



## Бронебойные снаряды на основе обедненного урана и последствия их применения для окружающей среды и людей

М.В. Супотницкий

Федеральное государственное бюджетное учреждение «27 Научный центр» Министерства обороны Российской Федерации, 111024, Российская Федерация, г. Москва, проезд Энтузиастов, д. 19  
e-mail: 27nc\_1@mil.ru

Поступила 22.02.2023 г. Принята к публикации 27.03.2023 г.

Поставки коллективным Западом вооруженным силам Украины бронебойных снарядов с сердечниками (пенетраторами) из обедненного урана (depleted uranium, DU) меняют ситуацию в зоне специальной военной операции (СВО). В боевые действия вводится новый поражающий фактор – уран-238 ( $^{238}\text{U}$ ), один из самых долгоживущих природных радиоактивных изотопов урана. Цель обзора – выявить признаки и последствия применения бронебойных снарядов на основе обедненного урана. Материалы и методы исследования. Анализировались источники, доступные через базы данных PubMed, Google Scholar и Российской электронной библиотеки. Результаты исследования. НАТО использует DU в снарядах калибров 20, 25, 30, 105, 120 и 140 мм. Сердечники изготавливаются из рециклированного DU, являющегося отходом производства ядерного оружия. За счет техногенных изотопов он более радиоактивен, чем DU из природного урана. При попадании такого снаряда в бронееобъект образуется большое количество респираторной радиоактивной и токсичной пыли окислов урана черного цвета, мелких осколков и фрагментов пенетратора, остающихся в бронетехнике и вокруг нее. Один 120-мм снаряд образует примерно 950 г токсичной радиоактивной пыли. Почти 99 % внутренней дозы, полученной военнослужащим, придется на альфа-частицы, наиболее опасные для здоровья. Не попавшие в цель снаряды углубляются в почву, их пенетраторы десятилетиями подвергаются коррозии, выделяя в подземные источники воды растворимые соединения урана. На территориях, где применялись снаряды с DU, наблюдаются массовые заболевания «неясной этиологии» среди военнослужащих и мирного населения, снижающие продолжительность их жизни и фертильность. Обсуждение результатов и выводы. Утверждения, что DU безопасен и малорадиоактивен, являются дезинформацией. Первые признаки применения снарядов с DU, которые можно установить на поле боя: круглые отверстия в броне танков и наличие вокруг них и в самом танке твердой черной пыли. При пожарах на складах таких снарядов, из-за других условий окисления, образуется рассыпающаяся пыль желтого цвета. При исследовании пыли DU необходимо обратить внимание на наличие повышенных концентраций  $^{236}\text{U}$ . Факт поражения DU военнослужащего можно подтвердить по наличию урана в его моче. Применение снарядов с DU на территории Российской Федерации по своим последствиям для людей и природы – это применение радиологического оружия, замаскированная форма ведения ядерной войны. И к ней необходимо относиться соответствующим образом.

**Ключевые слова:** аэрозоль; боеприпасы с обедненным ураном; коррозия; обедненный уран; пенетратор; противотанковый снаряд; радиотоксичность; урановый сердечник; хемотоксичность; U-234; U-235; U-238.

**Библиографическое описание:** Супотницкий М.В. Бронебойные снаряды на основе обедненного урана и последствия их применения для окружающей среды и людей // Вестник войск РХБ защиты. 2023. Т. 7. № 1. С. 6–23. EDN: rhsvza. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2023-7-1-6-23>

К настоящему времени стало очевидно, что коллективный Запад поставил вооруженным силам Украины бронебойные снаряды с сердечниками<sup>1</sup> из обедненного урана (depleted

uranium, DU). Тем самым Запад демонстрирует миру и России, что для него нет предела в эскалации российско-украинского конфликта. Одновременно меняются и военная ситуация,

<sup>1</sup> В западной научной литературе такие сердечники кинетических снарядов называют пенетраторами (англ. penetrator – тот, кто вторгается).

и ситуация «после войны». Помимо более эффективных противотанковых боеприпасов, в зоне специальной военной операции (СВО) появляется новый поражающий фактор – уран-238 ( $^{238}\text{U}$ ), один из самых долгоживущих природных радиоактивных изотопов урана. После попадания в броню танка или другой бронированной машины, он начинает самостоятельное существование в окружающей человека среде в виде радиоактивных фрагментов уранового сердечника и мелкодисперсных токсичных аэрозолей и радиоактивной пыли.

*Цель работы* – выявить признаки и последствия применения бронебойных снарядов на основе обедненного урана.

Для достижения данной цели был проведен анализ доступной информации по истории создания и применения кинетических боеприпасов, использующих пенетраторы на основе DU. Исследовались особенности и номенклатура таких снарядов, характерные признаки их применения, токсические и радиотоксические свойства DU, вызываемая патология у людей и особенности нахождения DU в окружающей среде.

