاهش می یابد.
در محیطهائی که اورانیوم حرکت دارد هم از نقطهٔ اثر و استقرار گلوله ها ترکشها و هم از محـل رسـوب ذرات معلق در هوا، گسترش تدریجی اورانیوم ضعیف شده در خاک را شـاهد هـستیم. اگرچـه حرکـت اورانیـوم بـه سمت لایه های عمقی تر احتمال آلودگی سطحی را کاهش مـی دهـد امـا از دیگـر سـو امکـان آلـودگی آبهـای زیرزمینی افزایش می یابد. خاطر نشان می شود این انتقال می تواند هزینه اثر بخشی پاکسازی مناطق آلوده را کاهش دهد.

۳) انتقال اورانیوم به آبهای سطحی و زیرزمینی:

فاکتور اصلی که پتانسیل Du برای آلوده کردن منابع آبهای سطحی و زیرزمینی را تأثیر قرار می دهد با فرض تحرک اورانیوم، مجاورت آلودگی با منابع آبی و نزدیکی به منابع آب زیرزمینی اسـت. بـه دیگـر بیـان هرچـه منطقهٔ آلودگی از آبهای سطحی دورتر باشد و هرچه منابع آب زیرزمینی در عمـق بیـشتر قـرار گرفتـه باشـد، احتمال آلودگی کمتر می شود. فاکتور مهم بعـدی شـیمی آب و وضـعیت ژئولـوژی منطقـه مـدنظر مـی باشـد. حرکت اورانیوم در آب با سهولت بیشتری صورت می پذیرد.

بدترین سناریو در خصوص آلودگی آبها می تواند نفوذ یک گلوله حاوی Du، به زمین و ورود آن به یک حفرهٔ آب زیرزمینی باشد و یا افتادن گلوله ها به دورن آبهای سطحی باشد. در چنین شرایطی آلودگی اورانیوم به صورت مستقیم اتفاق می افتد. البته خاک هم به عنوان یک فیلتر در مقابل اورانیوم عمل نمی کند اما زمان طولانی تری لازم است تا آلودگی خاک به آب منتقل شود. حتی در بدترین سناریو هم نمی توان انتظار داشت که تا پنج یا ده سال بعد افزایش غلظت قابل اندازه گیری در آب به وجود آید. بهترین سناریو زمانی اتفاق می افتد که گلوله مستقیماً وارد خاکی شود ک مملو از مواد آلی است و یا در محیطی وارد شود که نسبت به ورود آب تراوائی ندارد. در چنین وضعی احتمال آلودگی آب با Du به حداقل مقدار خود می رسد.

۴) جذب اورانیوم توسط میکروارگانیزمها، حیوانات و گیاهان و انسانها:

- میکرو ارگانیزمها:

غلظت، رفتار و سمیت Du برای میکروارگانیزمها مهم است زیرا این ارگانیزمهای تک سلولی مبنای زنجیره‌های غذائی قرار می گیرند و نقش مهمی در غلظت و ترکیب جزء آلی خاک دارند که می تواند حرکت Du و در دسترس بودن بیولوژیکی آن را کنترل کند.

به منظور ارزیابی آلودگی Du باید فاکتورهای انتقال اورانیوم به سیکلهائی مندرج در جدول پنج را مدنظر قرار داد. منطبق بر اعداد جدول، آلودگی ۱۰ میلی گرمی Du در کیلوگرم خاک باعث آلودگی گیاهان غذائی به میزان ۰/۵ mg/kg می شود. با میانگین مصرف گیاهان غذائی به میزان ۶۵ کیلوگرم توسط گاو، دریافت روزانه، در حدود ۳۰ میلی گرم Du خواهد بود که به نوبهٔ خود شیر محتوی حداکثر ۰/۰۱۶۳ میلی گرم Du در کیلوگرم را حاصل می آورد. می توان مشاهده کرد که نرخ انتقال از خاک پائین بوده و مقدار Du ته نشین شده در سطح خاک یا زیر آن به قدری نیست که مقادیر قابل توجهی از آن وارد زنجیرهٔ غذائی شود.

جدول پنج- فاکتورهای انتقال اورانیوم به سیکل حیاتی

انتقال مادهٔ بیولوژیکی- حیوان		انتقال مادهٔ بیولوژیکی - خاک	
گوشت- گیاه غذائی	شیر- گیاه غذائی	سبزی- خاک	گیاه غذائی- خاک
روز بر کیلوگرم	روز بر کیلوگرم	(Bq/kg)/(Bq/kg) یا (mg/kg)/(mg/kg)	(Bq/kg)/(Bq/kg) یا (mg/kg)/(mg/kg)
۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۵

مرور مطالعات نشان می دهد که گسترهٔ وسیعی از پاسخهای سمی و تجمعی در میکروارگانیزمهای مواجه با غلظتهای بالای اورانیوم و Du مشاهده شده است که این سمیت بیشتر به اثرات شیمیائی نسبت داده شده است. اثرات سمیت اورانیوم روی تنفس خاک در غلظتهای متجاوز از ۵۰۰ mg/kg مشاهده شده است. این به آن معنی است که اثرات فوق فقط در مجاورت منطقه اثر یا برخورد گلوله قابل انتظار است.

- گیاهان:

اغلب گیاهان مواد مغذی خود و آلاینده هائی مثل اورانیوم را از طریق ریشه های قرار گرفتـه در یـک محلـول خاکی برداشت می کنند. اگر چه مقداری جذب از طریق برگها هم روی می دهـد. حـد اتـصال بـین اورانیـوم و خاک و میزان در دسترس بودن اورانیوم محلول در خاک بر مقدار جذب شدهٔ گیاهان تأثیر دارد.
بنابراین فاکتور متحرک بودن اورانیوم بر خاک در جذب گیاهی آن هـم تـأثیر مـستقیم دارد. جـذب اورانیـوم توسط گیاهان اگرچه نسبت به فلزاتی مثل سدیم و استرانسیوم کمتر است اما از عناصری همچون پلوتونیـوم و آمریسیوم بالاتر است. به نظر می رسد فرم محلول اورانیوم به سهولت توسط گیاهان جذب مـی شـود. غلظـت اورانیوم در هر بخش گیاهان متفاوت است مثلاً در ریشه ها بیشترین مقدار را داراست، بعد در ساقه ها و بعـد در برگها و بعد در میوه ها و بعد در دانه ها مقادیر کمتر می شوند. البته امکان دارد رسوب ذرات معلق در هوا بر روی سطح گیاه، غلظت اورانیوم در روی میوه ها یا دانه ها را به حد قابل توجهی افزایش دهد. مدلسازی در خصوص میزان جذب Du توسط گیاهان به دلیل داده های بی ثبـات هنـوز بـا مـشکل مواجـه اسـت و نیـاز بـه مطالعات بیشتری دارد.
مطالعات در خصوص سمیت اورانیوم برای گیاهان هم با نتایج متناقضی مواجه بوده اند. به عنوان مثال در یـک تحقیق غلظت mg ۳۰۰ بر کیلوگرم خاک یا یک mg به ازای هر لیتر آب آبیاری نشانه هـائی از سـمیت ارائـه داده است (بر روی حبوبات و سایر گیاهان). برخی مطالعات هم اثر بر روی رشد نشان داده اند.
بنابراین به صورت عمومی نمی توان اثرات احتمالی Du بر روی گیاهان را بدون توجه بـه نـوع گیـاه و شـرایط محیطی منطقه و فراوانی گونه های گیاهی و اوضاع آب و هوائی پیش بینی نمود.

- حیوانات:

مواجههٔ حیوانات با Du از مسیرهای مشابه با انسان رخ می دهد اگرچه اختلافات فیزیولوژیکی ممکن است بـر پارامترهای کلیدی تعیین کنندهٔ جذب مثلاً نسبت جذب از روده به خون تأثیر بگذارد.
اهمیت نسبی هریک از این مسیرهای مواجهه به طبیعت فیزیکی و شیمیائی اورانیومی بستگی دارد که حیوانات ممکن است با آن مواجه شوند. حیوانات علف خوار به واسطهٔ خوردن علوفه هائی که یا اورانیوم ضعیف شده را جذب کرده اند و یا روی آنها گردوغبار Du نشسته است و همچنین از طریق استنشاق، Du را جذب می کنند. علاوه بر آن از راه آشامیدن آبهای سطحی امکان ورود Du به بدن حیوانات وجود دارد. مواجهه با Du به علت اختلاف در رفتار و رژیم غذائی حیوانات متفاوت است. همچنین آلودگیهـای موضـعی خـاک و گیاهـان غـذائی امکان آلودگی در حیوانات را متغیر می سازد.
در جذب سیستمیک از طریق مسیر تنفسی در حیوانات به سایز و شکل شیمیائی اورانیـوم استنـشاق شـده کـه درجه نفوذ اورانیوم به ریه ها را تعیین می کند و میزان حـل شـدن اورانیـوم در ریـه هـا بـستگی دارد. هماننـد انسانها میزان جذب از راه روده به خـون پـائین بـوده و اکثریـت مثـدار Du را از راه مـدفوع دفـع مـی شـود و مستقیماً می تواند مجدداً خورده شود یا از طریق خاک وارد گیاهان شود. این مقدار اگرچه انـدک اسـت امـا از فلزاتی همچون پلوتونیوم و توریوم بالاتر است. بعد از ورود به بدن حیوانات رفتار Du با انـسان شـبیه اسـت و بیشتر در کلیه، استخوان و کبد ذخیره می شود.

در بسیاری از مطالعات از حیوانات به عنوان نماینده انسان استفاده می شود. اما در خصوص مطالعه بر روی حیواناتی که در عرصهٔ نبرد، با Du مواجه شده باشند مطالعات اندکی انجام شده است. یک مطالعه مواجهه گربه با سطح مشابه اورانیوم ضعیف شده در میدان نبرد نشان می دهد که سلامت عمومی و میزان شیر حیوان کاهش پیدا کرده است. در سایر مطالعات که در میادین آزمایش Du در ایالات متحده انجام شده، هیچگونه تغییر قابل توجهی را قید نکرده اند.

به علت جذب اندک اورانیوم توسط گیاهان، خاک چسبیده به گیاهان که توسط حیوانات خورده می شوند می‌تواند منبع عمدهٔ جذب اورانیوم باشد.

