

# ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

---

---

## О ПРОБЛЕМЕ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ НА ЗДОРОВЬЕ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ И НАСЕЛЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ БОЕПРИПАСОВ С ОБЕДНЕННЫМ УРАНОМ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

**Л.А. Коннова, доктор медицинских наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.**

**П.К. Котенко, доктор медицинских наук, профессор.**

**Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России.**

**Г.К. Артамонова, доктор юридических наук, профессор.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Представлен информационно-аналитический обзор открытых научных источников, посвященных негативным для населения и военнослужащих последствиям применения боеприпасов с обедненным ураном. Рассматривается комплекс возможных этиологических факторов синдрома войны в Персидском заливе, Балканского синдрома, роста заболеваний среди жителей пострадавших территорий и ветеранов этих войн. Отмечена необходимость продолжения исследований по изучению отдаленных последствий применения такого оружия.

*Ключевые слова:* обедненный уран, боеприпасы с обедненным ураном, военные синдромы, синдром Персидского залива, Балканский синдром

## ABOUT THE PROBLEM OF NEGATIVE EFFECTS FOR THE HEALTH OF SOLDIERY AND POPULATION OF APPLICATION OF WEAPON WITH DEPLETED URANIUM

L.A. Konnova. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

P.K. Kotenko. Nikiforov Russian Center of emergency and radiation medicine of EMERCOM of Russia.

G.K. Artamonova. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Review of literature on the dangers of weapons with depleted uranium to health. Discusses the role of depleted uranium in the development of the Gulf War syndrome and Balkan syndrome. Discusses experimental data on the effects of depleted uranium on the body and the role of depleted uranium depleted in the development leukemia.

*Keywords:* depleted uranium, weapon with depleted uranium, military syndrome, Gulf War syndrome, Balkan syndrome

Постоянное расширение спектра техногенных факторов, загрязняющих окружающую среду и негативно влияющих на здоровье населения, является одной из актуальных проблем современного мира [1, 2]. В результате внедрения новых технологий и материалов как в мирные, так и военные сферы деятельности, со второй половины прошлого столетия расширился круг проблем, касающихся безопасности применения современного оружия. Кроме негативных последствий применения химического и ядерного оружия, появились новые вопросы, на которые нет однозначного ответа. Особое внимание специалистов и общественности вызвало оружие с обедненным ураном (ОУ), которое армия США применила в Ираке и в Югославии [3, 4]. Внимание со стороны общественности объясняется исторически сложившимся восприятием слова «уран», которое ассоциируется у населения с атомным оружием и трагическими последствиями его применения в г. Хиросиме и г. Нагасаки [5].

Внимание медицинских специалистов связано с появлением новых «военных синдромов» (ВС), не наблюдавшихся во время ведения предыдущих войн. ВС являются одним из медицинских последствий войны. Истории и описанию таких синдромов более чем за 100 предыдущих лет посвящен обзор К.С. Нюамс и соавторов [6]. Военный синдром представляет собой комплекс психосоматических симптомов, которые возникают во время конфликтов и войн у участников боевых действий, и суть которых остается до сих пор мало понятной. В Первую мировую войну серьезную проблему для войск Антанты представлял синдром Da Costa (нейроциркулярная астения) и траншейный шок, что объясняли нормальной реакцией на экстремальные воздействия. Реабилитация проводилась в сжатые сроки в военных подразделениях. Во время Второй мировой войны ВС напряжения встречался в британских войсках и считался неврозом, а не соматическим заболеванием. Более детально были изучены психологические стрессовые реакции, которые сопровождалась соматическими симптомами: слабостью, головной болью, диареей. Последствием Вьетнамской войны стал посттравматический стрессовый синдром «Post traumatic stress disorder», который Американская психиатрическая ассоциация определила как «психическую травму, вызванную событиями, лежащими за пределами нормального человеческого опыта».

Боевые действия стран НАТО в Персидском заливе в 1991 г. стали причиной появления «Синдрома Персидского залива» (СПЗ). У военнослужащих США, Великобритании и Канады после окончания военных действий развивался комплекс симптомов: головная боль, повышенная утомляемость, боли в мышцах и суставах, диарея, кожные высыпания, одышка, боль в грудной клетке в сочетании с нарушениями сна, концентрации внимания, расстройствами памяти и депрессивными нарушениями при отсутствии физикальных и лабораторных признаков. По данным, приведенным А. Durakovic, у каждого пятого ветерана-участника боевых действий со стороны антииракской коалиции наблюдался СПЗ [7]. СПЗ пополнил список ВС, поскольку во время Второй мировой войны симптомокомплекс, подобного СПЗ, среди военнослужащих США и Великобритании не наблюдалось [6].