#### *Материалы и методы*

Анализировались источники, доступные через базы данных PubMed, Google Scholar и Российской электронной библиотеки. Для первого поиска публикаций в англоязычных ресурсах применялись следующие условия поиска и логические операторы: «corrosion of depleted uranium»; «depleted uranium munitions»; «depleted uranium aerosols»; «depleted uranium or radiation dose or pyrophoricity». После просмотра аннотаций из выборки удаляли нерелевантные статьи. На первом этапе работы отобрано 43 обзорных статьи; на втором – отбор источников проводили ручным поиском по ссылкам, приведенным в обзорных работах. Отбирали и анализировали информацию, необходимую для достижения цели исследования. Анализ информации проводили от общего к частному. Источники, выявленные в неиндексируемых изданиях, в «Список источников» не вносили, а указывали в сносках на соответствующих страницах текста статьи.

#### *Общие сведения об обедненном уране.*

Уран – природный металлический элемент, токсичный и слабо радиоактивный. Он повсеместно распространен в природной среде со средней концентрацией 3 мг/кг в земной коре и 3,0 мкг/л – в морской воде [1]. Природный уран (U) представляет собой смесь трех радио-

активных изотопов  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  и  $^{238}\text{U}$  (0,0054, 0,72 и 99,27 % соответственно).  $^{235}\text{U}$  – делящийся изотоп, это свойство используется в ядерных реакторах (тепловыделяющие элементы) и ядерном оружии. Изотопы U распадаются с испусканием альфа-, бета- и гамма-лучей, проявляя как хемотоксичность, так и радиотоксичность у людей и животных [2].

В организме человека содержится в среднем 0,09 г урана. Он распределен так: примерно 66 % – в скелете, 16 % – в печени, 8 % – в почках и 10 % – в других тканях [3].

Уран природного изотопного состава используется в качестве топлива только в тяжеловодных реакторах. Для большинства реакторов требуется обогащение изотопа  $^{235}\text{U}$  от 0,72 до 3–5 % по массе; это достигается с помощью разности масс изотопа посредством газового центрифугирования [4].

Уран с содержанием  $^{235}\text{U}$  более 85 % называется оружейным ураном, с содержанием более 20 % и менее 85 % – ураном, годным к оружейному применению. В настоящее время бомбы из урана, по-видимому, нигде не производятся (плутоний вытеснил уран из ядерного оружия), но перспективы  $^{235}\text{U}$  сохраняются благодаря простоте пушечной схемы урановой бомбы<sup>2</sup> и возможности расширенного производства таких бомб при неожиданно возникшей необходимости [3, 5].

DU является отходом, главным образом, производства ядерного оружия. После извлечения  $^{235}\text{U}$  из природного U, оставшийся материал носит название «обедненный уран», так как он «обеднен» изотопами  $^{235}\text{U}$  и  $^{234}\text{U}$  (т.е. примерно 0,0006 % –  $^{234}\text{U}$ , 0,2 % –  $^{235}\text{U}$  и 99,8 % –  $^{238}\text{U}$ ). Его изотопный состав варьируется в зависимости от того, как он был получен. При производстве 1 кг обогащенного уранового топлива с содержанием  $^{235}\text{U}$  3 % образуется около 5 кг отходов в виде DU. Также DU может быть получен путем переработки отработанного топлива ядерного реактора [4, 6, 8]. На 2014 г. его мировые запасы составляли около 1,5 млн т [9].

Почти половина излучения урана приходится на изотоп  $^{234}\text{U}$ . Уменьшенное содержание  $^{234}\text{U}$  (порядка 0,001 %) в DU снижает его радиоактивность почти вдвое по сравнению с природным ураном, при этом уменьшение содержания  $^{235}\text{U}$  практически не сказывается на радиоактивности DU. DU излучает на 15 % меньше гамма-излучения, чем природный U. Бета-излучение DU почти идентично природному U. Радиоактивность природного урана

<sup>2</sup> Суть пушечной схемы заключается в выстреливании зарядом пороха одного блока делящегося материала докритической массы («пулей») в другой – неподвижный («мишень»). Блоки рассчитаны так, что при соединении с некоторой расчетной скоростью их общая масса становится надкритической раньше, чем блоки испарятся. Классическим примером пушечной схемы является бомба «Малыш» («Little Boy»), сброшенная на Хиросиму 6 августа 1945 г. [3].

составляет примерно 25,40 мБк/мкг<sup>3</sup>, а DU – 14,80 мБк/мкг. Таким образом, удельная активность DU, а также его радиотоксичность, составляют около 60 % радиоактивности и радиотоксичности природного урана [6, 7, 10]. Но это верно, если считать по альфа-излучению, а если учитывать радиоактивность бета- и гамма-излучений, производимых дочерними изотопами DU или продуктами распада, такими как торий-234 и протактиний-234, то радиоактивность DU составляет 75 % от природного U, что не так уж и мало [4]. Даже если считать радиоактивность DU низкой, она все же присутствует и полностью игнорировать радиационные риски от DU неблагоразумно [11].