- انسانها:

انسانها در سناریوهای مختلفی در محیط با Du مواجه می شوند که مهمترین آنها به شرح زیر است:

- سربازان دشمن در منطقهٔ عملیاتی و در زمان کاربرد تسلیحات Du
- سربازان خودی بعد از فتح یک منطقه که با تسلیحات Du آلوده شده است
- آتشهای دوستانه
- امداد گران حاضر در منطقهٔ عملیاتی
- افراد بخش تعمیر و نگهداری و پشتیبانی در مناطق عملیاتی
- سربازان حافظ صلح بعد از پایان عملیات نظامی
- ساکنین محلی مستقر در منطقه بعد از پایان عملیات نظامی
- کشاورزان که در مناطق عملیاتی به کشت و زرع می پردازند
- کودکان که در مناطق عملیاتی بازی می کنند
- افرادی که برخی از ادوات وگلوله های حاوی Du را جمع آوری نموده و در منزل نگهداری می کنند
- حوادث غیرنظامی مثل سقوط هواپیمای حاوی وزنه های تعادلی Du
- در معرض قرار گیری صنعتی

در دو مورد آخر انتظار می رود که با کاربرد مقررات و توصیه های بین المللی در معرض قرار گیری تحت کنترل باشد. همانگونه که در بالا هم بیان شد در نزدیکی نقطهٔ اثر تسلیحات Du یکی از مشکلاتی که وجود دارد ناشی از گلوله ها و ترکشهای موجود، در روی سطح زمین است. این امکان وجود دارد تا کودکان و افراد ناآگاه و علاقمند به جمع آوری یادگاری این قطعات را جمع آوری کنند. البته بیش از ۲۰۰ ساعت تماس مستقیم پوستی با Du از حد دز پوست توصیه شده توسط ICRP (۵۰۰ msv/y) فراتر است و این زمان بالا حفاظت خوبی را فراهم می آورد. از دیگر سو نباید فراموش نمود که لایهٔ اکسید روی قطعات و گلوله ها ثبات بالائی ندارد و امکان معلق شدن گردوغبار اکسید Du وجود دارد.

در هر سناریوی محیطی مهمترین راهکار یافتن مسیر غالب مواجهه است که به طبیعت رویداد و زمان سپری شده بین آزاد شدن Du به محیط و مواجهه بستگی دارد. برای مثال در خصوص سربازان حاضر در یک منطقه

عملیاتی و در زمان شلیک گلوله های حاوی Du مسیر غالب مواجهه استنشاق است (Royal Society 2001) اما مواجهه افرادی که در منطقهٔ عملیاتی ۵۰ سال بعد ساکن شده اند از راه خوراکی خواهد بود.

در بین مسیرهای خوراکی مواجهه با Du در آب آشامیدنی، شیر و خاک مهمترین مسیرها در نظر گرفته می‌شوند. مواجهه از راه خاک می تواند برای بچه ها و نوزادان اهمیت قابل ملاحظه ای یابد. در برخی جوامع هم که خاک خواری مرسوم است، این راه می تواند برای بزرگسالان هم مطرح باشد. بحث خاک مهم است چون میزان آلودگی در آن ۱۰،۰۰۰ برابر آب می باشد.

همانگونه که درخصوص حیوانات هم مطرح شد جذب خونی اورانیوم از طریق دستگاه گوارش پائین است و در انسان ۹۸ درصد اورانیوم وارد شده به دستگاه گوارش از طریق مدفوع دفع شده و می تواند مجدداً از طریق غذا یا آب آشامیدنی وارد زنجیرهٔ غذائی شوند.

اثرات محیطی مشاهده شده در اثر حملات نظامی معمولاً بلند مدت بوده و نیازمند توجه و تعمق بیشتری هستند. یک قضاوت علمی و جامع و قابل اعتماد در خصوص اثرات بلند مدت Du روی محیط تقریباً غیرممکن است. دلیل عمدهٔ آن هم کمبود اطلاعات علمی موردنیاز در مناطق کاربرد سلاحهای Du می باشد که اجازهٔ ارزیابی را نمی دهد.

به طور ویژه هیچگونه مقادیر عددی برای توزیع فضائی و تاریخچه زمانی ابرهای آئروسلی Du وجود ندارد و به جز کوزوو هیچگونه مقادیر عددی برای آلودگی خاک وجود ندارد. در نواحی هدف فقط می توان به صورت تخمینی در مورد سرنوشت گلوله ها و ترکشهای روی زمین اظهار نظر کرد. (WHO 2001).

در حال حاضر آلودگی خاک بواسطهٔ ته نشینی ذرات ریز گردوغبار Du ملاک ارزیابی اثرات بلند مدت اکسیدهای Du در محیط زیست می باشد. (Spiez Laoratory 2001)

این ابر گردوغبار ممکن است توسط باد به حالت تعلیق درآید اما از دیگر سو باران و نیروی جاذبه باعث می‌شوند تا بخش عمده ای از آن به لایه های عمقی زمین نفوذ کند.

استنشاق Du مجدداً هوابرد شده در اطراف هدف مثلاً یک تانک می تواند حداکثر به ۰/۶ تا ۶۰ میکروگرم Du برسد که دز مؤثر معادل آن ۰/۰۷ تا ۷ میکروسیورت که از این مواجهه دریافت می شود قابل اغماض است. (Kaiser 2001)

منطبق بر نظر کارشناسان به دلیل فاکتور انتقال پائین Du حتی در خاکهای خیلی آلوده هم انتظار دز دریافتی چند میکروسیورت بر سال خواهد بود که دز قابل اغماض می باشد.

تاکنون هیچگونه مدرکی دال بر آلودگی آبها یافت نشده است اما نباید احتمال آلودگی در بلند مدت را از نظر دور داشت. آلودگی در مقیاس وسیع اتمسفری بسیار بعید است زیرا در مقایسه با مقدار یک تن اورانیوم طبیعی در یک کیلومتر مربع غلظت توزیعی Du بسیار کم و جزئی به نظر می رسد.

حتی با کاربرد بدترین سناریوی محیطی، افزایش ریسک مرگ آفرینی سرطان ریه در حدود ۶ بر ۱۰۰،۰۰۰ و به صورت کلی ۶ بر ۱۰ میلیون است. ریسک سایر سرطانها از جمله لوسمی ۱۰۰ برابر کمتر از سرطان ریه است.

هـ) مطالعات محیطی انجام شده:

تعـدادی مطالعـه در میـدانهای آزمـایش تـسلیحات Du انجـام شـده اسـت (Ebinger et al. 1996) (Oxenburg,1997) (MOD 1995). که زمان آنها تا ده سال بوده است و در آنها از تجهیزات سادهٔ محیطی تا مدلهای پیچیده مورد استفاده قرار گرفته است. در سایت Jefferson در ایالات متحده مدلها نشان دادند که هیچگونه ریسکی برای افرادی که در معرض بوده اند ایجاد نشده است و بیشترین مواجهـه هـم از راه تـنفس روی داده است. یافته ها نشان می دهد که تا ۱۰۰ سال مواجهـات استنـشاقی در اولویـت قـرار دارنـد بعـد تـا ۱۰۰۰ سال مواجهات از طریق منابع آب و سپس وضع ثابتی به خود می گیرد.

در انگلستان مطالعات انجام شده هیچگونه تغییری در اکولوژی طبیعـی منطقـه را نـشان نـداد. همـه مطالعـات توافق نظر دارند که آلودگی با Du را می توان تا ده متری محل اصابت انـدازه گیـری کـرد. امـا بـا ایـن وجـود افزایش سطح اورانیوم به کمتر از یک متر و دقیقاً در حد ۰/۲ متر از محـل اصـابت محـدود مـی شـود. غلظـت اورانیوم در محلهای اصابت می تواند از چند میلی گرم بر کیلوگرم تا ۱۵ گرم بر کیلوگرم تغییر کنـد کـه حـد بالا می تواند تغییرات بر روی اکولوژی منطقه ایجاد کند.

۱) آلودگی در عراق:

برای عراق در مقایسه با آنچه در خصوص کوزوو وجود دارد داده های تحلیلی وجود ندارد. مشابه داده و نتایج کوزوو اینگونه فرض می شود که در مواردی که گلوله به هدف نمی خورد نتـایج آلـودگی در بیابـان تـا سـقف ۰/۱ میلی گرم بر کیلوگرم Du در ناحیهٔ تقریبی ۲۰ cm * ۲۰ باشد.

برخلاف ناحیهٔ بالکان در جنگ عراق تعداد زیادی وسیلهٔ نقلیه بـا سـطوح سـخت، مـورد اصـابت قـرار گرفتنـد یافته‌ها حاکی از ناحیه ای آلوده به ابعاد ۵۰ m * ۵۰ است. در این ناحیه ۹۰٪ جرم گلوله ها ته نشین می‌شود. بعد از اصابت، بسته به نوع تسلیحات انتظار می رود در این ناحیه بین ۱۰۰ تا ۱۸۰۰ mg اورانیوم ضعیف شده بر متر مربع آلودگی وجود داشته باشد.

مبتنی بر یافته های بالکان و اطلاعات حاصل از میادین جنگی عراق استنباط می شود که میزان آلودگی در حـد چند ده میلی گرم Du بر کیلوگرم خاک باشد. حتی این غلظتها هم هیچ اثر سوئی روی انسان، حیوان و محـیط ندارند (Kaiser 2001). هیچ شاهدی وجود ندارد که شرایط آب و هوائی بیابان شمای کلـی اثـرات Du روی محیط را عوض کند اما به دلیل فقدان باران، تعلیق دوبارهٔ Du موجود در سطح خاک یا ماسه نقش مهمتـری را بازی می کند. از دیگر سو به دلیل فقدان باران که بستر نقـل و انتقـال اسـت مـی تـوان انتظـار داشـت کـه Du کمتری به آب زیرزمینی وارد شود.

۲) آلودگی در بالکان:

در نوامبر ۲۰۰۰ برنامه محیط زیـست سـازمان ملـل (UNEP) یـک تـیم کارشناسـی بـه کـوزوو اعـزام کـرد. مأموریت این تیم تحقیق در خصوص آلودگی ۹۶ جایگاهی بود که در جنگ بالکان از مهمات Du استفاده شد. این تیم توانائی اندازه گیری محیطی رادیواکتیویته، برداشت نمونه های آب و خاک، نمونه برداری از سبزی ها

و شیر گاوها را داشت. تنها محدودیت آنها این بود که فرصت آزمایش یک وسیله نقلیه مورد اصابت قرار گرفته توسط تسلیحات Du و محیط اطراف آن را نداشتند. این مطالعه فقط مربوط به مواردی بود که به هدف برخوردنکرده بود یعنی جائی که گلوله ها به هدف اصابت نکرده و وارد خاک شده بودند یا جائی روی سطح باقی مانده بودند.

- اندازه گیری میدانی:

این تکنیک اندازه گیری فعالیت بتا و گاما بود و اجازهٔ آشکارسازی نقطه های داغ ناشی از اثر تسلیحات Du را می داد (یعنی حفره های ایجاد شده، گلوله ها یا ترکشهای فرا گرفته در روی سطح و زیر سطح) بسیاری از کشورهای عضو مأموریت KFOR یعنی پرتغال، یونان، اسپانیا و ایتالیا تیمهایشان را برای اندازه گیری رادیواکتیویته به محل اعزام داشتند.

- نتایج آزمایشگاهی:

سطح اورانیوم طبیعی در خاک یک مقدار ثابت نیست و به ترکیب کانی شناسی خاک بستگی دارد.

بنابراین مقادیری که در مطالعه UNEP حاصل آمده است (۱/۲ تا ۳/۶ میلی گرم اورانیوم بر کیلوگرم خاک) فقط مختص به مکانهائی است که اندازه گیری صورت گرفته است.

سطح ضعیف شده u ۲۳۵ در همهٔ گلوله های مورد تحقیق ۰/۲٪ بود و u۲۳۶ به میزان ۰/۰۰۰۲٪ ± ۰/۰۰۲۸ وجود داشت.