После первого применения в 1991 г. армией США в Персидском заливе боеприпасов, содержащих ОУ, в средствах массовой информации (СМИ) развернулось широкое обсуждение опасности применения такого оружия для окружающей среды и здоровья населения, проживающего в пострадавших регионах. Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) организовало ряд комиссий по изучению радиологических последствий на территориях, подвергшихся бомбардировкам. В опубликованных докладах и отчетах комиссий четкого ответа о причине развития СПЗ нет [3]. После военных операций США «Щит в пустыне» и «Буря в пустыне» в 1990–1991 гг. новый ВС – синдром Персидского залива – был зарегистрирован сразу после окончания военных действий у 80 тыс. военнослужащих США и 12 тыс. военнослужащих Великобритании. В связи с применением оружия, содержащего ОУ, мировая общественность связала появление СПЗ с применением нового оружия, которое содержит обедненный уран. Реакция мировой общественности была крайне негативной, поскольку понятие «уран» ассоциируется с атомным оружием. К изучению причин массового заболевания военнослужащих были привлечены ведущие

специалисты в области экспериментальной и клинической медицины, радиобиологии, военные химики, экологи, токсикологи и т.д. Проблема СПЗ стала для США и Великобритании проблемой государственной важности. Министерства обороны и здравоохранения работали по специальным программам, исследовалось и обсуждалось множество причин. Результаты радиологических, токсикологических, клинических и экспериментальных исследований по проблеме СПЗ обобщены в 9 томах, изданных академией наук США, последний из которых опубликован в 2013 г. [8]. Но проблема до сих пор остается открытой.

Первоначально СПЗ пытались объяснить негативным воздействием других факторов, к которым отнесли иракские пески, пропитанные нефтью; ядовитый дым горящей нефти; пестициды, которые использовались для защиты от комаров и растворами которых пропитывали палатки и одежду военнослужащих; бромид пиридопиримин – препарат, применявшийся на случай использования химического оружия; некачественные вакцины и лекарственные препараты, которые солдаты принимали для защиты от возможного применения биологического и химического оружия. Работы по исследованию этих факторов обобщены в Первом томе публикаций академии наук США, посвященных заболеваниям, связанным с военными действиями в Персидском заливе [9]. Предположение о роли прививок в развитии СПЗ возникло после выяснения плохого качества вакцин и отсутствия синдрома у французских участников войны, командование которых категорически отказалось от проведения прививок.

При повторном применении армией США боеприпасов с ОУ в войне с Югославией появился военный синдром, который был назван «Балканским синдромом» (БС). Для него характерен тот же комплекс симптомов, что и для СПЗ: боль в мышцах и суставах, хроническая усталость, расстройство психики. К этому добавилась информация о случаях проявления признаков лучевого поражения у военных – участников боевых действий и у военнослужащих миротворческих сил, которые несли службу рядом с пострадавшими от бомбежек территориями. Первые сообщения о том, что среди военнослужащих НАТО, участвовавших в военных действиях в Югославии, наблюдаются признаки лучевого воздействия, для специалистов показались странными. Последствия контакта с обычным ОУ вряд ли могли проявиться так быстро и в таких масштабах. Подобные признаки возможны либо в случае присутствия примесей других изотопов, либо в результате образования продуктов взрыва, воздействие которых на человека остается неизвестным. В результате интерес к биологическим эффектам обедненного урана и продуктов взрыва значительно вырос. Опубликованные результаты медико-биологических исследований пока не прояснили причины СПЗ и БС, но позволяют предполагать связь между загрязнением территорий продуктами взрывов и развитием заболеваний у военных и населения. Нерешенность проблемы сохранила ее актуальность, что и послужило предпосылками к выбору темы исследования.

## **Материал и методы**

Материалом для исследования послужили открытые научные источники медицинской и биологической информации по проблеме. Используются базы данных ВИНТИ РАН (Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук) On-line, Web ИРБИС, электронный каталог БАН РАН (Библиотека Российской академии наук).

Методом исследования является информационный поиск и анализ научно-экспериментальных данных:

– о свойствах ОУ и воздействии природного и ОУ на живые организмы в ранний и отдаленный период после контакта;

– о заболеваниях миротворческих военнослужащих и военных, принимавших участие в войне на Балканах и заболеваниях населения, проживающего на пострадавших территориях;

– о загрязнении почвы, грунтовых вод и растений в районах применения оружия с ОУ;  
 – мнения и взгляды известных ученых (радиологов, онкологов, химиков, биологов) на возможную связь масштабного применения боеприпасов с ОУ с заболеваниями военнослужащих и населения, проживающего на пострадавших территориях.

### Результаты исследования

Обедненный уран (depleted uranium), впервые ОУ был получен в 1940 г. как побочный продукт обогащения природного урана, который в настоящее время получают в больших количествах при выполнении ядерных программ [10, 11]. ОУ является побочным продуктом технологического процесса изготовления топлива для некоторых типов ядерных реакторов и материалов для ядерного оружия. Природный уран непригоден для использования на АЭС, поскольку содержит всего 0,7 % расщепляющегося  $^{235}\text{U}$ . При изготовлении топлива для АЭС и материалов для ядерного оружия природный уран обогащают до определенного содержания в нем  $^{235}\text{U}$  (для разного типа АЭС достаточно от 3 до 20 %). Изотопы урана не различаются по химическим свойствам, для обогащения используют разницу в массе [11].

Смесь, остающаяся после удаления обогащенного урана, называют ОУ, поскольку в ней содержится уменьшенное количество изотопов  $^{235}\text{U}$  и  $^{234}\text{U}$ . ОУ на 60 % менее радиоактивен, чем природный уран, но в химическом отношении он ведет себя так же, как природный уран. Доза внешнего облучения от ОУ составляет около половины той, что дает природный уран такой же массы, и с этой точки зрения он не опасен для человека. Изотопы природного и ОУ приведены в табл. 1.