Химическая токсичность DU такая же, как у природного U, поскольку она не зависит от изотопного состава U. При более низких концентрациях, таких как 0,2 %, токсический эффект DU, в основном, обусловлен химическими, а не радиационными эффектами [7, 12, 13]. Химическая токсичность преобладает над радиационной у растворимых соединений урана, например, уранила<sup>4</sup> [14, 15].

U и DU могут существовать во многих химических формах [3–5, 14]:

Оксиды урана<sup>5</sup> –  $U_3O_8$ ,  $UO_2$  и  $UO_3$  – твердые вещества, относительно стабильные в широком диапазоне условий окружающей среды, с низкой растворимостью в воде и в тканях организма человека.  $U_3O_8$  – наиболее стабильная форма U и наиболее часто встречается в природе. Диоксид урана  $UO_2$  – твердый керамический материал (англ. solid ceramic material). Представляет собой форму уранового топлива, обычно используемого в легководных реакторах, тяжеловодных реакторах и реакторах-размножителях на быстрых нейтронах. При комнатной температуре  $UO_2$  постепенно превращается в октаоксид триурана ( $U_3O_8$ ) – наиболее кинетически и термодинамически

стабильную форму U. Плотность его частиц составляет 8,3 г/см<sup>3</sup>.

Гексафторид урана (Uranium hexafluoride,  $UF_6$ ) – нестабильное соединение шестивалентного урана и фтора. При нормальных условиях он пребывает в твердом состоянии (в 1,7 раза выше плотности свинца) и принимает разные формы – от частиц наподобие каменной соли до сплошной твердой массы.  $UF_6$  может быть твердым, жидким или газообразным в диапазоне температур и давлений. Быстро реагирует с водой или водяным паром, образуя высококоррозионный фтороводород (HF) и фторид уранила ( $UO_2F_2$ ).

Уран *металлический* – серебристо-белый, податливый и пластичный металл, не так стабилен, как оксид урана, и будет подвергаться поверхностному окислению. Он тускнеет на воздухе, а оксидная пленка предотвращает окисление основного материала при комнатной температуре. Порошок или стружка металлического урана самовозгораются на воздухе при температуре окружающей среды.

Почти для всех практических целей DU и U можно рассматривать как одно и то же вещество [5].

Для атомной энергетики DU – бесполезный продукт с низкой экономической ценностью. Но такие его свойства, как очень высокая плотность – 19,3 г/см<sup>3</sup> (карбид вольфрама – 17 г/см<sup>3</sup>; свинец – 11,3 г/см<sup>3</sup>; сталь – 7,9 г/см<sup>3</sup>), делают его полезным в гражданской сфере, например, в противовесах для самолетов, в легированных специальных сталях, в качестве катализаторов в нефтяной и газовой промышленности, в качестве грузил для нефтяных скважин и для радиационной защиты<sup>6</sup>. Часть российского DU использовалась для разбавления российского оружейного урана (~90 % <sup>235</sup>U) до урана реакторного качества (~5 % <sup>235</sup>U), предназначенного для АЭС США<sup>7</sup>. Военное применение DU находят, в основном, в пенетрирующих боеприпасах и

<sup>3</sup> Беккерель (русское обозначение: Бк; международное: Bq) – единица измерения активности радиоактивного источника в Международной системе единиц (СИ). Один Бк определяется как активность источника, в котором за одну секунду происходит в среднем один радиоактивный распад. Бк – маленькая единица измерения, на практике обычно используются кратные единицы, образованные с помощью десятичных приставок. Для измерения удельной (массовой), объемной и поверхностной активности используются, соответственно, единицы: Бк/кг, Бк/м<sup>3</sup>, Бк/м<sup>2</sup>.

<sup>4</sup> Уранил – комплексобразующий ион в степени окисления 6+ –  $(UO_2)^{+2}$ . Соли, содержащие ионы уранила, активно реагируют с различными биологическими молекулами. Более подробно см. в работе С.В. Гудкова с соавт. [15].

<sup>5</sup> Все соединения урана являются ядами общетоксического и радиотоксического действия. В России соединениям урана присвоен первый класс опасности.

<sup>6</sup> Подробный обзор использования обедненного урана в гражданских целях представлен М. Betti [16].

<sup>7</sup> В рамках сделки 1993 г. «Гор–Черномырдин». См. URL: <https://aftershock.news/?q=node/102920&full> (дата обращения: 01.02.2023).

в качестве защитной брони для танков Абрамс M1A1 и M1A2 – лобовая проекция башни [1, 9].