- نقاط داغ:

آلودگی در نقاط داغ بسته به سختی سطوح متفاوت است. بالاترین آلودگی یک حفره محل اصابت ۷/۶ گرم Du بر کیلوگرم خاک گزارش شده است. حجم آلودگی به میزان ۱۰ * ۱۰ سانتیمتر و عمق ۲۰ سانتیمتر میزان کمی را شامل می شود. گلوله بیشترین فراوانی را در عمق ۲۰cm دارد و اندازه گیریها در اعماق بیش از ۲۰ cm آلودگی نشان نداده است.

مقادیر متوسط آلودگی در نقاط داغ در حدود ۱/۵ گرم Du بر کیلوگرم گزارش شده است.

نتایج مربوط به نقاط داغ نتایج زیر را به دست می دهد:

- **فقط حجم کوچکی آلوده می شود.**
- **گلوله های برخوردی به سطوح نرمتر (خاک، آسفالت، خیابان) یا یک شئ سخت زیر سطح (مثلاً یک سنگ بزرگ) آلودگی چند گرم بر کیلوگرم خاک را ایجاد می کند اما در نهایت حجم آلوده شده کم است.**
- **گلوله های برخوردی به سطوح سختتر (مثلاً بتون) آلودگی کمتری را ایجاد می کند.**

آلودگی Du در نقاط مجاور نقطهٔ داغ:

آنالیز نشان می دهد که نواحی اطراف نقطه اثر Du آلوده می شود. در یک فاصله بین ۱ تا ۲ متر اطراف نقطهٔ داغ ترازهای آلودگی Du ۰/۲۵ ± ۰/۵ میلی گرم بر کیلوگرم Du در سطح خاک (۵-۰ سانتیمتر) یافت شد (مستقل از این امر که سطح نرم باشد یا سخت).

در فواصل دورتر:

- گلوله های برخورد کرده به سطح سختتر (مثلاً بتون) باعث آلودگی بالای خاک به میزان ۰/۲۵ mg بر کیلوگرم Du در حیطه ۵۰ * ۵۰ متری می شود.
- گلوله های برخورد کرده به یک سطح نرمتر (خاک، آسفالت خیابان) در سطح بالای خاک زیر ۰/۱mg بر کیلوگرم Du آلودگی ایجاد می کند و در محوطهٔ ۲۰ * ۲۰ متری اطراف محل اصابت آلودگی پخش می شود.

این مقادیر جزء Du قسمت بالای خاک کمتر از جزء اورانیوم طبیعی هستند.

- آلودگی Du نزدیک گلوله ها و ترکشها:

آنالیز نشان می دهد که یک گلوله افتاده بر روی زمین، خاک زیرین را آلوده می کند. در یک نمونه گرفته شده از زیر یک گلوله در فاصله ۱۰-۰ سانتیمتری سطح، میزان آلودگی ۱۷۶ میلی گرم بر کیلوگرم Du گزارش شده است. این نکته نشان می دهد که گلوله های افتاده بر روی سطح زمین یا اندکی زیر، تجربه شده و Du آزاد می شود که بعد می توان آن را در آب زیرزمینی و زنجیرهٔ غذائی یافت. بنابراین UNEP نتیجه گیری نمود که گلوله ها و ترکشها باید توسط افراد صلاحیت دار و آموزش دیده جمع آوری شده و به نحو مناسب دفع شوند. (UNEP 2001).

- آلودگی Du به شکل گردوغبار اکسید Du:

تنها مشارکت گردوغبار قابل حل اکسید Du با آلودگی محیط یافتن مقادیر اندکی از آنها در آب آشامیدنی می باشد. مطالعه UNEP هیچگونه مدرکی دال بر این نوع آلودگی نیافت.

به صورت کل براساس گزارش UNEP می توان اینگونه نتیجه گرفت که کاربرد تسلیحات Du باعث آلودگی سطحی با گردوغبار Du می شود. روی یک سطح چند صد سانتیمتر مربعی حول و حوش محل اصابت گلوله و یا زیر یک گلوله یا ترکش افتاده بر روی زمین جزء اورانیوم معمولاً بالاتر از مقدار طبیعی می باشد. با این وجود حجم این آلودگیهای نقطه ای همواره کوچک است.

احتمال آلودگی آب آشامیدنی را باید مدنظر داشت حتی اگر تاکنون هیچگونه آلودگی گزارش نشده باشد. UNEP آنالیز دوره ای آب آشامیدنی در مناطق مورد حمله واقع شده با تسلیحات Du را توصیه می کند.

در بوسنی هم انتظار می رود نتایج حاصله اختلاف معنی داری بانتایج کوزوو نداشته باشد.

در راستای ارزیابیهای زیست محیطی سازمان ملل متحد اعضاء سوئیسی برنامهٔ محیط زیست سازمان ملل متحد (UNEP) هم اندازه گیریهائی در کوزوو انجام دادند که نتیجهٔ کار آنها به صورت مکمل در ادامه می آید:

۳) ارزیابی میدانی UNEP در خصوص Du سال ۲۰۰۰ (گزارش اعضاء سوئیسی تیم UNEP):

برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد (UNEP) از ۵ تا ۱۹ نوامبر سال ۲۰۰۰ یک تیم کارشناسی به کوزوو اعزام کرد تا چند جایگاه را که در خلال سال ۱۹۹۹ مورد اصابت گلوله های Du قرار گرفته بود مطالعه نمایند. تیم متشکل از ۱۴ کارشناس از فنلاند، ایتالیا، سوئد، سوئیس (آزمایشگاه SPIEZ)، انگلستان، آمریکا، IAEA و UNEP بود. تیم از نظر تدارکات توسط KFOR حمایت می شد. (نیروهای حافظ صلح).
تیم، منطبق بر اطلاعات ناتو ۱۱ جایگاه را مورد بازدید قرار داد. این تیم قادر به اندازه گیری فعالیت پرتوئی، گرفتن نمونه های آب و خاک و نمونه های شیر از گاوهای محلی بود. محلهای مد نظر در شرق و جنوب کوزوو واقع شده بود. اعضاء سوئیسی UNEP دکتر BURGER و SCHMID هر دو از آزمایشگاه SPIEZ بودند. این اعضاء در مجموع ۷۷ نمونه گرفتند (۶۱ نمونه خاک، ۹ نمونه از محل اصابت، یک نمونه از ترکش، دو نمونه از گلوله ها و ۴ نمونه از زره های مورد اصابت). این نمونه ها از ۷ جایگاه گرفته شد و به دقت در آزمایشگاه مورد آنالیز قرار گرفت. علاوه بر این دو نمونه از IAEAبرای مقایسه مورد آنالیز قرار گرفت.
اهداف اعضاء سوئیسی تیم دستیابی به موارد زیر بود:

- **آیا تکنیک اندازه گیری میدانی برای آشکارسازی آلودگی توسط Du به اندازه کافی حساس می باشد؟**
- **آیا می توان در محل اصابت گلوله ها با اندازه گیری میدانی آشکارسازی انجام داد؟**
- **محل اصابت چه ابعادی دارد و آیا می توان سطوحی از آلودگی با تعیین مقدار را آشکارسازی نمود؟**
- **آیا در اطراف محل اصابت هم آلودگی وجود دارد؟**
- **چه منطقه ای اطراف محل اصابت گلوله ها به تانک احتمال آلودگی به میزان خود منطقهٔ اصابت را دارد؟**
- **آیا با توجه به ترکیبات مختلف محل اصابت اختلافی در میزان آلودگی وجود دارد؟**
- **میزان اورانیوم طبیعی در محلهای نمونه برداری شده چقدر است؟**
- **آیا ترکیب ایزوتوپی گلوله های یافته شده قابل مقایسه با اسناد دولتی و مستقل می باشد؟**
- **آیا می توان ریسک بهداشتی از سطوح آلودگی خاک سطحی توسط Du متوقع بود؟**
- **آیا گلوله ها یا ترکشهای قرار گرفته روی زمین یا در عمق خاک مشکلات محیط زیستی آتی را ایجاد خواهند کرد؟**

مطالعات اورانیوم در خصوص نمونه ها با استفاده از تکنیک ICP-MS انجام شده است. ترکیبات ایزوتوپی و شیمیائی اورانیوم انجام گردیده است. تکنیکهای پیشرفته امکان آنالیز آلودگی توسط اورانیوم ضعیف شده را به غلظت یک درصد کل اورانیوم نمونه به دست می دهد.

اندازه گیریهای در میدان:
تکنیکهای میدانی اندازه گیری شامل اندازه گیری β , γ به علاوه مشاهدات بعدی امکان یافتن نقاط اصابت را فراهم می آورد (نقاطی که گلوله ها یا ترکشهای مستقیم به زمین اصابت کرده و یا روی زمین باقی مانده اند و یا به عمق خاک فرو رفته اند).

حساسیت همۀاین تکنیکها محدود است و بنابراین نقشه کشی میدانی یا مشخص نمودن مناطق بـه طـور دقیـق کاری مشکل می باشد. به منظور افتراق بین اورانیـوم طبیعـی و ضـعیف شـده اسـتفاده از تکنیکهـای پیـشرفته همچون اسپکترومتری جرمی و α نیاز است.

نقاط اصابت گلوله ها (Hot Spots):

بیشترین آلودگی به میزان ۷/۶ gr Du به ازای هر کیلـوگرم خـاک مـشخص شـد. نمونـه هـا ۱۰ * ۱۰ cm و عمق ۲۰ cm خاک بودند. نمونه دیگر مقدار ۲/۱ گرم را به ازای یک کیلوگرم نـشان داد. عمـق بیـشتر از ۲۰ cm زیر خاک آلودگی را نشان نمی داد. امکان کمانه کردن گلوله ها وجود داشت. مقـدار متوسـط آلـودگی در مناطق مورد اصابت ۱/۵ gr بر کیلوگرم گزارش شد.

یک حفره در روی آسفالت تا عمق ۲۰ سانتیمتری به تفصیل مورد بررسـی قـرار گرفـت. در کـل آلـودگی بـه میزان ۱۰۰ میلی گرم Du در حفره شناسائی شد.

نتایج حاصله از نقاط اصابت گلوله ها اجازه نتیجه گیریهای زیر را می دهد:

- فقط حجمهای کوچکی آلوده می شوند.
- برخورد گلوله ها به نقاط سخت مثل بتون میزان آلودگی کمتری را درمقایسه با سطوح نرم ایجاد مـی کنـد و برعکس برخورد گلوله ها به سطوح نرمتر مثل خاک یا آسفالت خیابان یا برخورد به یک سنگ در زیـر خـاک باعث آلودگی چند گرمی به ازای هر کیلوگرم خاک منطقۀ مورد اصابت می شود اما در نهایـت حجـم آلـودگی اندک است.

آلودگی توسط Du در ناحیۀ اطراف شهر (Impact Zone)

آنالیزها نشان داد که ناحیۀ اطراف منطقه، اثر گلوله ها هم تا حدی آلوده می باشد. ایـن منطقـه بـسته بـه نـوع سطح مورد اصابت قرار گرفته توسط تسلیحات Du در حد چند متر مربع می باشد.