Таблица 1. Изотопы в естественном и ОУ

Изотоп	Период полураспада, лет	Удельная активность	Концентрация, Ки/г	Весовой процент
$^{234}\text{U}$	$2,46 \cdot 10^5$	$6,22 \cdot 10^{-3}$	0,0054	0,0007
$^{235}\text{U}$	$7,04 \cdot 10^8$	$2,16 \cdot 10^{-6}$	0,711	0,2
$^{236}\text{U}$	$2,34 \cdot 10^7$	$6,47 \cdot 10^{-5}$	–	–
$^{238}\text{U}$	$4,47 \cdot 10^9$		99,28	99,8
Природный U	–	$6,85 \cdot 10^{-7}$	–	–
Обедненный U	–	$3,85 \cdot 10^{-7}$	–	–

После отработки реакторного топлива из него извлекают плутоний, и остается реакторный ОУ – смесь активно распадающихся радиоактивных изотопов, среди которых обязательно присутствуют изотопы  $^{232}\text{U}$  и  $^{236}\text{U}$ . Активность реакторного урана в сотни и тысячи раз больше, чем природного.

Химическая токсичность природного урана была признана более двухсот лет назад, о радиационной опасности изотопов урана, определяющей при внутреннем загрязнении организма антирепродуктивные, канцерогенные и мутагенные свойства, стало известно с начала ядерной эры. Но в составе ОУ не должно быть примесей высокоактивных изотопов (например,  $^{235}\text{U}$ ), что делает его радиационно не опасным продуктом.

Долгое время ОУ был малополезен из-за низкой экономической ценности, но сегодня ОУ популярен вследствие его высокой плотности и большого сечения захвата нейтронов. ОУ используется для производства хвостового оперения Боингов, в качестве противовесов в самолетах, ракетах, в киях яхт и даже в лифтах. Со второй половины XX в. ОУ стали использовать при изготовлении брони танков и высокоэффективных бронебойных снарядов. Урановые подкалиберные снаряды (боеприпасы, диаметр боевой части которых меньше диаметра ствола) применяются в основном для увеличения начальной скорости боеприпасов.

Чаще всего используются для борьбы с бронированными целями, приняты на вооружение в большинстве танкостроительных держав, но в отличие от других стран, армия США не имеет сегодня других подкалиберных снарядов, кроме урановых. Остальные страны используют в мирное время боеприпасы из вольфрама и хранят запасы урановых снарядов на случай «большой войны». Во всех локальных конфликтах последнего времени США, несмотря на недостаточность сведений об отдаленных медицинских последствиях продуктов, образующихся при взрывах, использовали урановые снаряды (рис. 1). Во время операции «Буря в пустыне» сухопутные войска США израсходовали 9 552 танковых и 1,7 млн малокалиберных урановых снарядов, оставив на иракской и кувейтской земле больше 200 т ОУ [4, 12].

Как упоминалось выше, общественность воспринимает «уран» только в связи с продуктами ядерного деления. В действительности преимущества ОУ как материала бронебойных сердечников лежат в совершенно неядерной области. ОУ практически не радиоактивен, а его физические свойства обеспечивают «самозатачивание» снаряда при прохождении через броню, он не расплющивается и не тормозится. Благодаря пирофорности и токсичности урана при пробитии брони остатки уранового сердечника вспыхивают, создают пожар внутри танка и наполняют боевое отделение токсичными газами. Отличное заброневое действие, большие запасы ОУ и его дешевизна по сравнению с вольфрамом делают отказ от применения его в боеприпасах маловероятным.



Рис. 1. Снаряды с ОУ, которые использовали в Косово  
(фото А. Бляйзе / МАГАТЭ)

### **«Взрывные» продукты снарядов с ОУ и их биологические эффекты**

В доступной научной литературе данные о физических закономерностях, сопутствующих боевому использованию боеприпасов с ОУ, незначительны. Известно, что после взрыва снаряда с ОУ около 70 % его превращается в пыль с частицами не больше 5 микрон. На рис. 2 приведено изображение частиц ОУ, полученное с помощью сканирующего электронного микроскопа, оборудованного энергодисперсионным рентгеновским флюоресцентным детектором.

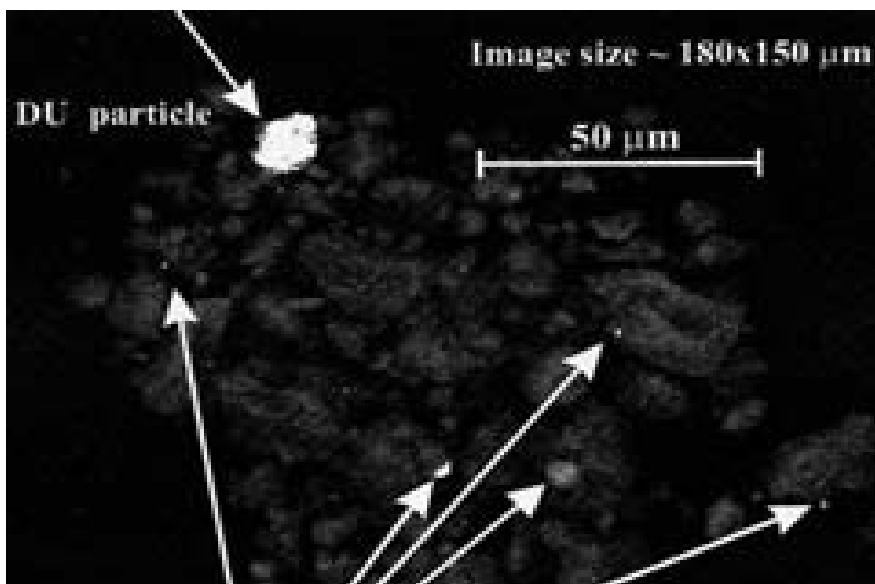


Рис. 2. Изображение частиц ОУ (светлые участки), полученные сканирующим электронным микроскопом (фото П. Данези / МАГАТЭ)