Интересующее нас применение DU – сердечники для бронебойных снарядов<sup>8</sup>. При определенном сплаве с другими металлами и термической обработке (сплавление с 2 % молибдена или 0,75 % титана<sup>9</sup>, быстрая закалка разогретого до 850 °С металла в воде или масле, дальнейшее выдерживание при 450 °С 5 ч), металлический уран становится тверже и прочнее стали (прочность на разрыв >1600 МПа)<sup>10</sup>. В сочетании с большой плотностью, это делает закаленный уран чрезвычайно эффективным для пробивания брони, аналогичным по эффективности существенно более дорогому монокристаллическому вольфраму [3].

Существуют два типа DU в зависимости от его источника, то есть от переработки или от добытой урановой руды. DU, используемый вооруженными силами США, содержит техногенный изотоп <sup>236</sup>U (в концентрации 0,0003 %), которого нет в природном (т.е. добытом) уране<sup>11</sup>. Этот техногенный изотоп возникает только в ядерных реакторах, и его присутствие указывает, что использованная партия DU содержала некоторое количество урана из отходов переработки отработанного ядерного топлива. В таких боеприпасах с DU обнаруживаются <sup>99</sup>Tc (технеций), <sup>237</sup>Np (нептуний), <sup>238</sup>Pu, <sup>239</sup>Pu, <sup>240</sup>Pu (изотопы плутония) и <sup>241</sup>Am (изотоп америция). DU из уранового топлива более радиоактивен, чем DU, полученный из природного урана. Другие примеси в DU (например, Ti, Zr, Al и Cu) вводятся в процессе его производства [5, 19, 20].

#### Типы боеприпасов с обедненным ураном.

Работы по использованию урана в кинети-

ческих бронебойных боеприпасах начались в Германии перед Второй мировой войной с создания снарядов на основе сердечников, состоящих из сплава стали с присадкой урана<sup>12</sup>. Это серьезно ограничило работы по созданию атомной бомбы. Когда атомщикам в 1939 г. для экспериментов потребовался оксид урана, то оказалось, что он почти весь уже закуплен армейским департаментом, предполагавшим выпускать бронебойные снаряды [21].

Летом 1943 г. Португалия, по настоянию союзников, прекратила экспорт вольфрама в Германию<sup>13</sup>. Его нехватку для производства сердечников бронебойных снарядов из вольфрамовых сплавов немецкие оружейники стали восполнять стальными сплавами с присадками урана. Альберт Шпеер (нем. Albert Speer; 1905–1981), рейхсминистр вооружения и военного производства Германии, в конце 1943 г. был вынужден передать 1,2 тыс. т оксида урана на военные заводы Круппа, что фактически означало отказ от реализации программы создания атомной бомбы [22].

Одной из причин, по которой DU начали использовать в снарядах, стала его цена. Он практически ничего не стоил, но при этом имел высокую плотность, сравнимую с вольфрамом. Важными свойствами сплавов на основе DU оказались следующие:

*способность к самозатачиванию* при ударе о броню танка при скоростях до 1600 м/с, вольфрамовые сердечники на таких скоростях расплющиваются;

*способность к самовоспламенению* образующихся при таком ударе фрагментов (пирофорность)<sup>14</sup>, обеспечивающая повышенное забронеовое действие по сравнению со снаря-

<sup>8</sup> Противотанковые снаряды – не единственные пенетрирующие боеприпасы. Вооруженные силы США используют корпус из обедненного урана для термоядерного боеприпаса W61-11, предназначенного для разрушения бункеров. Бомба принята на вооружение в 1997 г. К моменту ее столкновения с землей она может набрать скорость до 610 м/с и углубиться в сухой грунт средней плотности на глубину до 6 м. Этого вполне достаточно для того, чтобы основная часть выделившейся при взрыве энергии (до 90 %) ушла в сейсмическую волну [12].

<sup>9</sup> В боеприпасах НАТО для улучшения прочности DU, его коррозионной стойкости и обрабатываемости (пластичности) используется около 0,75 % титана – сплав DU-Ti [17], в российских – сплав УПЦ (уран-цинк-никель) [18].

<sup>10</sup> Паскаль (Па) – единица измерения давления (механического напряжения) в Международной системе единиц (СИ). На практике применяют приближенные значения: 2 атм = 0,2 МПа и 2 МПа = 20 атм.

<sup>11</sup> Такой DU также содержит небольшое количество продуктов деления <sup>235</sup>U и трансурановых элементов [19].

<sup>12</sup> Присадки (в металлургии) – материалы, вводимые в жидкий металл с целью изменения состава и свойств металла. В данном случае преследовалась цель повышения ударной вязкости и прочности бронебойного снаряда.

<sup>13</sup> Немецкие запасы вольфрама иссякли еще в 1940 г. За него Германия платила золотом. Более подробно о поставках вольфрама из Португалии в Германию во время Второй мировой войны см. в работе А.М. Хазанова [23].