در فاصله یک متـری منطقـه اصـابت سـطوح آلـودگی بـرای Du در حـدود ۰/۲۵ ± ۰/۵ میلـی گـرم Du بـر کیلوگرم خاک سطحی (۰ تا ۵ cm) یافت شد. (مستقل از این امر که سطح مورد اصابت نرم بوده یا سخت).

- میزان آلودگی در ناحیه ای ۵۰ * ۵۰ m با در نظر گرفتن اهداف سخت مثل بتون ۰/۲۵ میلی گـرم Du بـر کیلوگرم بوده است. (آلودگی خاک سطحی)
- میزان آلودگی در ناحیه ای ۲۰ * ۲۰ m با در نظر گرفتن اهداف نرم مثل خاک و آسفالت خیابان ۰/۱ میلی گرم Du بر کیلوگرم بوده است (آلودگی خاک سطحی). کلاً در این مورد منطقه ای به شعاع ۲ متری از هـدف آلودگی قابل توجه دارند.
- مهم است که ذکر شود این مقادیر آلودگی ناشی از Du زیر حد اورانیوم طبیعـی خـاک مـی باشـند و از ایـن مقدار آلودگی نمی توان ریسک بهداشتی انتظار داشت.

فصل چهارم:

مطالعات انجام شده روي انسانها

الف) مواجهه نظامی با اورانیوم ضعیف شده:

معمولاً در آتشهای دوستانه در خلال جنگ خلیج مواجهاتی روی داده است. به عنوان مثال در یک مورد در حدود ۳۰ وسیله نقلیه جنگی برادلی و تانک آبرام مورد اصابت تسلیحات Du قرار گرفتند (OSAGWI 1998, Livenhood 1918). بیش از ده درصد خدمه این وسایل و تانکها در زمان اصابت کشته شدند. اما درصد زیادی زنده ماندند که بیشتر آنها مجروح شده بودند و عمدتاً ترکشهای Du در بدن آنها وجود داشت. (Fetter & Hippel 1999) اگرچه ریسک این ترکشها خیلی کم بود اما با این حال در مطالعات ریسک آنها بررسی شده است.

در سال ۹۴-۱۹۹۳ بر روی ۳۳ سرباز مواجه با Du از طریق ترکش، آنالیز اداری انجام شد. افزایش دفع ادراری با میزان متوسط ۴/۴۷ در برابر ۰/۰۳ mg/g کراتینین مشاهده شد.

در سال ۱۹۹۷، ۲۱ نفر از همان سربازان در مقابل ۳۸ سرباز بدون مواجهه که در جنگ خلیج شرکت داشتند تحت آزمایشات جامع قرار گرفتند (MCdiarmid et al 2000). ۶۷ درصد آنان در مقایسه با ۱۴ درصد گروه کنترل به علت ناخوشی مجروحیت تحت اقدامات پزشکی فعال بودند.

غلظت اورانیوم ادراری سربازان جنگ خلیج با ترکش اورانیوم نسبت به سربازان بدون مواجهه حاضر در جنگ خلیج که بعد از دو، چهار و هفت سال بعد از جنگ خلیج اندازه گیری شد، مقادیری بالاتر را نشان می‌دهد. (Hooper et al. 1999, MCdiarmid et al. 2000). سطح این افزایش تا ۱۵۰ برابر گروه کنترل گزارش شده است.

سربازان با ترکش، غلظت اورانیوم ادرار از ۳۰/۷۴ mg- ۰/۰۱ به ازای هر گرم کراتینین را نشان دادند. در حالی که در گروه کنترل این مقدار بین ۰/۰۴۷ mg – ۰/۰۱ به ازای هر گرم کراتینین بود. Hooper و همکاران سطح دفع را بین ۱۰ mg/l تا ۲۰ گزارش کردند. به رغم سطوح بالاتر اورانیوم در ادرار در افرادی که با گلوله های Du مجروح شده بودند اما آسیب کلیوی با توجه به اندازه گیریهای کراتینین سرم، BMG، پروتئین ادرار و باند رتینول مشاهده نشده است. یافته ها حاکی از آن است که مواجهه بلند مدت باعث آسیب کلیوی نشده است. (MCdiarmid et al 2000).

MCdiarmid و همکاران در سال ۲۰۰۱ گزارش کردند که آزمایشات عصب شناختی بر روی افرادی که دارای ترکشهای Du بوده اند و گروه کنترل مشابهت داشته اند. خاطر نشان می شود که در سال ۱۹۹۷ ارتباطی بین سطح اورانیوم ادرار و نحوه انجام کار توسط فرد نشان داده شد.

انجام وظیفه تولید مثل هم توسط برخی دیگر از محققین مدنظر بوده است. در مایع منی اورانیوم یافت شده است اما حجم منی و غلظت اسپرم و شکل و نحوهٔ حرکت آنها در هر دو گروه کنترل ومورد یکسان بوده است.

معیارهای مکمل همچون هورمونهای FSH، LH تستوسترون و پرولاکتین در هر دو گروه یکسان بوده است. تا ژانویه ۲۰۰۱، ۳۸ کودک از سربازان مواجهه یافته با Du متولد شدند که در هیچیک از آنها نقص گزارش نشده است.

معیارهای خونی هم در هر دو گروه سربازان دارای قطعات Du در بدن و افراد بدون مواجهه حاضر در جنگ خلیج مشابهت داشته اند. مشخص شد که Du موجود در بدن به صورت ترکش ارتباطی با هماتوکریت، هموگلوبین، لمفوسیتها، نوتروفیلها، پلاکتها، بازوفیلها، ائوزینوفیل ها یا مونوسیتها ندارد.

هیچگونه اثر پوستی، چشمی یا اسکلتی عضلانی در خصوص اورانیوم ضعیف شده در این دسته از سربازان گزراش نشده است.

تعداد کل پرسنل نظامی ایالات متحده در خلال عملیات طوفان صحرا در جنگ خلیج حدود ۷۰۰،۰۰۰ بوده است. در مجموع ۳۷۲ پرسنل کشته شدند (در جنگ ۹۱-۱۹۹۰) که ۴۰ درصد آنها در جنگ کشته شدند، ۵۲ درصد در حوادث آموزشی، رانندگی و ... و ۸ درصد به واسطه بیماری (Writer et al 1996).

در حدود ۵۳۰۰۰ نیروی بریتانیا و ۱۸۰۰ نیروی استرالیا هم در جنگ حاضر بودند. در این جنگ هیچ یک از نیروهای استرالیاهایی کشته نشدند.

از آن زمان تاکنون دپارتمانهای بهداشتی استرالیا، ایالات متحده و بریتانیا بی وقفه در خصوص سربازان این جنگ به بررسی می پردازند و مواجهه با Du هم یکی از مواردی است که مدنظر قرار دارد. مطالعات بریتانیا و ایالات متحده افزایش اندکی در میزان مرگ و میر بین سربازان جنگ خلیج به علل خارجی در سال بعد از جنگ را نشان می دهد (Macfarlane 2000, Kang & Buttman 1996) اما هیچ مطالعه ای وجود ندارد که افزایش مرگ را به اثرات شیمیائی یا پرتوئی اورانیوم ضعیف شده منتسب کرده باشد.

در سال ۱۹۹۹-۱۹۹۸، از ۱۶۹ سرباز جنگ خلیج آمریکائی ادرار ۲۴ ساعته برای تعیین غلظت اورانیوم ادرار گرفته شد و از آنها خواسته شد تا در پرسشنامه ای راه احتمالی مواجهه با اورانیوم ضعیف شده را شرح دهند. در پرسشنامه ۱۹ سناریو مطرح شده بود، نتایج ادراری به دو دسته بالا و پائین با خط مرزی ۰/۰۵ mg در یک گرم کراتینین تقسیم شد. ۱۲ نفر (۷/۱ درصد) سطح اورانیوم ادرار بالاتر از حد را نشان دادند.

تکرار آزمایش برای ۶ نفر از این ۱۲ نفر باعث شد تا سه نفر دیگر هم در رنج پائین قرار گیرند. حضور ترکش در بدن افراد تنها سناریوی قابل انتظار برای مقادیر بالای اورانیوم در ادرار بود.

تاکنون تنها در ۲۵ سرباز از ۲۰،۰۰۰ سرباز آمریکائی جنگ خلیج که احتمال مواجهه با Du را داشته اند، انواع آسیب کلیوی مرتبط با Du تشخیص داده شده است. هیچکدام از این افراد جزو ۳۳ سربازی نبوده اند که بیشترین مواجهه با Du را داشته اند و تحت پایش پزشکی قرار گرفته اند. می بایست خاطر نشان نمود که میزان تشخیص داده شده در بین سربازان با میزان مشکلات کلیوی جمعیت عمومی آمریکا یکسان است.

مطالعات مشابهی هم بر روی سایر سربازان انجام شده است و نتایج مشابه بدست آمده است یعنی تجزیهٔ ادراری نشان داد که هیچ مدرکی دال بر افزایش Du در بدن یا افزایش سطح همبستگی با بیماری وجود ندارد. یک مطالعه توسط گارد ملی میسی سی پی بر روی سربازان هیچ مدرکی دال بر افزایش و میزان ناقص الخلقه زائی یا مشکلات بهداشتی بین بچه های متولد شده از سربازان مواجه با Du ارائه نکرده است.

تجزیهٔ ادراری ۱۲۲ پاسدار حافظ صلح آلمانی مستقر در کوزوو هیچگونه مقادیر Du نشان نداده است. یک مطالعه کوهورت بین دو گروه از سربازان سوئدی انجام شد. یک گروه که ۶ ماه در منطقهٔ کوزوو بودند و یک

گروه که هنوز در منطقه حضور داشتند. نتیجه اینگونه اعلام شد که سطح اورانیوم در ادرار افراد مستقر چهار برابر افرادی است که از منطقه مراجعت نموده اند (تعداد نفرات هر دو گروه ۲۰۰ نفر بوده است).

خلاصه ای از تعدادی مطالعه در جدول شش گرد آمده است:

جدول شش: آزمایشات روی افراد Nato و کشورهای غیر Nato مشارکت کننده در مأموریتهای Nato

کشور	افراد تست شده	نتیجه
بلژیک	۳۵۸۰	اورانیوم درحد طبیعی، بدخیمی کمتر از حد انتظار
بلغارستان	۳۹	بدون مسائل بهداشتی
استونی	۹۱	بدون اثرات پاتولوژیک
فنلاند	۵۰	اورانیوم در حد انتظار بدون اثرات بهداشتی
فرانسه	۵۴	بدون تراز بالای u- اثرات بدخیم در حد انتظار
آلمان	۱۲۲	بدون تراز بالای u- بدون اثرات بهداشتی
یونان	۱۸۰۰	یافته های طبیعی
ایتالیا	۴۰	بدون آلودگی
لیتوانی	۶۸	هیچگونه لوسمی دیده نشد
لوگزامبورک	۱۰۰	نمونه های خون بدون غیرطبیعی بودن
هلند	۶	بدون نشانه ای از مواجهه با Du
پرتغال	۳۴۱	بدون ترازهای بالای غیرنرمال
اسلواکی	۶۳	هیچگونه بیماری ناشی از u
اسپانیا	۶۰۰۰	تراز u نرمال بدون اختلال بدخیم
سوئد	۱۱۰	مقادیر نرمال

یک مطالعه هم در بین ۳۱ کارمند صلیب سرخ مستقر در کوزوو در خلال حملات هوائی انجام شده است که براساس آنالیز ادرار مقادیر غلظتی اورانیوم از ngl ۳/۵ تا ng/l ۲۶/۹ به دست آمد که هماهنگ با مقادیر یافت شده بین افراد غیرمواجه بوده است.