Принимая во внимание, с одной стороны, данные о токсичности ОУ, полученные в экспериментах, и, с другой стороны, тонны урановой пыли после взрывов снарядов с ОУ, несмотря на малую радиоактивность, логично предполагать, что при попадании нерастворимых токсичных частиц в дыхательные пути человека накопление и длительное их пребывание в тканях опасно для здоровья. В связи с этим представляется неправомерным отрицать риск негативного влияния образующейся при взрывах пыли ОУ на здоровье человека, в том числе канцерогенный и тератогенный риск.

В результате применения боеприпасов с ОУ в песках Ирака было рассеяно более 3 т урановой пыли. В общей сложности в военных конфликтах в Ираке и в Югославии США использовали около 900 тыс. боеприпасов, суммарная масса ОУ которых составляет 300 т. Перечисленные факты делают правомерными рассмотрение продуктов, образующихся при использовании боеприпасов с ОУ в качестве экологически опасных факторов [13, 14].

После окончания военных действий в СМИ появились сообщения о заболевании военнослужащих, воевавших в Персидском заливе, лейкемией и другими онкологическими заболеваниями и о случаях рождения неполноценных детей в семьях ветеранов и у населения, пострадавшего от обстрела территорий. Ряд экспертов-экологов, правозащитников и политиков уверены в том, что применение боеприпасов с ОУ вызывает радиоактивное заражение местности с последующей инициацией онкологических и наследственных заболеваний. Такая уверенность не поддерживается специалистами, поскольку ОУ практически не радиоактивен. Активность 3 т пыли, рассеянной в песках Ирака, составляет примерно 1 МБк, что в 1 млн раз меньше, чем ежегодно дает угольная электростанция. В то же время попадание токсичной урановой пыли и аэрозолей в организм человека при взрывах и накопление нерастворимых частиц в тканях допускают возможность развития патологических изменений. Согласно данным обследования 160 военнослужащих НАТО, которые попали под обстрел или были ранены урановыми осколками, спустя 8 лет после окончания войны содержание ОУ в организме ветеранов этой группы оказалось в 100 раз выше, чем у необстрелянных [7]. По мнению автора, длительное пребывание в тканях организма альфа-излучающих радионуклидов даже с очень незначительной активностью может стать причиной местного воспаления и привести к развитию опухоли. В медицине считается нормой 13,2 случаев заболевания лейкемией на 100 тыс. жителей. В 100-тысячной натовской группировке на Балканах наблюдалось до 20 смертельных случаев и до 50 заболевших. И это не просто среднестатистические 100 тыс., а молодые мужчины, которые регулярно проходили медицинское обследование.

Химические свойства изотопов урана одинаковы, и, являясь химически активными элементами, они образуют большое число легко- и труднорастворимых соединений, обладающих токсическим эффектом [10, 11]. Выраженность эффекта находится в прямой связи с растворимостью его соединений, что в одинаковой мере проявляется при любом пути поступления его в организм. Попадая внутрь организма через желудочно-кишечный тракт или ингаляционным путем, растворимые соединения урана всасываются в кровь и разносятся по органам, но депонируются главным образом в почках, которые в ранние сроки поступления урана являются критическим органом. При длительном поступлении в организм уран может задерживаться в костной ткани. Но при использовании оружия с ОУ растворимые соединения урана не образуются, а в воде уран почти нерастворим. Выведение из организма человека и животных труднорастворимых соединений (четырёхфтористого урана, двуокиси урана, окиси – закиси урана) происходит очень медленно – в течение нескольких лет с двумя периодами полувыведения в 120 и 360 сут 86 % урана, задержанного во всем организме, откладывается в костях, 6,5 % – в почках. Химическая токсичность урана и его соединений близка к токсичности ртути или мышьяка и их соединений. Острая и хроническая урановая интоксикация характеризуются политропным действием урана на различные органы и системы организма [15]. Данные лабораторных исследований головного мозга крыс и изменения в их поведении в разное время после введения взрослым животным ОУ выявили связь нарушений в поведении животных с накоплением ОУ в некоторых отделах мозга [16]. Это позволило сделать вывод о нейротоксичности ОУ. Установлено, что длительность поступления ОУ и его распределение в органах и тканях человека зависит от путей поступления в организм: при ингаляционном поступлении уран накапливается в легких, при пероральном – в костях и печени [17]. В эксперименте на животных однократная инкорпорация ОУ вызывала нарушение метаболизма структурных образований органов-мишеней, которые взаимоотношались друг друга на фоне токсического воздействия ОУ, формируя полиорганный эффект поражения [18]. Однократное введение внутрь организма водных растворов ОУ сопровождалось морфофункциональными изменениями в целом ряде органов, включая органы желудочно-кишечного тракта, эндокринные железы и головной мозг, что подтверждает полиорганный эффект ОУ и позволяет предполагать возможную связь развивающихся изменений с причинными поведенческими реакциями [19–25]. Полиорганный эффект ОУ подтверждают и данные исследования аккумуляции ОУ в органах крыс после имплантации фрагментов с ОУ [26]. Во время военных действий наибольшая опасность ОУ связана с его попаданием в организм через органы дыхания с мелкодисперсной пылью, и особенно с аэрозолями. В 1999 г. вышла 82-я публикация Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ) «Анализ окружающей среды после конфликта». В ней приведены методы оценки возможных доз внешнего облучения на пострадавших территориях, результаты которых не превышают безопасных показателей, допустимых по современным нормам радиационной безопасности. Основным источником внешнего облучения может быть обращение с боеприпасами из ОУ или с их фрагментами, а также проживание и передвижения в районах, загрязненных ОУ. Опасность несет внутреннее облучение в результате вдыхания мелких аэрозолей ОУ, возникающих при пожарах или при ударе боеприпаса о цель. Наибольшему риску внешнего облучения подвергаются лица, занятые расчисткой территорий из-за прямого и длительного контакта с обломками ОУ. Внутреннее облучение может произойти в результате вдыхания мелкодисперсных аэрозолей, попадания пыли в пищу или длительного нахождения осколков в теле. Риску подвергаются военные при нахождении в транспортных средствах, пораженных боеприпасами и персонал, вовлеченный в спасательные, ремонтные и очистительные работы. Среди населения могли пострадать лица, которые собирали обломки снарядов и техники на сувениры. Объективной информации о количестве людей, пострадавших от ОУ, нет, поскольку дозиметрических измерений не проводилось.

