

*Д.В. Вдовенко, И.А. Воднева*  
**НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПОСЛЕДСТВИЙ ПОРАЖАЮЩЕГО  
ДЕЙСТВИЯ БОЕПРИПАСОВ С ОБЕДНЕННЫМ УРАНОМ**

*Научные руководители: ст. преп. С.М. Лебедев,  
канд. мед. наук, доц. К.В. Мощик  
Кафедра военной эпидемиологии и военной гигиены  
Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск*

*D.V. Vdovenko, I.A. Vodneva*  
**SOME ASPECTS OF THE EFFECTS OF THE STRIKING  
ACTIONS OF DEPLETED URANIUM AMMUNITION**

*Tutors: senior lecturer S.M. Lebedev,  
associate professor K.V. Moschik  
Department of Military Epidemiology and Military Hygiene  
Belarusian State Medical University, Minsk*

**Резюме.** Представлена сравнительная радиационная опасность различных путей воздействия радионуклидов на организм человека. Изучены и проанализированы возможные медицинские последствия применения боеприпасов с обедненным ураном.

**Ключевые слова:** боеприпасы с обедненным ураном, радиационное воздействие.

**Resume.** The comparative radiation hazard of various ways of exposure of radionuclides to the human body is presented. The possible medical consequences of the use of depleted uranium ammunition have been studied and analyzed.

**Keywords:** depleted uranium munitions, radiation exposure.

**Актуальность.** За последние годы в условиях стремительного развития военной индустрии средства вооружения не обеспечивают биологическую, химическую и радиационную безопасность населения. В частности, широкое распространение получило использование боеприпасов, содержащих радиоактивные либо токсичные элементы, как обедненный уран, обладающие мутагенным и канцерогенным действием. Подобные боеприпасы использовались в Югославии, Ираке, Сербии, Боснии и Герцеговине. Перспективы применения данного вида оружия в условиях проведения специальной военной операции обуславливают актуальность рассмотрения особенностей медико-экологических последствий его использования.

**Цель:** изучить и проанализировать последствия поражающего действия обедненного урана на организм человека.

**Задачи:**

1. Дать характеристику обедненного урана и представить направления его использования.
2. Рассмотреть показатели, определяющие вид и характер радиационной патологии, после применения боеприпасов с обедненным ураном.
3. Установить потенциальные последствия поражающего действия обедненного урана на организм человека.

**Материалы и методы.** Для исследования были использованы отечественные и зарубежные литературные источники с последующим применением элементов системного анализа и обобщения результатов научной информации.

**Результаты и их обсуждение.** Обедненный уран (далее – ОУ) представляет побочный продукт, получаемый в процессе изготовления топлива для некоторых типов ядерных реакторов и материалов ядерного оружия. В ходе их изготовления природный уран (U) обогащают, увеличивая содержание в нем изотопа U-235, обеспечивающего ядерное деление. Смесь, остающаяся после удаления обогащенного урана, получила название обедненный уран, поскольку в ней содержатся уменьшенные количества изотопов U-235 и U-234 [1].

Известно, что ОУ на 60% менее радиоактивен, чем природный уран, имеет высокую плотность, позволяющую его использовать в различных сферах:

- в авиации и судостроении – в качестве противовесов на самолетах, ступенях ракет, в киях парусников;
- в медицине – защита при лучевой терапии (кобальтовая пушка), составная часть стоматологического фарфора;
- в атомной энергетике – составная часть МОХ-топлива, защита от радиоактивных материалов;
- в промышленности и радиологии – защита от радиоактивных материалов;
- в военной сфере – для производства снарядов и брони.

Основопологающим фактором обедненного урана, определяющим эффекты радиационного воздействия на человека, является поглощенная доза облучения и мощность дозы излучения. Для прогнозов возможных эффектов важным показателем, например, при внешнем облучении имеет характер облучения человека: общий, тотальный или локальный. Применительно к внутреннему облучению определяющую роль играют особенности распределения и обмена в организме конкретного радионуклида: его органотропность, эффективный период полувыведения из организма, ядерно-физические параметры, физико-химическое состояние [2].

Следует особо подчеркнуть, что именно величины, мощность дозы излучения и их временные параметры воздействия (от доли секунд до многих лет) определяют вид и характер радиационной патологии. В связи с этим различают острое и хроническое облучения, реализуемые в виде острых радиационных поражений человека (острая лучевая болезнь, местные лучевые поражения) и хронической лучевой болезни. В отдельный класс возможной патологии выделены отдаленные последствия облучения – злокачественные опухоли и наследственные заболевания, которые могут проявиться у людей, подвергшихся низкоинтенсивному облучению в малых дозах. Вероятность проявления отдаленных последствий облучения может составлять от долей процента до нескольких единиц в сравнении с их спонтанным уровнем. Необходимо учитывать, что указанные выше категории облученных лиц всегда строго персонифицированы, а отдаленные последствия воздействия ионизирующей радиации не могут быть заранее индивидуализированы, они спонтанны, поскольку имеют вероятностный стохастический характер и во многих случаях находятся в пределах естественной флуктуации уровней. На данное обстоятельство следует обращать особое внимание

медицинским работникам, которые ошибочно считают, что любое облучение практически всегда приводит к возникновению злокачественных опухолей и наследственных заболеваний, но их малая вероятность не принимается во внимание. Знание этих принципиально важных фактов играет большую роль в логистике и последовательности проведения мероприятий по защите людей, оказавшихся в зоне радиологического загрязнения и на последующих этапах эвакуации.