همه موارد لیست شده در بالا به صورت مقطعی حاصل آمده است زیرا افراد مورد آزمایش فقط محدودهٔ زمانی مشخصی را در معرض آلودگی با Du بوده اند. جهت تعادل. Thirlwell, Priest از جمعت محلی کوزوو و بوسنی هم نمونه گیری کردند و در ۲۳ فرد از سه ناحیه مختلف آنها دریافتند که Du در همهٔ افراد وجود دارد. اما میزان موجود در بدن آنها کمتر از حد اورانیوم طبیعی متوسط در انسانها بوده است.

نیروهای کانادائی (CF) در مناطق مورد هدف سلاحهای Du خصوصاً خلیج فارس و کوزوو حضور داشته اند که در این مناطق خطر عمده تعلیق مجدد آئروسلها بوده است. برای برقراری یا حذف Du به عنوان یک علائم سببی برای علائمی که این سربازان از خود بروز می دادند، برنامه ای برای پایش ادرار این دسته از سربازان در نظر گرفته شد. هدف تعیین میزان اورانیوم در ادرار و شناسائی نستبهای ایزوتوپ در اورانیوم

موجود بود. این تعیین نسبت نشان می دهد که آیا آلودگی از اورانیوم طبیعی بوده است یا اورانیوم ضعیف شده.

در سال ۲۰۰۰ تعداد ۱۰۳ نفر از پرسنل فعال و بازنشسته CF در یک برنامه ارزیابی بیولوژیکی ادرار شرکت کردند. غلظت کل اورانیوم ادرار در هر نمونه توسط دو آزمایشگاه آنالیز شد (یک آزمایشگاه ICP-MS دیگری آنالیز فعال سازی نوترون (INAA) را به کار می برد. میانگین غلظتهای یافت شده ng/l ۴/۵ و دیگری ng/l ۱۷ بوده است. این مقادیر در رنج ng/l ۱ تا ۴۰ افراد مواجه غیر شغلی ذکر شده در متون علمی بوده است.

غلظت اورانیوم در ادرار به آن اندازه زیاد نبود که اجازه تعیین نسبتهای ایزوتوپی را به صورت مستقیم بدهد. بنابراین ارزیابی موهم در کنار آن انجام شد که نسبت اورانیوم ۲۳۸ به ۲۳۵ را برابر ۱۲۰ تا ۱۴۰ نشان داد. در مقایسه اورانیوم طبیعی نسبت ۱۳۷/۸ را در برابر نسبت ۴۹۸/۷ برای Du دارد. در نهایت یک نمونه استخوان هم از یک سرباز مرده برداشت شدکه نسبت ۱۳۸ (±۴) را نشان داد که با اورانیوم طبیعی هماهنگ بود.

این اعتقاد وجود دارد که نتایج ICP-MS از INAA دقیقتر است. اما INAA می تواند یک روش معمول برای آنالیز نمونه های مو باشد.

در ژانویه ۱۹۹۳ یک مطالعه در آمریکا نشان داد که اکسیدهای نامحلول استنشاق شده در ریه ها به صورت طولانی باقی مانده و ریسک بالقوه ایجاد سرطان به واسطه پرتودهی ایجاد می کنند. Du بلعیده شده به صورت گردوغبار هم می تواند هر دو ریسک پرتودهی و سمیت را ایجاد کند. یک مطالعه ۱۹۹۵ توسط انستیتو سیاستگذاری محیطی نظامی (AEPI) بیان داشت که اگر Du وارد بدن شود پتانسیل ایجاد تبعات پزشکی قابل توجهی را دارد.

ریسک همراه با Du هم شیمیائی و هم پرتوشناختی است. در گزارش AEPI به طور تفصیلی آمده است که ترکیبات حل پذیر به سرتاسر بدن می رسند و به ویژه غلظت اورانیوم در استخوان، کبد و کلیه افزایش می‌یابد. کلیه به عنوان ارگان مهم سمیت اورانیوم می باشد.

برخلاف این تحقیق کمیته مشورتی ریاست جمهوری بیماریهایی سربازان جنگ خلیج در ۱۹۹۶ اذعان داشت بعید است که اثرات بهداشتی گزارش شده توسط سربازان در حال حاضر نتیجهٔ مواجهه با اورانیوم ضعیف شده در جنگ خلیج باشد.

فقط یک ماه قبل از شروع جنگ خلیج در سال ۱۹۹۰، DOD بیان نمود که با وجود رعایت همه استانداردها و اعمال بهداشتی ممکن است در نواحی آلوده Du جهت حفظ سلامتی بعضی اقدامات لازم باشد.

در پاسخ به ادعاهای سربازان درگیر در جنگ خلیج مبنی بر مشارکت اورانیوم ضعیف شده در سندرم خلیج، وزارت دفاع کمیسیونی در این خصوص تشکیل داد. در این بررسی به جای استفاده از Du از اورانیوم طبیعی استفاده شد. منطبق بر تجزیه و تحلیل Fahey از گزارش، تیم بررسی کننده هنگام مرور متون علمی از ۶۲ منبع علمی صرفنظر کرد. به عنوان مثال به مطالعهٔ انستیتو رادیوبیولوژی نیروهای نظامی (AFRI) که ارتباط بالقوه ای بین Du و آسیبهای بهداشتی مختلف را نشان داده است اشاره ای نشده است.

تنها در ژوئن ۱۹۹۸ وزارت دفاع به ذکر این نکته بسنده کرد که شاید بهتر باشد جلوی هزاران مواجهه غیرضروری با Du گرفته شود. با این وجود دولت ایالات متحده کار را برای انجام مطالعات جامع وگسترده مشکل نموده است. در نوامبر ۲۰۰۱ در پی فشار محافل امریکائی یک پروپوزال عراقی در خصوص بررسی اثر Du در جنگ خلیج که قبلاً توسط کمیتهٔ خلع سلاح و صلح بین الملل پذیرفته شده بود، در صحن عمومی سازمان ملل رد شد.

وزارت دفاع بریتانیا (MOD) تصمیم گرفت از کلیه سربازانی که از عراق باز می گشتند، تست ادرار در خصوص میزان سطح اورانیوم بگیرد. البته این آزمایش روائی لازم را ندارد. مالکوم هوپر دکترای بیوشیمی بورد دولتی Du می گوید که پزشکان باید بیشتر در خصوص ذرات ریزی که به عمق ریه ها رفته و برای سالها باقی می مانند نگران باشند. MOD تأکید می کند که تنها خطر ایجاد شده از سوی گردوغبار Du فقط زمانی ایجاد می شود که پرسنل خدمات به وسایل نقلیه ای که تازه مورد اصابت قرار گرفته اند، نزدیک شوند. با این وجود UNEP طی مطالعه ای در بوسنی هرزگوین نشان داد که گردوغبار، ریسک بیشتری نسبت به آنچه MOD بیان داشته ایجاد می کند. UNEP دریافت که هنوز هم ناشی از اسلحه های Du به کار رفته در ۱۹۹۴ و ۱۹۹۵ آلودگی وجود دارد.

یک برنامهٔ تحقیقی با حمایت پنتاگون از سال ۱۹۹۳ در خصوص اثرات بهداشتی اورانیوم ضعیف شده انجام شد. پنتاگون بارها با اشاره به این مطالعه اذعان داشته است که هیچ اثرات بهداشتی معنی داری از مواجهه اورانیوم ضعیف شده مشاهده نشده است. در آخرین ادعا در مارس ۲۰۰۳ اعلام شد که پزشکان هیچ اثر پزشکی روی سربازان مورد مطالعه نیافته اند با این وجود این مطالعه تحت انتقادات قابل توجهی می باشد. یکی از آنها سوء تفسیر نتایج حاصله می باشد مثلاً دکتر میشل کیلپاتریک اعلام داشته که هیچ سرطان استخوان یا ریه ای ایجاد نشده است اما این پزشک از ذکر این نکته غفلت کرده است که حداقل یک سرباز در مطالعه دچار لمفوما شده است. این غفلتها نتایج مطالعه را زیر سؤال می برد. از دیگر انتقادات تعداد اندک جمعیت مورد مطالعه می باشد.

در نهایت کلیه مطالعات پنتاگون فقط افراد بالغ را که درگیر صحنه های نبرد هستند مدنظر قرار می دهد و اثرات بالقوه برای عموم مردم را که بعداً در نواحی آلوده وارد می شوند، مثلاً بچه ها از نظر دور داشته است. در مطالعات جاری این گونه نتیجه گرفته اند که جفت مانعی در مقابل نقل و انتقال Du محسوب نمی شود.

انستیتو خط مشی محیط نظامی ایالات متحده (AEPI) اینگونه اذعان داشته است که زاد و ولد مادران مواجه با سطوح بالای اورانیوم از نظر ایجاد کاهش وزن و ناهنجاریهای اسکلتی تحت تأثیر قرار می گیرد.

جدیدترین مطالعات توسط انستیتو تحقیقات رادیولوژی نیروهای نظامی (AFRRI) نشان می دهد که سلولهای استخوان کشت داده شده مواجه با Du از نظر رشد و خواص بیوشیمیائی دستخوش تغییر می شود. همچنین شکستگی کروموزوم نیز گزارش شده است. مشخص شده است که Du اثرات تأخیری ژنتیکی دارد و حتی بعد از گذشت یک ماه از حذف Du، سلولهای جدید هم آسیب ژنتیکی نشان می دهند. این اعتقاد وجود دارد که حتی مقادیر ناچیز از Du به علت ترکیب اثرات پرتوشناختی و شیمیائی قابلیت آسیب ژنتیکی را پیدا می کنند (اثرات حدود ۸ برابر بیشتر می شود).

دکتر جان لیتل پروفسور رادیوبیولوژی و رئیس دپارتمان بیولوژی مدرسهٔ بهداشت عمومی هاروارد در ارتباط با اثرات پرتو α که در خصوص Du اکثریت پرتوهای ساطع شده را تشکیل می دهد نوآوریهائی داشته است. دکتر لیتل اینگونه اظهار داشت که آسیب یک سلول می تواند بر سلولهای مجاور هم تأثیر بگذارد. اعتقاد قبلی این بود که فقط سلولهائی دچار آسیب می شوند که مستقیماً با پرتو در تماس باشند. بر این اساس احتمال خطرات جدیدی از جانب پرتوهای با تراز کم در حیطه موتاسیون سلولی وجود خواهد داشت. بر این اساس دکتر لیتل بیان می دارد که به ازای هر سلولی که پرتو می گیرد، ده سلول اطراف آن هم احتمال آسیب دارند و با این وصف دیگر نمی توان اثرات را براساس تعداد سلولهای پرتو گرفته پیش بینی نمود.