Появление сообщений о признаках лучевого воздействия у военнослужащих, участвующих в боевых действиях на Балканах, было воспринято специалистами неоднозначно. ОУ практически не радиоактивен, а на открытой местности концентрация пыли снижается такими факторами, как ветер, конвективные процессы и т.д. Лошадкин Н.А. и соавторы в статье «Случаи массовых заболеваний «неясной этиологии»: токсикологические аспекты. Роль малых доз физиологически активных веществ» [27] рассматривают часто обсуждаемые причины ВС – Балканского и синдрома Персидского залива – к которым относят пестициды, прививки, антитоксические препараты, паразиты, и т.д. По их мнению, многофакторный комплекс низких уровней физических и сверхмалых концентраций химических веществ в среде во время военных действий может быть причиной развития массовых заболеваний неясной этиологии. Авторы разделяют точку зрения исследователей США о возможном потенцирующем эффекте, который проявляется в комплексе факторов сверхмалой концентрации и объясняет необычный комплекс симптомов, и неубедительным считают длительное воздействие паров зарина и иприта при высоких температурах и больших скоростях испарения жидкостей в пустыне. Вопрос о комбинированном, комплексном и сочетанном действии малых концентраций токсикантов с другими неблагоприятными для здоровья факторами практически не изучен.

Во время военных действий на каждой войне складывается экологически неблагоприятная среда с множеством опасных и вредных факторов в неожиданном их сочетании. Одним из таких факторов является мелкодисперсная пыль из ОУ. Естественно, она не влияет на радиационный фон, который измеряла служба радиационной химической биологической разведки (РХБР) (подразделение службы РХБЗ), поскольку ОУ не является гамма-излучателем, он является альфа-излучающим. Удельная активность ОУ, как видно из табл. 1, значительно ниже, чем у природного урана, и альфа-излучение не опасно для человека при внешнем облучении. Приборы РХБР не предназначены для регистрации альфа-частиц, тем более при низкой активности источника. Но при взрывах образуются мелкодисперсные аэрозоли, обладающие высокой степенью токсичности, которые могут сорбироваться на частичках продуктов горения нефти и в «концентрированном» виде поступать в организм через органы дыхания [27]. Оседая в тканях организма, они, по мнению авторов, могут быть причиной лейкозов. Косвенным подтверждением такой ситуации является отсутствие случаев лейкемии у военнослужащих в Хорватии, где боеприпасы с ОУ не применялись.

Что касается причин возрастания случаев врожденных заболеваний среди населения, подвергнувшегося бомбардировкам, представляют интерес исследования последних лет по изучению содержания ОУ и тяжелых металлов в волосах женщин, родивших детей с врожденными дефектами [28]. Определено, что волосы женщин в г. Фаллудже (Ирак) содержали значительно большее количество ОУ, чем волосы женщин из регионов, не подвергнутых бомбардировкам снарядами с ОУ. Авторы статьи с осторожностью предполагают влияние накопленного в организме женщин ОУ на развитие врожденных патологий детей, не исключая роли и повышенного уровня целого ряда других тяжелых металлов.