<sup>14</sup> Пирофорность – способность твердого материала в мелкодробленном состоянии к самовоспламенению на воздухе при определенных условиях (размер частиц, их геометрия, площадь поверхности, концентрация, температура окружающей среды, теплопроводность материала и др.). Для сферических частиц диаметром 0,15, 0,6 и 1,2 см металлического урана температуры воспламенения, определенные в Аргоннской национальной лаборатории (США) в 1950-х гг., составляют 333, 375 и 399 °С соответственно. Порошки неправильной



Рисунок 1 – Отверстие в башне иракского танка, образовавшееся после попадания снаряда с сердечником из DU [25]

дами на основе вольфрамовых сердечников [3, 4, 17, 18].

Эти два явления (самозатачиваемость и пирофорность) связаны между собой – высокая температура, возникающая при ударе уранового penetrатора о сталь, воспламеняет его поверхность, и по мере плавления урана снаряд заостряется, что увеличивает его способность пробить тяжелую броню. Удары снарядов с обедненным ураном характеризуются круглыми входными отверстиями [9] (рисунок 1).

В 1960-х гг. работы по созданию броневой снарядов, содержащих сердечники из DU, начались в Великобритании; в 1980-х гг. – в США. В начале 1980-х гг. они активизировались в связи с программой разработки кинетических броневых боеприпасов<sup>15</sup>, стимулированной Холодной войной, и были направлены на масштабные столкновения с советскими танками в Европе [2, 17].

Танковые снаряды с penetrаторами из DU массой 5 кг обладают при вылете из дула пушки кинетической энергией, эквивалентной взрыву 1,4 кг тротила<sup>16</sup> (при скорости 1500 м/с). При встрече с бронированной целью она выделяется примерно за 0,3 мс. Кинетическая энергия 30-мм penetrаторов для скорострельной пушки эквивалентна 50 г тротила (при скорости 1000 м/с). Ее скорость выделения  $\approx 0,1$  мс [26].

Высокая начальная скорость penetrатора достигается за счет использования снаряда с

малой массой и большой площадью основания в стволе орудия, позволяющей получить максимальное ускорение от метательного заряда. Стрельба снарядом малого диаметра, «завернутым» в легкую внешнюю оболочку, называемую башмаком или поддоном (англ – sabot), увеличивает его начальную скорость. Как только снаряд вылетает из ствола, башмак больше не нужен, и он отваливается. Это оставляет снаряд, летящий с высокой скоростью, с меньшей площадью поперечного сечения и уменьшенным аэродинамическим сопротивлением во время полета к цели – такой снаряд называют *подкалиберным* [18].

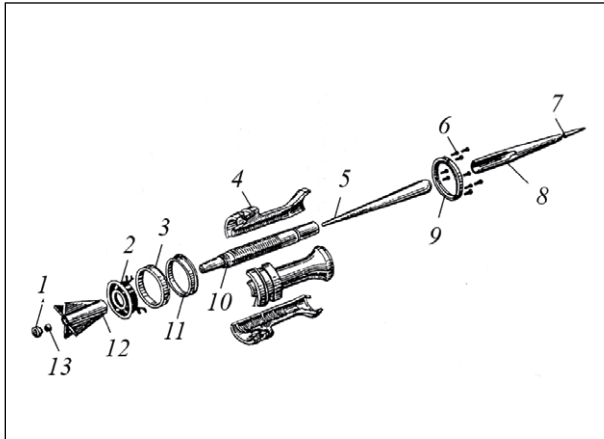
Описанные далее кинетические снаряды с penetrаторами из обедненного урана относятся к броневым оперенным подкалиберным снарядам (БОПС), т.е. к подкалиберным снарядам, стабилизируемым в полете вращением. Это достигается тем, что на лопастях стабилизатора снаряда имеются односторонние скосы, служащие для поддержания вращения снаряда на траектории за счет воздействия боковой составляющей силы сопротивления воздуха. Такое вращение с относительно небольшой угловой скоростью (15–20 об/с) улучшает кучность попадания в цель. Устойчивость снаряда в полете, его сверхзвуковая скорость и небольшое поперечное сечение сердечника позволяют сосредоточить большую кинетическую энергию на малой площади контакта с броней. Большая относительная длина сердечника (10 и более диаметров корпуса) обеспечивает ему высокую бронепробиваемость, а пластичность высокоплотного сплава урана – высокую бронепробиваемость под большими углами [18] (рисунки 2 и 3).