وزارت دفاع اغلب با عنایت به تراز کم پرتوی Du آن را یک مادهٔ ایمن دانسته است. اما نتایج جدید سلولهای مجاور این نظریه را رد می کند. با این وجود این اثرات هنوز در دست بررسی هستند. دکتر دیوید برنر پروفسور انکولوژی پرتوئی دانشگاه کلمبیا به صورت تفصیلی اثر سلولهای مجاور را مورد بررسی قرار داده است. وی در خصوص رادون بین استنشاق گاز، ذرات α و سرطان ارتباط برقرار کرده است. از آنجا که Du هم در شکل آئروسل قابل مقایسه با رادون است این مطالعات را می توان به صورت مؤثر برای تشریح اثرات بیولوژیکی Du به کار برد.

نگرانی عمده در خصوص رادون و Du استنشاق گردوغبار است که عضور درگیر ریه ها می باشند. بعد از استنشاق، ذرات گردوغبار محتوی اورانیوم در بستر مخاط ریه به دام می افتد و در آنجا ذرهٔ α ساطع می شود و توسط سلولهای حساس بستر مخاطی ریه جذب می شوند. از نظر دز، ذرات α نسبت به پرتوهای x یا γ خطرناکتر است زیرا جایگاههای آسیب DNA خیلی نزدیک به هم تولید می کنند.

اگرچه تعداد ذرات α مؤثر بر ریه اندک است اما به صورت جالب توجهی ریسک بهداشتی حاصل بالاست. این فرآیند را به فرآیند اثرات سلولهای مجاور نسبت می دهند که تنها در چند سال اخیر به آن توجه شده است.

ریسک سرطان ریه همراه با ذرهٔ α با تراز کم از طریق مطالعات اپیدمیولوژیکی رادون اثبات شده است.

از آنجا که مطالعات مختص با Du وجود ندارد، رادون بهترین مقایسه است. دورهٔ کمون برای سرطان ریه در پی مواجهه ۲۰ سال است.

طبق نظر دکتر برنر ریسک سرطان ریه قابل کمی شدن همراه با Du وجود دارد. (در صورتی که شخص درون وسیله نقلیه مورد اصابت قرار گرفته توسط یک گلوله Du وارد شود). اگرچه کمّی نیست اما همچنین ریسک لوسمی لمفوسیتیک نیز وجود دارد. (دورهٔ کمون سه ساله).

تبعات بیولوژیکی ناشی از آسیب DNA به دلیل مواجهه با پرتوی یونساز شامل جهش ژن، اختلالات کروموزومی و مرگ سلولی می باشد.

چند مطالعه هم توسط پروفسور اریک رایت از دپارتمان پاتولوژی سلولی و ملکولی دانشگاه Dundee اسکاتلند انجام شد که طی این مطالعات هم به اختلالات کروموزومی یا تقسیم سلولی و نرخ بالاتر مرگ سلولی اشاره شد. رایت همچنین بیماریهای ناشی از شکست کروموزومی را شامل نقص ژنتیکی، اختلالات عصبی و ایجاد ناهنجاری می داند. مطالعات رایت بی ثباتی ژنومیک القائی توسط پرتو را مستند نمود. منطبق بر نظریه

رایت بی ثباتی کروموزومی زخمهائی در سلولهای خونساز تولید می کند که با ایجاد AML یا لوسمی میلوئید حاد مشارکت می کند.

در خلال سالهای ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۶ پزشکان عراقی با افزایش لوسمی و ناقص الخلقه زائی در بیمارستان کودکان شهر روبرو شدند. سن تمامی کودکان زیر ۱۵ سال بود. از آنجا که هیچ نظام ثبتی در خصوص موارد سرطان یا نقص هنگام تولد وجود نداشت، پزشکان یک مطالعه اپیدمیولوژیکی را تدارک دیدند. این مطالعات دارای نواقص زیادی بود از جمله عدم وجود شهر کنترل، نقل و انتقالات فراوان مردم از ناحیه ای به ناحیهٔ دیگر در عراق و عدم وجود معیارهای مستقل مثل نمونه های بافت و ادرار.

با این وجود یافته های کلیدی شامل موارد زیر است:

۲۰۰۱-۱۹۹۰ نرخ بروزبیماریهای‌بدخیم‌به‌ازای هر ۱۰۰،۰۰۰ کودک زیر۱۵سال دربصره‌سه‌برابر شده‌است.

۲۰۰۰-۱۹۹۳ نرخ بروز بیماریهای بدخیم در مقایسه با سال ۱۹۹۰ در بین کودکان چهاربرابر شده است.

در خصوص لوسمی بچه های زیر ۵ سال:

- دو مورد در سال ۱۹۹۰
- ۴۱ مورد در سال ۲۰۰۱

نواقص مادرزادی به ازای هر ۱۰۰۰ تولد:

- ۳/۰۴ مورد در سال ۱۹۹۰
- ۱۷/۶ گزارش شده در سال ۲۰۰۰

نکته مهم اینکه طبق نظر دکتر Fasy اورانیوم می تواند استئوبلاست انسانی را در کشت سلولی به فتوتیپ بدخیم تبدیل کند. از این رو مطالعات مربوط به اثرات بهداشتی اورانیوم ضعیف شده باید میزان استئوب‌رکوما را هم در کودکان لحاظ کند.

ب) مطالعات اپیدمیولوژیکی روی اشخاص و گروههای مواجه با Du:

اشخاص / گروههای مواجه با Du				روش استفاده/ مقدار (تن)		میدان جنگ
	مردم	دشمن	حمله کننده	هوا به زمین	زمین به زمین	
–	*	*	* *	۲۵۰	۵۰	عراق
*	*	*	–	۳/۳	–	بوسنی
*	*	*	–	۱۰	–	کوزوو

* * آتشهای دوستانه:

مطالعات اپیدمیولوژیکی قابل اعتماد فقط در خصوص سربازان امریکائی و انگلیسی جنگ خلیج و اعضای سازمانهای انسان دوستانه و حافظ صلح در بالکان وجود دارد.

۱) سربازان عملیات طوفان صحرا در جنگ خلیج:

مبتنی بر آزمایشات انجام شده در آمریکا نتیجه گرفته شده است که خدمهٔ تانک مورد اصابت قرار گرفته توسط Du در حدود mg ۵۰ آئروسل اورانیوم را استنشاق کرده اند. این مقدار نهایتاً به اثرات سمی محدود و قابل برگشت روی کلیه ها و دز تشعشعی درونی نسبتاً غیر قابل توجه زیر حد دز سالیانه اشخاص مواجه شغلی می انجامد (Rostker 2000).

در خلال عملیات خلیج در ۱۹۹۱ برخی از تانکهای آمریکائی توسط آتش دوستانه مورد هدف قرار گرفتند. در بین تقریباً ۱۰۰ نفر باقیمانده (خدمه های تانک) حدود ۳۰ نفر با ترکش Du در بدن که امکان حذف آنها وجود ندارد زندگی می کنند. حرکت آرام و مستمر اورانیوم حاصل از ترکشها به افزایش دفع ادرار از اورانیوم انجامیده است. در خلال یک دهه مطالعات پزشکی هیچگونه اثر بهداشتی مرتبط با Du مشاهده نشده است. این به آن معنی است که Du به اثرات سوء روی کلیه ها و بیماریهائی مثل سرطان و لوسمی منجر نشده است. تاکنون این یافته ها مورد تائید است اما با این وجود آزمایشات پزشکی و مطالعات در حال انجام است. (Harley 1999).

افرادی هم از خدمه تانکها وجود دارند که مورد اصابت ترکشهای Du قرار نگرفته اند و گروه زیادتری هم وجود دارند که زمانی را در نزدیکی تانکهای مورد اصابت و یا در حال سوختن سپری کرده اند و یا بعداً وارد این فضاها شده اند. در خصوص این افراد فقط می توان برآورد داشت زیرا هیچگونه داده ای در خصوص مواجهه با Du و محاسبات دز تشعشعی وجود ندارد. این موضوع در خصوص پرسنل تعمیر، خدمات و پاکسازی هم مصداق دارد.

در خصوص این افراد فرصت از دست رفته است و باید ادرار این افراد در خلال اولین روز بعد مواجهه گرفته و آنالیز می شد. اما به صورت برآوردی می توان اینگونه بیان داشت که ورود Du در این گروهها باید کمتر از افرادی باشد که با آتش دوستانه مواجه شده اند. (حدود یک دهم آنان)

مطالعات انجام شده بر روی این گروهها نشان می دهد که در حال حاضر دفع اورانیوم از این افراد قابل آشکار سازی نمی باشد. (MCdiarmid 2001).

یک نماد و نشانه برای سندرم جنگ خلیج:

بعد از چند سال در بسیاری از سربازان جنگ خلیج مشکلاتی بهداشت ایجاد شد که تحت عنوان سندرم جنگ خلیج معروف گردید. ورودی Du این دسته از افراد برآورد شد و زمانی که داده های حاصل با داده ای مطالعات اپیدمیولوژیکی صنعت اورانیوم مقایسه گردید اینگونه استنتاج شد که سندرم را نمی توان به واسطه مواجهه با اورانیوم تفسیر نمود.

در یک مطالعه گذشته نگر از سال ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۹ بروز بیماریها و نرخ مرگ و میر همه ۵۳۴۶۲ سرباز انگلیسی جنگ خلیج مورد آزمایش قرار گرفت (Macfarlane 2000). **گروه کنترل آن دسته از سربازانی**

بودند که در جنگ خلیج شرکت نکرده بودند. این گروه از نظر ابعاد، سن، جنس، نژاد و سطح تطابق و رده نظامی همسطح افراد مواجه بودند. در خلال این دوره ۵۳ سرباز و ۴۸ نفر از گروه کنترل به دلیل سرطان جان خود را از دست دادند. این اعداد از نظر آماری اختلاف نداشتند و هیچ افزایشی از یک نوع خاص سرطان مشاهده نشد. اما به نظر می رسد زمان پیگیری ۸ ساله برای ردیابی افزایش احتمالی در تعداد مرگهای ناشی از سرطان خیلی کوتاه باشد.

۲) سربازان عراقی:

در کنفرانس بغداد در سال ۱۹۹۸ یک گزارش عراقی ارائه شد که براساس آن بین رخداد سرطان میان سربازان عراقی و افرادی که در نواحی آلوده به Du مستقر بودند و تسلیحات اورانیوم ضعیف شده همبستگی نشان می داد. در این گزارش افزایش عمومی در همهٔ انواع سرطان تشخیص داده شده حتی بین اشخاصی که در معرض واقع نشده بودند ارائه شده بود. این گزارش حاوی اشتباهات و بی ثباتی بود و براساس کاملاً علمی و کارشناسانه نگاشته نشده بود. بر این اساس نمی توان با نوع مطالعه ارتباط بین بروز سرطان و Du را تشخیص داد. بی شک جای دارد مطالعه ای دقیق بر روی سربازان عراقی انجام شود.

۳) شهروندان عراقی:

تاکنون مطالعه ای علمی در خصوص اثرات بهداشتی Du بر روی شهروندان عراقی در گیر درجنگ خلیج گزارش نشده است.