### **Этиология заболеваний, вызванных применением оружия с ОУ**

После окончания военных действий в Югославии международные комиссии проводили обследование территорий не только на местах боевых действий, но и на значительном расстоянии от них. Было обнаружено загрязнение почвы, растительности, водоемов и рек бассейна Дуная продуктами горения нефти, трансформаторных масел, хлорорганическими соединениями, соединениями ртути, кадмия, свинца и другими токсичными веществами. Полиморфность загрязнителей является аргументом в пользу предположений связи СПЗ и ВС с комплексным и комбинированным воздействием разных



факторов, неблагоприятных для здоровья военных. В качестве «носителей» радионуклидов и токсичных веществ могут выступать также частицы аэрозолей, образующиеся при применении «графитовых» боеприпасов, которые армии НАТО применяли для выведения из строя сетей электроснабжения. В Югославии боеприпасы применялись в авиационном варианте, бомбардировкам подверглись обширные площади, а 15 т ОУ, сброшенные на Югославию, превратились в пыль, разнесенную ветром по всем Балканам, загрязнив почву, воздух, растения и животных. Полные сведения о применении авиационных бомб с ОУ представлены в публикации «How the Pentagon Radiates Soldiers & Civilians with DU-Weapons Paperback» [29].

В 2008 г. в США вышел отчет Научно-консультативного комитета по болезням ветеранов войны в Персидском заливе, в котором приведены данные наблюдений за 697 тыс. ветеранов США, Великобритании, Австралии и Дании [30]. В табл. 2, 3 в процентном выражении дано повышение частоты случаев тех или иных симптомов у военнослужащих разных стран, принимавших участие в боевых действиях, и повышение частоты заболеваний в группах ветеранов. Вновь рассматривается весь комплекс негативных факторов, которые могут быть причиной развития синдрома. Наибольшее число случаев синдрома у ветеранов США объясняют возможным комбинированным действием ФОС-пестицидов и антидота, которые американские военнослужащие принимали против ОВ нервнопаралитического действия. Пестицидами пропитывали палатки и обмундирование, антидоты принимали в достаточно больших дозах. В качестве аргумента в пользу такого вывода приводят результаты экспериментов на крысах. Было установлено, что одновременное введение этих препаратов в организм экспериментальных животных снижает антихолинэстеразную активность в нервной ткани, что может быть причиной развития полиневритов, которые развивались у ветеранов войны. В публикации приведены противоположные мнения о ведущей роли ОУ, они уравновешены – половина исследователей уверена, что ОУ является основным этиологическим фактором развития синдрома Персидского залива, другая половина отрицает такой вывод. Однозначных мнений нет, как нет и конкретных подтверждений.

Таблица 2. Повышение числа случаев проявления основных симптомов ВС у военнослужащих, принимавших участие в боевых действиях с применением боеприпасов, содержащих ОУ, %

Симптом	США	Великобритания	Австралия	Дания
Утомляемость	23 %	23 %	10 %	16 %
Головная боль	17 %	18 %	7 %	13 %
Проблемы с памятью	32 %	28 %	12 %	23 %
Мышечная боль	18 %	17 %	5 %	2 % (<2 %)
Диарея	16 %	–	9 %	13 %
Диспепсия	12 %	–	5 %	9 %
Неврологические проблемы	16 %	–	8 %	12 %
Терминальные опухоли	33 %	–	9 %	11 %

Таблица 3. Возрастание числа заболеваний в группах ветеранов, %

Проблемы	США	Великобритания	Канада	Австралия
Проблемы с кожей	–	21 %	–	4 %
Проблемы Артрита/соединения	–	10 %	–	2 %
Желудочно-кишечные проблемы	–	–	–	1 %
Дыхательная проблема	–	2 %	–	1 %
Хронический синдром усталости	–	3 %	–	0 %
Проблемы с позвоночником	–	9 %	–	3 %
Хроническая болезнь multi-симптома	–	26 %	–	–

Однако работы последних лет, результаты которых приведены ранее, не позволяют так однозначно признать СПЗ результатом воздействия только одного определенного фактора, но и полностью отрицать причастность урановой пыли к развитию СПЗ пока рано. Вполне вероятно, что канцерогенное и тератогенное действие наночастиц керамических оксидов урана (менее 1 микрометра в диаметре), которые попадают в организм при вдыхании взрывной пыли, связано с их транслокацией в лимфатическую систему, где часть из них может задержаться на десятки лет. В экспериментах на животных при ингаляционном воздействии урана четко наблюдалась обширная патология различных органов и систем, в том числе и угнетение костного мозга [11, 15]. Но это относится к отдаленным последствиям, которые пока еще недостаточно изучены. Негативное воздействие ОУ стало проявляться у пострадавшего населения спустя 5–10 лет после военной агрессии. Неизвестно, какие отдаленные последствия войны возможны в последующие годы.

### **Экологические последствия**

Под эгидой МАГАТЭ в рамках реализации Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП) было создано несколько комиссий для анализа сложившейся экологической ситуации на пострадавших от бомбежек территориях Югославии. Отчеты о проделанной работе представлены в докладах и публикациях МАГАТЭ и МКРЗ [3]. В докладе ЮНЕП «Обедненный уран в Косово» группа международных экспертов в составе представителей МАГАТЭ и ряда национальных исследовательских учреждений Финляндии, Швеции, Норвегии, России и других стран осенью 2001 г. провела исследования в районах Сербии и Черногории, которые в 1999 г. подверглись бомбардировкам. Фрагменты авиационных бомб или частицы ОУ были обнаружены в пяти районах из шести. Власти Сербии и Черногории получили рекомендации о необходимости учесть потенциальный риск при проведении в загрязненном районе каких-либо земляных и строительных работ, а также соблюдать меры предосторожности при удалении или сжигании растений. Работа группы позволила выявить ряд точек загрязнения и установить, что значимый риск возникает только в случае непосредственного контакта с загрязненной точкой с последующим загрязнением рук и появлением риска переноса в рот или непосредственного попадания загрязненной почвы в организм через пищеварительную систему. Исследователи сделали вывод, что загрязнение поверхности почвы ОУ удастся обнаружить лишь в радиусе нескольких метров от мест нахождения бронебойных снарядов и в локализованных точках концентрированного загрязнения, образовавшегося при попадании таких снарядов в цель. Были даны рекомендации применять профилактический подход к определению мест, в которых может оставаться ОУ, и к оценке необходимости очистки территории. Превышения допустимых международных норм, характеризующих степень радиоактивного или токсичного заражения, эксперты МАГАТЭ не обнаружили. Вместе с тем в докладе отметили возможное загрязнение воды в долгосрочной перспективе вследствие коррозии урановых сердечников, остающихся в земле. «Пробойники», найденные экспертами, по причине коррозии уже потеряли 10–15 % своей массы. Процесс коррозии ОУ проходит намного быстрее, чем природного, и мобильность его частиц намного выше, поэтому он представляет опасность окружающей среде.