Первоначально такие снаряды разрабатывались для танковых нарезных орудий калибра 105 мм. В настоящее время в НАТО осуществлен переход танковых пушек на калибр 120 мм (танки Abrams M1A1 и M1A2 – США; Leopard-1, Leopard-2 – ФРГ; Leclerc – Франция; Тип 90 – Япония). В основном применяются гладкоствольные орудия. Исключение составляют британские танки – Chieftain (Вождь) и Challenger (Бунтарь), оснащенные 120-мм нарезными пушками L11F5 и L11A7. В вооруженных силах США имеется широкий спектр выстрелов с DU для стрельбы из танков, самолетов и кораблей. В таблице 1 приведены харак-

формы имеют более высокую удельную поверхность, чем сферические, и их температура воспламенения значительно ниже. Для таких порошков со средним диаметром 6,2–200 мкм она приблизительно соответствует 150–200 °С. Изменение концентрации гелия от 33 до 60 % вызывало равномерное повышение температуры воспламенения металлического урана от 615 до 955 °С. В 80 % атмосфере гелия при температуре 955 °С (предел измерения) воспламенения урановых порошков не наблюдалось [24].

<sup>15</sup> Кинетические броневые боеприпасы подробно описаны в работе А.А. Бабкина с соавт. [18].

<sup>16</sup> При взрыве 1 кг тротила выделяется около 4 МДж энергии [26].



**Рисунок 2** – Схема 105-мм БОПС М735 (США). 1 – гайка трассера; 2 – основание obtюратора; 3 – наружное (поворачивающееся кольцо) obtюратора; 4 – сектор ведущего устройства (поддон, «башмак»); 5 – сердечник из DU; 6 – винт; 7 – малый баллистический наконечник; 8 – большой баллистический наконечник; 9 – направляющее кольцо поддона; 10 – корпус; 11 – внутреннее кольцо obtюратора; 12 – стабилизатор; 13 – трассер. Рисунок из книги А.А. Бабкина с соавт. [18]

теристики американских танковых снарядов, в которых используют penetrаторы из обедненного урана [18].

Боеприпасы с penetrаторами из DU также разработаны для использования пулеметами и скорострельными пушками малого калибра (20 мм, 25 мм, 30 мм). Они установлены на кораблях, боевых машинах, вертолетах и самолетах США и их союзников [12]:

ВМС США для поражения противокорабельных ракет (ПКР) используют 20-мм высокоскоростные бронебойные боеприпасы Mk 149 Mod 2 с penetrатором из DU диаметром около 12 мм и массой 180 г – противоракетный комплекс Mk 15 (Vulcan-Phalanx). При попадании в ПКР он вызывает мощный выброс тепловой энергии и мгновенную детонацию ее боевой части (именно это и требуется от зенитных комплексов самообороны кораблей, просто повредить ракету уже недостаточно – обломки срикошетят от воды и могут повредить корабль). Снаряды для стрельбы по наземным целям снабжены самоликвидаторами. Кроме США используются Великобританией и Израилем;

Корпус морской пехоты и армия США – легкие амфибийные машины (LAV), самолеты AV-8B Harrier, боевые машины Bradley – имеют возможность вести огонь 25-мм снарядами M791 APDS-T (бронебойный подкалиберный снаряд с трассирующим снарядом) с DU (200 г). Снаряды взаимозаменяемы с пушкой M242 Bushmaster, автоматической пушкой KBA B02B, пушкой Gatling GE525 (GAU-12/U) и другими системами, отвечающими требованиям НАТО;



**Рисунок 3** – Общая схема БОПС М829 А2 (США). А – схема снаряда. Б – боеприпас в разрезе (URL: <https://cezarium.com/wp-content/uploads/2017/04/M829A2.jpg> и [https://translated.turbopages.org/proxy\\_u/en-ru.ru.6089afa9-645fe8ec-d3fd4dd9-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/M829#/media/File:120mm\\_M829A2\\_APFSDS-T.jpg](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.6089afa9-645fe8ec-d3fd4dd9-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/M829#/media/File:120mm_M829A2_APFSDS-T.jpg); дата обращения: 06.01.2023). Сверено с изображениями в книге А.А. Бабкина с соавт. [18]

штурмовая авиация (штурмовики А-10) и вертолеты «Апач» – используют 30-мм бронебойно-зажигательные снаряды PGU-14/B API. Снаряд имеет легкий алюминиевый корпус толщиной 0,8 мм, подкалиберный penetrатор конической формы из DU-Ti. Радиус основания penetrатора – 0,8 см, длина – 9,5 см, масса – 280 г. Широко применялся американской армией в ходе косовско-сербского конфликта 1999 г. и Второй войны в Персидском заливе. Снаряд способен пробить стальную броню толщиной до 9 см. Это семейство боеприпасов также совместимо со всеми артиллерийскими системами калибра 30 мм [1, 17].