Опыт радиационной медицины и радиобиологии однозначно показывает, что, с точки зрения манифестации непосредственных медицинских эффектов и возможных безвозвратных потерь, определяющим фактором радиационного воздействия является внешнее (дистантное) гамма-нейтронное, гамма-, или гамма-бета-излучение в соответствующих поражающих поглощенных дозах облучения с высокой мощностью доз излучения. Если гамма-нейтронное излучение возможно только при применении ядерного оружия или самодельного ядерного устройства, то в радиологических террористических актах могут быть использованы гамма-, гамма-бета- или бета-излучатели, либо альфа- радиоактивные вещества [3].

Сравнительная опасность (биологическая эффективность) в зависимости от путей воздействия на организм в результате возможных радиологических террористических актов будет различна. После внешнего общего дистантного облучения второе место занимает внутреннее облучение за счет ингаляционного поступления радионуклидов в организм или, в случае их взрывного диспергирования, – через раны или ожоговые поверхности. В случае высоких плотностей радиоактивного загрязнения неповрежденных кожных покровов (что может стать причиной лучевых ожогов за счет жесткого бета-гамма-излучения) данный путь воздействия занимает третье место.

Пероральный путь поступления радиоактивных веществ в организм наименее значим или маловероятен в случае манифестационных актов радиологического терроризма. Последовательность сравнительной опасности радиационного поражения может изменяться в зависимости от преднамеренных действий эвентуального противника.

Основная потенциальная опасность обедненного урана заключается в его способности проникать через биологические барьеры, оказывая токсическое действие на различные ткани и органы человека [4, 5]. Анализ и систематизация обработанной информации позволили установить, что обедненный уран оказывает следующие влияния на системы организма человека:

1. Выделительная система. Освобождение урана из бикарбонатного комплекса сыворотки приводит к его связи с доступными фосфатами и белками, что вызывает повреждение проксимальных канальцев и, как следствие, повреждение клубочков. В результате нарушается работа почечно-гломерулярного фильтра; проявляется признаки нефротоксичности.

2. Дыхательная система. При вдыхании частицы урана достигают нижних дыхательных путей и подвергаются альвеолярной абсорбции. Как следствие активируется альвеолярно-макрофагальная система с развитием воспалительной реакции и вы-

свобождением большого количества свободных радикалов. В результате окислительного стресса, происходит изменение экспрессии генов, ингибирование натрий-зависимых систем транспорта фосфатов и глюкозы и развитие эмфиземы, фиброза.

3. Репродуктивная система. В экспериментах с лабораторными животными высокие дозы обедненного урана вызвали значительное снижение количества сперматозоидов. Проникая через плаценту, оказывается мутационное и тератогенное воздействие на плод, а накопления его в тканях иммунной системы приводит к возникновению аутоиммунных заболеваний. Происходящие мутации генов сопровождаются рождением потомства с психофизическими деформациями.

4. Нервная система. Обедненный уран проникает через гемато-энцефалический барьер, накапливается в головном мозге, преимущественно в гиппокампе, полосатом теле (при пероральном воздействии в результате употребления загрязненной воды или загрязненных продуктов питания), при воздействии пылевых частиц наиболее часто повреждается гиппокамп, кора больших полушарий, мозжечок, обонятельные луковицы. Это приводит к развитию нейроповеденческих нарушений, таких как: увеличение двигательной активности, проявляющееся судорогами и тремором, что связано с конкуренцией обедненного урана с кальцием в нервно-мышечном синапсе; нарушение цикла сна и бодрствования; снижение памяти и концентрации внимания, а также повышенная тревожность.

5. Эндокринная система. Воздействие частиц обедненного урана приводит к изменению экспрессии генов метаболизма холестерина, что влечет изменение липидов в головном мозге. Уран также увеличивает уровни некоторых белков, участвующих в метаболизме металлов, активен в отношении рецептора эстрогена, рецептора витамина D, изменяет активность ацетилхолина и серотонина, гистамина, простагландина и NO, влиет на уровень дофмина в головном мозге.

#### **Выводы:**

1. Применение боеприпасов с обедненным ураном вызывает негативное влияние на мочевыделительную, иммунную, дыхательную, репродуктивную системы человека, а также коррелирует с ростом онкологических и аутоиммунных заболеваний.

2. Данные имеющихся исследований позволяют полагать, что загрязнение окружающей среды обедненным ураном является причиной заболевания как населения, так и военнослужащих.

3. Оценка опасности применения боеприпасов, содержащих ОУ, для здоровья военнослужащих, населения и природы остается актуальной медико-биологической, экологической, социальной и правовой проблемой, решение которой требует изучения отдаленных последствий и организации длительного эпидемиологического мониторинга.

#### **Литература**

1. Бекман И. Н. Уран: учеб. пособие / И. Н. Беркман. – Москва, 2009. – 160 с.
2. Основы медицинской радиобиологии / Н.В. Бутомо, А.Н. Гребенюк, В.И. Легеза [и др.] ; под ред. И.Б. Ушакова. – СПб. : Фолиант, 2004. – 384 с.

3. Радиологический терроризм – от гипотетических предположений к современным реалиям / Л.А. Ильин, М.Н. Савкин, М.П. Гринев, М.И. Грачев // *Здравоохранение Рос. Федерации.* – 2008. – № 1. – С. 11–12.

4. Хиндин Р. Тератогенность паров обедненного урана: обзор с эпидемиологической точки зрения / Р. Хиндин, Д. Паниккар // *Здоровье окружающей среды.* – 2005. – №26. – С.22-24.

5. Briner W. The toxicity of depleted uranium / W. Briner // *Int J Environ Res Public Health.* – 2010. – Vol. 45, № 7. – P. 21-32.