Загрязнение почвы и растений допускает возможность поступления в организм человека токсичных соединений урана с пищей. Результаты исследований, посвященных транслокации урана из почвы в растения, опубликованы в ряде работ отечественных исследователей [31–34]. Уран относится к элементам с «барьерным» типом поглощения корневыми системами растений, максимальное его количество накапливается в корнях. Переход урана из почвы в растения следует принимать во внимание при ведении сельского хозяйства на загрязненных участках территорий.

При всех войнах военнослужащие подвергались воздействию опасных и вредных факторов среды на территории боевых действий, спектр и сочетание которых менялись в связи с внедрением в военную сферу новых технологий, материалов, техники, оружия.

В связи с этим изменялись и медицинские последствия войн, прежде всего ВС. Несмотря на многочисленные исследования, посвященные выяснению причин ВС, они остаются неясными. Многофакторность, разнообразие сочетаний и комбинаций поражающих факторов, климатических условий, физического и психологического состояния препятствуют выяснению конкретных этиологических факторов ВС. Это относится и к ВС современных войн.

Актуализация проблемы ВС произошла после военных действий в Югославии, когда в натовских войсках, принимавших участие в войне на Балканах, появилось массовое заболевание, во многом похожее на СПЗ и вошедшее в историю как Балканский синдром. Отличие состояло в том, что у части заболевших быстро развивалась лейкемия. Но низкая удельная активность ОУ, которая значительно меньше, чем у природного урана, не предполагает, что его попадание в организм человека может вызвать такое быстрое поражение кроветворной системы. В то же время токсичность пыли из ОУ исключить нельзя, тем более в таком количестве, которое появлялось в результате массированных бомбежек территорий Югославии. Экспериментальные исследования ряда авторов выявили полиорганное накопление ОУ при введении его в организм крыс, что привело к патологическим изменениям в тканях. Однако этих данных недостаточно для конкретных выводов о роли ОУ в развитии как СПЗ, так и БС. Моделировать сложные и непредсказуемые условия среды, в которых идут военные действия, невозможно. Не изучены комплексы и сочетания химических, физических, климатических факторов, и невозможно в эксперименте на животных учесть вклад психологических факторов. В результате конкретных доказательств ведущей роли ОУ в развитии ВС и росте заболеваний среди населения пострадавших территорий пока нет.

На основании проведенного исследования можно заключить, что опасность применения оружия с ОУ для здоровья военнослужащих, населения и природы остается сложной, нерешенной актуальной медико-биологической, экологической, социальной и правовой проблемой, решение которой требует изучения отдаленных последствий и организации эпидемиологических исследований.

### **Литература**

1. Белоус Д.А. Радиация, биосфера, технология. СПб.: ДЕАН, 2004. 448 с.
2. Василенко И.Я., Василенко О.И. Медицинские проблемы техногенного загрязнения окружающей среды // Гигиена и санитария. 2006. № 1. С. 22–25.
3. Обедненный уран. Фактологический бюллетень Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ). 2001. № 257. Янв. URL: <http://www.strana-rosatom.ru/pdf/rsa95regions.pdf> (дата обращения: 11.12.2014).
4. Фофанов В. Урановые боеприпасы: снаряды // Популярная механика. 2003. № 10. С. 78–81.
5. Rhodes R. The Making of the Atomic Bomb. New York: Published by Simon & Schuster Inc., 1986. 886 p.
6. Hyams K.C., Wignall F.S., Roswell R. War Syndromes and Their Evaluation: From the U.S. Civil War to the Persian Gulf War // Ann. Intern. Med. 1996. Vol. 125. P. 398–405.
7. Durakovic A. On depleted uranium: Gulf War and Balkan Syndrome // Croat. Med. J. 2001. Vol. 42. № 2. P. 130–134.
8. Gulf War and Health // National Academy of Sciences (NAS). 2013. Vol. 1–9. URL: <http://www.publichealth.va.gov/exposures/gulfwar/reports/instituteofmedicine.asp> (дата обращения: 11.12.2014).
9. Gulf War and Health Volume 1. Depleted Uranium, Sarin, Pyridostigmine Bromide, Vaccines / Eds.: C.E. Fulco, C.T. Liverman, H.C. Sox. Washington: The National Academies Press, 2000. 380 P.
10. Бекман И.Н. Уран. М.: Изд-во МГУ, 2009. 300 с.
11. Тураев Н.С., Жерин И.И. Химия и технология урана. М.: ЦНИИАТОМИНФОРМ, 2005. 407 с.