Самолет А-10 оснащен одной семиствольной авиационной пушкой «Авенджер» (GAU-8/А) схемы Гатлинга со вращающимся блоком стволов, скорострельностью 3,9 тыс. выстрелов в минуту. Типичная боевая нагрузка для А-10 составляет 1100 шт. 30-мм снарядов, уложенных в соотношении 5 снарядов с DU-Ti на один осколочно-фугасный снаряд. Типичная очередь из этого орудия имеет продолжительность 2–3 с и включает от 130 до 190 выстрелов. Снаряды попадают в цель по прямой со скоростью 1000 м/с. В зависимости от угла подхода штурмовика снаряды попадают в землю (цель) на расстоянии 1–3 м друг от друга и покрывают площадь около 500 м<sup>2</sup>. Количество использованных penetrаторов зависит от типа цели. В цель попадает не более 10 % снарядов [9].

Министерство обороны Великобритании в настоящее время использует 120-мм противотанковые снаряды.

**Таблица 1 – Основные характеристики американских танковых снарядов, использующих пенетраторы из обедненного урана\***

| Индекс (страна) | Орудие | Год разработки | Скорость, м/с | Диаметр, мм | Длина, мм | Удлинение | Масса активной части, кг | Бронепробиваемость на 2 км, мм/60° | Бронепробиваемость на 2 км, мм/0° |
|-----------------|--------|----------------|---------------|-------------|-----------|-----------|--------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Калибр 105 мм   |        |                |               |             |           |           |                          |                                    |                                   |
| M774 (США)      | M68    | 1979           | 1508          | 26          | 346       | 13,3      | 3,4                      | 180                                | 360                               |
| M833 (США)      | M68    | 1983           | 1485          | 24          | 427       | 17,8      | 3,7                      | 230                                | 460                               |
| Калибр 120 мм** |        |                |               |             |           |           |                          |                                    |                                   |
| M829** (США)    | M256   | 1986           | 1665          | 27          | 460       | 17        | 3,94                     | 270–280                            | 540–560                           |
| M829A1 (США)    | M256   | 1990           | 1700          | 24,2        | -         | -         | 4,64                     | 350                                | 700                               |
| M829A2 (США)    | M256   | 1992           | 1680          | 24,2        | -         | -         | -                        | 370                                | 740                               |
| M829A3 (США)*** | M254   | 2003           | 1640          | 22          | 800       | 36        | 6,0                      | 400–420                            | 800–830                           |
| Калибр 140 мм   |        |                |               |             |           |           |                          |                                    |                                   |
| XM946****       | XM291  | 1997           | 1800          | 24          | 870       | 36,2      | -                        | 450–500                            | 900–1000                          |

\* А.В. Бабкин с соавт. [18].

\*\* БОПС CHARM 3 (Великобритания); DM-43 и DM-53 (ФРГ); OFL120G1 (Франция); PROCIPC (Франция и Германия) – по своей эффективности близки к снарядам M829, в том числе и поздних модификаций.

\*\*\* БОПС M829A3 предназначен для поражения объектов с динамической защитой. Эта задача решена за счет композитного сердечника, включающего «лидирующий» стальной элемент и основной – урановый. Общая длина сердечника выросла до 800 мм, масса – до 10 кг. При начальной скорости 1550 м/с такой снаряд способен пробить не менее 700 мм брони с 2 км.

\*\*\*\* БОПС XM946 разработан для перспективной 140-мм танковой пушки XM291. В близкой перспективе длина пенетратора может быть увеличена до 900 и даже 1000 мм.

L26A1 APFSDS – разработан в рамках программы CHARM 1 (CHallenger ARMament 1; т.е. оружие Челленджера) и может вести огонь как из пушки L11, так и из пушки L30. Он имеет пенетратор с длинным стержнем из обедненного урана, окруженным башмаком из алюминиевого сплава. Комбинация выстрела L26A1 и заряда L14 известна как снаряд JERICHO (Jericho 1 с зарядом L8 и Jericho 2 с зарядом L14). Комбинация Jericho 1 была примерно на 15 % лучше по бронепробиваемости, чем L23A1 (пенетратор изготовлен из сплава вольфрама, никеля и меди с 6-лопастным алюминиевым оперением);

L27A1 APFSDS: также известный как CHARM 3 (CHallenger ARMament 3), оснащен более длинным пенетратором из обедненного урана (DU-Ti) радиусом 1,5 см, длиной 30 см и приблизительной массой 4500 г. Предназначен для поражения сложных массивов брони и усовершенствованных форм взрывной реактивной брони (explosive reactive armour – ERA)<sup>17</sup>. В 120-мм Тк APFSDS CHARM 3 используется более безопасный заряд L16A1 CCC

(Combustible Cartridge Case) и обозначается как CHARM 3A1 при использовании заряда L17. Поступил на вооружение в 1999 г. Начальная скорость снаряда составляет 1650 м/с.

Эти боеприпасы применяли в Ираке и Кувейте во время войны в Персидском заливе 1990–1991 гг. и вторжения в Ирак в 2003 г. [17].