۴) سربازان KFOR:

در ژانویه ۲۰۰۱ گزارشی در خصوص غربالگیری در بین سربازان ارتش آلمان منتشر شد. (Roth 2001) در این مطالعه اشخاصی که پتانسیل مواجهه با Du در مناطق هدف را داشتند مدنظر قرار می گرفتند. مطالعه صرفاً بر روی دفع ادرار از این افراد متمرکز شد. مشخص شد که دفع اورانیوم از نظر آماری بین این افراد و گروه کنترل معنی دار نیست.

نتایج اولیه یک مطالعه در بالکان بین سالهای ۹۵ تا ۲۰۰۱ منتشر شده است (Mandelli 2001). صحیح است که نرخ بیماری Hodgkin's و لوسمی لمفوبلاستیک حاد در ۴۰،۰۰۰ سرباز ایتالیائی مستقر در بالکان ۲ تا ۳ برابر گروه کنترل بوده است اما به واسطه تعداد اندک موارد (۹ در برابر ۴ و ۲ در برابر ۱) مشاهده شده مطالعه از نظر آماری معنی دار نیست. از دیگر سو اگر همه موارد سرطان در نظر گرفته شود، نرخ سرطان تا ۲ برابر نسبت به گروه کنترل پائینتر بوده است. با این تفاصیل توان آماری باید افزایش یابد.

۵) جمعیت شهری در کوزوو:

در کوزوو داده های آماری مفیدی در این خصوص وجود ندارد. بنابراین امکان تعیین تغییر احتمالی در نرخ بیماریهائی شبیه لوسمی و سایر سرطانهای ناشی از جنگ وجود ندارد.

۶) سربازان و شهروندان در بوسنی:

با توجه به موارد قبلی در اینجا هم دست نوشته هایی در خصوص افزایش میزان و موارد سرطان وجود دارد اما هیچگونه مطلب مستدل علمی وجود ندارد.

ضميمه يك:

درسهائي كه مي توان از جنگ خليج گرفت

در جنگ خلیج فارس از پیشرفته ترین سلاحهای قرن بیستم استفاده شد. در این جنگ از سلاحهای بیولوژیکی و هسته ای که هر کدام از آنها توانائی کشتار جمعی را داشتند استفاده شد. دیرزمانی است که جهانیان کاربرد سلاحهای کشتار جمعی را رد کرده اند. اما با این وجود این سلاحها به کار می روند.

در جنگ خلیج نیروهای آمریکا و انگلیس از تسلیحات نفوذ کننده به زره ساخته شده از Du مبادرت ورزیدند. Du مادهٔ زائد و رادیواکتیو است. تا انتهای جنگ بیش از ۲۹۰ تن Du، تجهیزات و خاک را در صحنهٔ نبرد در عربستان، کویت و جنوب عراق آلوده نمود. اگرچه تحقیقات در دست انجام است و تحقیقات بیشتری نیز موردنیاز است اما هم اکنون واضح و آشکار است که برخی از سربازان و غیرنظامیان مواجه با Du دستخوش مشکلات بهداشتی از جمله آسیبهای کلیوی و سرطان می باشند. کاربرد این ماده به عنوان تسلیحات خطر جدیدی را ایجاد نموده و مرز بین جنگهای مرسوم و نامرسوم را مخدوش نموده است. تولید و کاربرد روزافزون تسلیحات Du نمایانگر کاربردهای آتی در جنگها می باشد. بر این اساس باید از جنگ خلیج نکات مدنظر را برداشت نموده و با توجه به اثرات سوء این ماده گامهایی در جهت به حداقل رساندن و پیشگیری از اثرات سوء روی سربازان، غیرنظامیان و منابع آب و غذا برداشت. Du محصول فرعی فرایند غنی سازی اورانیوم جهت استفاده در سلاحهای هسته ای و راکتورها است.

Du شبیه سایر فلزات سنگین مثل سرب، سمی است و علاوه بر آن ساطع کنندهٔ ذرهٔ α با نیمه عمر ۴/۵ میلیارد سال می باشد. انستیتو سیاستگذاری محیطی ارتش آمریکا اینگونه بیان داشته است:

«Du یک ماده زائد رادیواکتیو با تراز کم است و بنابراین باید طبق مقررات و تحت نظارت مورد استفاده قرار گیرد.» در دههٔ ۵۰ میلادی وزارت دفاع آمریکا به کاربرد این فلز به عنوان سلاح تمایل پیدا کرد. زیرا فلزی است چگال، آتش گیر، ارزان و در مقادیر بالا در دسترس. تحقیقات دههٔ ۶۰ و ۷۰ اثر بخشی این سلاح را نشان داد.

در خلال عملیات طوفان صحرا، هواپیماهای آمریکائی و تانکهای انگلیسی هزاران گلولهٔ کالیبره بالای Du شلیک کردند. همچنین صدها هزار گلوله کالیبر پایین به کار گرفته شد. علاوه بر این یک سوم همهٔ تانکهای آمریکایی مورد استفاده در جنگ خلیج (۶۵۴) به زره های ساخته شده از Du مجهز بودند.

اثربخشی این تانکها در میادین جنگی هرگز مورد آزمایش قرار نگرفته است. (خصوصاً جنگ خلیج زیرا نیروهای عراقی تسلیحات با زره های Du در اختیار نداشتند).

درسهای گرفته شده از جنگ خلیج ما را قادر می سازند تا اثرات تسلیحات Du را در آینده تخفیف داده یا از آنها جلوگیری کنیم.

درس یک: تسلیحات Du نواحی اثر را با گردوغبار سمی و رادیواکتیو خیلی ریز آلوده می کنند.

آزمایشات ارتش آمریکا نشان می دهد که ۱۸ الی ۷۰ درصد گلوله های Du سوخته و به ذرات ریز اکسید تبدیل می شوند. بر این اساس یک گلوله ۱۲۰ میلیمتری Du بین ۹۰۰ تا ۳۴۰۰ گرم گردوغبار اکسید اورانیوم تولید می کند. آزمایشات نشان می دهد که از این مقدار گردوغبار ۵۰ تا ۹۶ درصد در سایز قابل استنشاق هستند. از این درصد ۵۲ تا ۸۳ درصد در سیالات ریه نامحلولند که به آسانی از بدن دفع نمی شوند و

ممکن است از گردوغبارهای اورانیوم در سایز قابل استنشاق برای ساعتها بعد از برخورد در هوا باقی می ماند. این گردو غبار می تواند تا ۴۰ کیلومتر یا بیشتر توسط باد جابجا شود. اما بیشترین مقدار این گردوغبار در محوطهٔ ۵۰ متری نسبت به محل برخورد می باشد. از دیگر سو امکان تعلیق مجدد گردوغبار نشسته توسط باد یا حرکت افراد و وسایل نقلیه وجود دارد. میزان تحرک Du در آب به میزان حل شدن آن بستگی دارد. ترکیبات حل پذیر Du به آسانی حل شده و وارد آبهای سطحی و زیرزمینی می شود. آشامیدن یا شستن یا هرگونه تماسی با آب آلوده باعث گسترده شدن آلودگی می شود. نتیجهٔ آلودگی آب و هوا، آلودگی خاک خواهد بود.

بعد از آن فلز درمحل باقی می ماند تا اینکه آنرا حرکت دهند. این به آن معنا است که محل به صورت آلوده باقی می ماند و خود بخود رفع آلودگی نمی شود.

هیچگونه پاکسازی در خاک عراق و کویت ایجاد نشده است اما با کمال تعجب پنتاگون ادعا می کند که خاک را در کویت آزمایش کرده و هیچگونه آلودگی Du مشاهده ننموده است. در سال ۹۵ و ۹۷ تیمهای آلودگی Du را روی وسایل تخریب شده و خاک جنوب عراق پیدا نموده اند.

علاوه بر گرد و غبار ترکشهای Du و گلوله های به هدف اصابت نکرده هم باعث بروز خطراتی می شود. یک گزارش داخلی از وزارت دفاع آمریکا در سال ۱۹۹۱ اشاره می کند که ذرات α حاصل از گلوله ها خطرات بهداشتی دارد. اما ذرات β حاصل از ترکشها و گلوله های به هدف اصابت نکرده باعث ایجاد تهدید جدی با مواجهه احتمالی ۲۰۰ میلی راد بر ساعت می شود.

یک گلوله پیدا شده در عربستان در سال ۹۱ میزان پرتو ۲۶۰ تا ۲۷۰ میلی راد بر ساعت داشته است. میزان خوردگی گلوله ها در خاک به خواص شیمیائی خاک و سایر شرایط محیطی بستگی دارد.

حدودی مجاز برقرار شده Du برای کارگر ۰/۰۱ gr/week و ۰/۰۰۸ gr/year و برای عموم مردم ۰/۰۰۲gr/year تعریف شده است.

تحقیقات اخیر نشان می دهد که ذرات Du در صورت استنشاق یا در ریه ها باقی می مانند یا وارد جریان خون شده و در کلیه، مغز، استخوان، ارگانهای تناسلی و ماهیچه ها و طحال می نشینند. اورانیوم ضعیف شده نامحلول (تا ۸۳ درصد حجمی کل گردوغبار ایجاد شده در اثر اصابت) در صورت استنشاق بیشتر از جنبهٔ پرتوئی خطرات را ایجاد می کند. در سال ۱۹۹۷، Du در منی پنج نفر از ۲۲ سرباز آمریکائی مجروح با ترکشهای Du در سال ۱۹۹۱ یافت شد.

اگرچه تحقیقات بیشتری مورد نیاز است اما Du وارد شده به بدن باعث آسیب کلیوی، سرطان ریه و استخوان، بیماریهای خوش خیم تنفسی، اختلالات پوستی و روان شناختی و کروموزومی و ناقص الخلقه زائی می شود.

در آگوست ۱۹۹۳ دفتر جراحی عمومی ارتش آمریکا تأکید کرد که اثرات فیزیولوژیکی ناشی از مواجهه با Du ریسک سرطان ریه یا سرطان و آسیب کلیوی را افزایش می دهد. گزارش انستیتو سیاستگذاری محیطی ارتش آمریکا می گوید که دز پرتوئی اعضاء بدن به زمان ماندگاری Du در اعضاء بستگی دارد. هنگامی که این مقدار معلوم یا برآورد شود، می توان ریسک سرطان را برآورد نمود.

آلودگی حاصله از Du ممکن است توسط باد یا آب منتقل شده و منابع آب و غذا را آلوده کند. و حتی نیروهای خودی هم ممکن است دستخوش اثرات بهداشتی کوتاه و بلندمدت Du شوند.

درس دوم: بعید است که نیروهای نظامی در مقابل مواجهه با آلودگی Du محافظت شوند.

۱۷ سال قبل از جنگ خلیج یک گروه مطالعاتی وابسته به پنتاگون اذعان داشتند که در خلال یک جنگ که کاربرد وسیع تسلیحات Du در آن وجود داشته باشد، امکان و احتمال مواجهه استنشاقی، از راه بلع یا از راه زخمها قابل توجه خواهد بود. در جولای ۱۹۹۰ یک پیمانکار ارتش آمریکا هشدار داد که هنگام جنگ مواجهه با آئروسل Du در سربازان با توجه به اثرات بالقوه پرتوئی و سم شناسی قابل توجه خواهد بود. در خلال جنگ افراد بیشتر مواجه (MEI) احتمالاً نیروهای زمینی هستند.