12. Растопшин М. Материал «Б» // Онлайн библиотека PLAM.RU. URL: [http://www.plam.ru/transportavi/tehnika\\_i\\_vooruzhenie\\_2002\\_05/p4.php](http://www.plam.ru/transportavi/tehnika_i_vooruzhenie_2002_05/p4.php) (дата обращения: 16.10.2014).
13. Ушаков И.Б., Березин Г.И., Зуев В.Г. Обедненный уран: радиационные и экологические аспекты безопасности // Воен.-мед. журн. 2003. Т. 324. № 4. С. 56–59.
14. Бова А.А., Борисов В.М., Нагорнов И.В. Медицинские последствия использования обедненного урана в боеприпасах // Военная медицина. 2001. № 2. С. 111–112.
15. Журавлев В.Ф. Токсикология радиоактивных веществ. М.: Энергоатомиздат, 1990. 336 с.
16. Briner W. The toxicity of depleted uranium // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2010. Vol. 7. № 1. P. 303–313.
17. Мордашова В.В. Длительность поступления урана и его распределение в органах и тканях человека в зависимости от путей поступления // Мед. радиология и радиац. безопасность. 2004. Т. 49. № 2. С. 5–12.
18. Полиорганный эффект обедненного урана в эксперименте / З.А. Воронцова [и др.] // Вестн. новых мед. технологий. 2012. Т. XIX. № 2. С. 397–399.
19. Афанасьев Р.В., Зуев В.Г. Фосфатазная активность тканей органов пищеварения при инкорпорации обедненного урана и ее связь с причинными поведенческими реакциями // Воен.-мед. журн. 2010. Т. 331. № 2. С. 75–76.
20. Изменение клеточного состава периферической крови при однократной инкорпорации обедненного урана в эксперименте / Р.В. Афанасьев [и др.] // Воен.-мед. журн. 2012. Т. 333. № 2. С. 65–67.
21. Сравнительная характеристика отделов пищеварительной системы при инкорпорации обедненного урана / З.А. Воронцова [и др.] // Вестн. новых мед. технологий. 2010. Т. XVII. № 2. С. 50–51.
22. Воронцова З.А., Гуреев А.С. Биоэффекты экзокринной и эндокринной паренхимы органов на обедненный уран // Здоровье и образование в XXI веке. 2013. Т. 15. № 1/4. С. 250–252.
23. Набродов Г.М. Морфофункциональная характеристика печени в условиях отдаленных последствий однократного перорального введения обедненного урана : автореф. дис. ... канд. мед. наук. Волгоград, 2011. 19 с.
24. Проскуракова Е.Е. Морфофункциональное состояние слизистой оболочки тощей и толстой кишки при однократном пероральном введении водного раствора обедненного урана : автореф. дис. ... канд. мед. наук. Волгоград, 2010. 24 с.
25. Степанов Д.С., Воронцова З.А. Морфофункциональное состояние щитовидной железы после однократного перорального введения смешанного оксида обедненного урана в эксперименте // Вестн. новых мед. технологий. 2010. Т. XVII. № 2. С. 52–57.
26. Zhu G. Accumulation and distribution of uranium in rats after implantation with depleted uranium fragments // J. Radiat. Res. 2009. Vol. 50. № 3. P. 183–192.
27. Случаи массовых заболеваний «неясной этиологии»: токсикологические аспекты. Роль малых доз физиологически активных веществ / Н.А. Лошадкин [и др.] // Рос. хим. журн. (Журн. Рос. хим. о-ва им. Д.И. Менделеева). 2002. Т. XLVI. № 6. С. 46–57.
28. Uranium and other contaminants in hair from the parents of children with congenital anomalies in Fallujah, Iraq / S. Alaani [et al.] // Conflict and Health. 2011. 5: 15. URL: <http://www.conflictandhealth.com/content/5/1/15> (дата обращения: 02.10.2014).
29. How the Pentagon Radiates Soldiers & Civilians with DU-Weapons Paperback // Metal of Dishonor – Depleted Uranium. 2005. January 30.
30. What is Gulf War Syndrome? // News Medical. URL: <http://www.news-medical.net/health/What-is-Gulf-War-Syndrome.aspx> (дата обращения: 19.12.2014).

31. Действие обедненного урана на сельскохозяйственные культуры / А.А. Касьяненко [и др.] // Актуальные проблемы экологии и природопользования: сб. науч. тр. М.: Изд-во РУДН, 2004. Вып. 6. Ч. 2. С. 168–171.
32. Кулиева Г.А. Транслокация урана-238 из почвы в растения (на примере ячменя): автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2004. 24 с.
33. Сельскохозяйственные растения, как биологические аккумуляторы обедненного урана / Г.А. Кулиева [и др.] // Актуальные проблемы экологии и природопользования: сб. науч. тр. М.: Изд-во РУДН, 2007. Вып. 9. Ч. 2. С. 4–9.
34. Поведение  $^{238}\text{U}$  в системе почва-растение / А.Н. Ратников [и др.] // Агроэкологическая безопасность в условиях техногенеза: сб. науч. тр. Междунар. симпоз. Казань, 2006. С. 307–311.