**Применение боеприпасов с обедненным ураном в боевых действиях.** Боеприпасы с обедненным ураном применялись как минимум в четырех недавних конфликтах: ирако-кувейтский конфликт 1991 г. (Первая война в Персидском заливе), конфликт в Боснии и Герцеговине 1995 г., косово-сербский конфликт 1999 г. и война НАТО с Ираком (Вторая война в Персидском заливе), начавшаяся в 2003 г. (таблица 2).

В боевых действиях 1991 г. было уничтожено около 3700 иракских танков, но на снаряды с DU приходится не более 500 боевых машин. Танки M1A1 отстреляли 6700 выстрелов M829 (3,94 кг/DU) и 2348 выстрелов M829A1 (4,64 кг/DU). Они составляли примерно 14 % (по массе) от общего количества, выпущенного DU, но

<sup>17</sup> Типа советского комплекса «Контакт-5», устанавливаемого на Т-90, Т-90А, Т-90С.

Таблица 2 – Сводная информация об использовании обедненного урана в боевых действиях\*

| Боевые действия  | Снаряды                            | Масса DU, т |
|--|------------------------------------|-------------|
| Ирако-кувейтский конфликт, 1991 г.                           | ВВС США, 30 мм                     | 259         |
| Ирако-кувейтский конфликт, 1991 г.                           | Армия США, 120-мм танковые снаряды | 50          |
| Ирако-кувейтский конфликт, 1991 г.                           | ВВС ВМФ США, авиация флота         | 11          |
| Ирако-кувейтский конфликт, 1991 г.                           | Великобритания, танковые снаряды   | 1           |
| Конфликт в Боснии и Герцеговине, 1995                        | НАТО, 30-мм снаряды                | 3           |
| Косово-сербский конфликт, 1999 г.                            | НАТО, 30-мм снаряды                | 10          |
| Война с Ираком, 2003**                                       | НАТО, по типам снарядов нет данных | 775         |
| Всего попало в окружающую среду в результате боевых действий |                                    | 1100***     |

\* По S.A. Katz [9].

\*\* Данные из работы I. Fairlie [5], ссылающегося на документ «US National Research Council. Review of toxicologic and radiologic risks to military personnel from exposure to depleted uranium during and after combat. Washington (DC): National Academies Press; 2008».

\*\*\* Данные обоих источников суммированы (325+775). В это количество не входит DU, выброшенный в окружающую среду во время взрыва и пожара 11.07.1991 г. на складе боеприпасов в Кэмп Доха (Кувейт) и учебных стрельб в Саудовской Аравии.

более половины этого количества было отстреляно на полигонах в Саудовской Аравии<sup>18</sup> [12].

Самолеты А-10 уничтожили около 1000 иракских танков. В отчете Министерства обороны Конгрессу отмечается: «Фактически, более 90 % уничтоженных танков, приписываемых А-10, были уничтожены с помощью ракет Mavericks, а не его 30-мм пушкой GAU-8» (рисунок 4) [12].

Во время войны в Ираке 2003 г. Минобороны Великобритании выпустило приблизительно 2 т DU; количество DU, выпущенное вооруженными силами США, указывают в пределах от 170 до 1700 т [17].

В реальном бою от 80 до 90 % выпущенных танковых снарядов попадают в цель [12]. Роль в боевых действиях авиационных снарядов оказалась переоцененной. Примерно 80 % DU (по

массе), отстрелянного во время ирако-кувейтского конфликта, приходилось на самолеты и в основном они в цель не попали [12, 27]. Самолеты А-10 нанесли 112 ударов снарядами с DU по 85 целям в Косово, десяти целям в Сербии и одной цели в Черногории. Использование боеприпасов с DU США и их союзниками в войне в Афганистане остается неясным. Заявления о применении боеприпасов с обедненным ураном в Афганистане не подтверждены ни американскими военными, ни независимыми расследованиями [12].

Приведенные факты опровергают утверждения о превосходстве и незаменимости снарядов с DU, им есть альтернатива в виде других эффективных противотанковых средств, не оставляющих длительных последствий для окружающей среды [12].



Рисунок 4 – Основной убийца танков в ходе ирако-кувейтского конфликта 1991 г. – AGM-65 Maverick – ракета класса «воздух–земля». Предназначена для непосредственной поддержки с воздуха. Это наиболее широко производимая высокоточная управляемая ракета в западном мире. Масса – 210–304 кг. Длина – 249 см. Диаметр – 30 см. Кумулятивный заряд WDU-20/B – 57 кг. Наведение лазерное инфракрасное и электронно-оптическое. Дальность полета ракеты – более 22 км (URL: [https://translated.turbopages.org/proxy\\_u/en-ru.ru.e9edede2-6460e3bb-19a44cff-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/AGM-65\\_Maverick](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.e9edede2-6460e3bb-19a44cff-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/AGM-65_Maverick); дата обращения: 12.02.2023)

<sup>18</sup> Количественные данные по уничтоженной иракской бронетехнике в разных источниках могут не совпадать и иметь фантазийный характер.