با وجود این همه هشدار قبل از بروز جنگ، هیچگونه اقدام عملی جهت آگاه ساختن سربازان در میدان جنگ خلیج انجام نشد و سربازان و پشتیبانی کننده ها در خصوص کنترل زخمها از نظر آلودگی Du یا استفاده از وسایل حفاظت فردی در خلال تماس با وسایل یا خاک هیچ آموزشی ندیدند.

برخلاف مقررات هسته ای هیچگونه آزمایش پزشکی و پیگیری برای سربازان زخمی توسط ترکشهای Du یا افرادی که گردوغبار Du را استنشاق کرده بودند انجام نشد.

اگرچه مقامات نظامی هرگز تشریح ننموده اند که چرا هیچ اقدامی در این خصوص انجام نداده اند اما آنچه واضح است این است که این اقدام برای جلوگیری از ایجاد حساسیت در افکار عمومی انجام شده است. در برخی گزارشات نظامی آمده است که در مواقع جنگ به دلیل ریسک بالای آسیبهای جنگی می توان اثرات بهداشتی Du را بر روی پرسنل نادیده انگاشت.

در ژانویه سال ۱۹۹۸ پنتاگون در گزارشی می آورد:

«تحقیقات ما در خصوص اثرات بهداشتی Du نشان می دهد که در خلال جنگ از برخی اطلاع رسانی به سربازان کوتاهی شده است. سربازان در خصوص چگونگی رفتار با تسلیحات Du آگاهیهای لازم را نداشته‌اند. این نقصان اطلاع رسانی احتمالاً باعث هزاران مواجهه غیرضروری شده است».

با وجود این اظهارات در ادامه می آید که: «حتی یک سرباز آمریکائی از جانب این مواجهات غیرضروری دستخوش بیماری نشده است».

مورد آتش سوزی دوحه کویت در سال ۱۹۹۱ خطر حوادث اتفاقی را به خوبی نشان داد. هنگام حریق مواد خطرناک ایجاد می شود. در ماجرای دوحه سربازان از خطرات Du یا دستور العمل استفاده از لباسهای حفاظتی حتی پس از اطفاء حریق اطلاع نداشتند. علاوه بر این دود حاصل از حریق به طرف شهر حرکت کرده و احتمال مواجهه غیر نظامیان را با Du افزایش داد. حفاظت کامل پرسنل نظامی نیازمند تمرین عملی و آموزشهای لازم است. متأسفانه از آنجا که مشکلات بهداشتی Du تأخیری می باشد فرماندهان نظامی رغبت کمتری به کاربرد دستورالعملهای ایمنی از خود نشان می دهند.

جنگ خلیج نشان داد که پرسنل نظامی حفاظت کافی در مقابل Du دریافت نمی کنند.

درس سوم: هنگام استفاده از سلاحهای Du احتمال هشدار به ساکنین بومی حتی اگر منابع آب و غذای آنها آلـوده شـود کم است.

پیش از جنگ خلیج ارتش آمریکا از احتمال اثرات سوء Du بر روی افراد غیرنظامی آگاه بـود. بـا ایـن وجـود هیچگونه اقدامی در این خصوص درکویت، عربستان و عراق انجـام نـشد. در جـولای ۱۹۹۰ در یـک گـزارش نظامی آمده است که ریسکهای بهداشتی بلند مدت برای سربازان و افراد بومی چالش جدی کاربردهـای آتـی نظامی Du خواهد بود. در خلال جنگ خلیج ایالات متحده به نیروهای نظامی دسـتور داد تـا بـدون هـشدار بـه مردم بومی در خصوص آلودگی زمین از سلاحهای Du استفاده کنـد. ایـالات متحـده همـین رویـه را د رجنـگ کوزوو ادامه داد. ملل درگیر در جنگهایی که در آن از Du اسـتفاده مـی شـود ممکـن اسـت خـود را مواجـه بـا هزینه‌های گزاف مراقبتهای بهداشتی بلند مدت سربازان و غیرنظامیان ببینند.

درس چهار: سلاحهای Du کارآمدی بالایی دارند و احتمالاً در جنگهای زمینی انتخاب اول خواهند بود.

در سال ۹۵ مدرسهٔ شیمی نظامی آمریکا بیان نمود موفقیت آمریکا هنگام استفاده از Duبه احتمال قـوی سـایر ملل دوست و دشمن را هم در آینده متمایل به کاربرد تسلیحات Du خواهد نمود. در گزارش دیگری در سال ۱۹۹۵ آمده است که: «از آنجا که تسلیحات Du در بازار فروش تـسلیحات آزادانـه یافـت مـی شـود، احتمـال کاربرد آن در جنگهای آتی زیاد خواهد بود». تعداد قربانیان جنگهای آتی به همین دلیل افـزایش چـشمگیری را نشان خواهد داد. پنتاگون در سال ۹۸ در گزارشی آورده است: «کـارآئی Du در میـادین نبـرد شـکی بـاقی نمی‌گذارد که در آینده نیروهای ما با این تسلیحات مواجه خواهند بود». بعد از عملیات طوفان صـحرا بـسیاری از زره پوشها، تانکها، بالگردها و سایر تجهیزات نظامی آمریکـا بـه کالیبرهـای مختلـف ایـن تـسلیحات مجهـز شدند. در سال ۹۴ و ۹۵ جنگنده های آمریکـائی در بوسـنی بـر علیـه نیروهـای صـرب و در تمرینـات نظـامی اکیناوای ژاپن از این تسلیحات استفاده کردند. فشار افکار عمومی و رسانه ها در خصوص کاربرد این سـلاحها در کوزوو فرماندهان نظامی را مجبور کرد تا در کاربرد این تسلیحات تجدید نظـر کننـد. بـا ایـن وجـود اکثـر کشورها یا این سلاحها را تولید کردند یا وارد کردند یا در فکر تهیهٔ این سلاحها هستند.

درس پنج: باعنایت‌به‌هزینه‌های بالای رفع آلودگی احتمال پاکسازی مناطق جنگی ازآلودگیDuاندک است.

همانگونه که خاطرنشان شد آلودگی خاک و ... باید برای حـذف آلـودگی رادیواکتیـو رفـع شـود. روش همـان رویهٔ کارخانه Starmet کنکورد ماساچوست (سازنده گلوله های Du) می باشد. در این رویه بایـد لایـه بـالائی خاک برداشته شود که می تواند به گونه ای دیگر محیط زیست را تهدید کند. از دیگر سو هزینهٔ انجام کار این چنین بزرگی بالا خواهد بود. به عنوان مثال، هزینهٔ تقریبی پاکسازی ۶۹ تن گردوغبـار Du و بقیـهٔ مـواد زائـد Du از ۲۰۰ هکتار در ایندیانا بین ۴ تا ۵ میلیارد دلار آمریکا می باشد. بر این اساس هزینه پاکسازی ۲۹۰ تن Du از هزاران هکتار عربستان، عراق و کویت دهها میلیارد دلار آمریکا خواهد بود.

ضميمه دو:

عوارض منتسب به Du منطبق بر متون مستقل و دولتي

۱) عمومی:

ساخت و ساز غیرنرمال اسپرم
علائم حاد خود ایمنی
نقص حاد دستگاه تنفسی
سندرم بالکان
وجود خون در ادرار و مدفوع
سرطان استخوان
تومورهای مغزی
خستگی مزمن
اختلالات مزمن کبدی و کلیوی
لوسمی میلوئید حاد و مزمن
عفونت مزمن دستگاه تنفسی
سرطان روده بزرگ
اسهال
مشکلات گوارشی
سندرم خلیج
حملهٔ قلبی
فشار خون بالا
بی خوابی

حرکات غیر ارادی
درد پا و مفصل
اختلالات کلیوی
سرطان کبد
کاهش حافظه
کاهش حجم ریه
کاهش سطح اکسیژن خون
سرطان ریه
سرطان لنف
سرطان پوست
درد عضله
سرطان لوزالمعده
کوتاه شدن نفس
عفونتهای پوست
خالدار شدن پوست
سرطان تیروئید
ناتوانی در راه رفتن
استفراغ

۲) کودکان، نوزادان، جنین

اختلال دستگاه گوارش
آسم
پارالیزی اسفنکتر و مثانه
نابینائی
گستره ای از نواقص مادرزادی
سردرد
بیماری کلیه

لوسمی
سرطان لنف
تغییر شکل ساق، بازو، پنجه و انگشتان
نارسائی دستگاه تنفسی
مرده زائی
نقص تارهای عصبی

۳) زنان:

دردهای شکمی

سرطان پستان

سردرد

سرطان سرویکس

درد مفاصل

سرطان ریه

سرطان لنف

درد قاعدگی

سقط جنین

تهوع

سرطان تخمدان

پارالیزی دستگاه گوارش

سرطان پوست

درد معده

جوشهای پوستی

خودکشی

مشکلات تیروئید

ناتوانی در راه رفتن

سرطان رحم

۴) مردان:

سردرد حاد

لوسمی میلوئید حاد و مزمن

آرتروز

دوری جستن از مردم

مشکلات تنفسی

حساسیت به مواد شیمیائی

اختلالات معدی روده ای

درد ساق و باسن

درد مفاصل

سرطان ریه

سرطان لنف

سرطان پوست

جوشهای پوست

درد معده

خودکشی

سرطان بیضه

ناتوانی در راه رفتن

منابع و مراجع:

1) Alex Bordujenka, (2002), Military Medical Aspects of Dpleted Uranium Munitions, ADF Health 3: 50-57.

2) Alex Bordujenka, et. al, (2003), Risks Assessment: Exposure to Depleted Uranium, ADF Health, 4 (1): 6-11.

3) Uranium in Ammunition. Military Toxic Project, Washington, DC USA.

4) Dragana Popovic et. al, (2001). Possible Impacts of Depleted Uranium Ammunition on Health and Environment, Danubius No. 1-2.

5) Felicity Arbuthnot et. al, (1999). Depleted Uranium, A Post-War Disaster for Environment and Health, Laka Foun Dation.

6) How Can People Be Tested for Expsoure to Depleted Uranium? (2001). Source From http://www.nrbp.org/faq/du/du13.htm.

7) Jiri Patocka et. al, (2004). Toxicological Aspects of Depleted Uranium, Journal of Applied Biomedicine 2:37-42.

8) MOD,s Policy for Biological Monitoring for DU on Operations: A Public Paper (2003). Source from http://www.mod.uk/issues/deleted_uranium/du_biomonitoring.

9) Nuclear Policy Research Institure, Depleted Uranium: Scientific Basis for Assessing Risk, (2003).

10) Parliamentary office of Science and Technology, Depleted Uranium, (2001) Number 154.

11) Peter Stegnar and Benedikl, (2001), Depleted uranium in the Environment- as issue of Concern? Archive of Oncology, 9(4): 251-5.

12) Report of the Swiss Members of UNEP-Team, Spiez Laboratory (2002).

13) WHO Depleted Uranium Fact Sheet (2003).

14) WHO Guidance on Exposure to Depleted Uranium for Medical Officers and Program Administrators (2001).

15) William S. Andrews et. al, (2003), Depleted Uranium on the Battlefield, Part 2: Biological Considerations, Canadian Military Journal.