

АКТУАЛЬНОСТЬ СВОЕВРЕМЕННОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЕДНЕННОГО УРАНА В ЦЕЛЯХ ПРОФИЛАКТИКИ СУБКЛИНИЧЕСКИХ ПОРАЖЕНИЙ

Копченова В.Е., Розенберг С.З., Механтьева Л.Е., Масалытин А.В.

Воронежский государственный медицинский университет имени

Н.Н. Бурденко,

Воронеж, Россия

Данная работа посвящена проблеме изучения своевременного обнаружения обедненного урана, его влиянию на организм с целью ранней профилактики субклинических поражений. Статья актуальна на момент проведения исследования в связи с возможным применением снарядов с ОУ в ходе СВО. В работе были проанализированы методы современного качественного и количественного обнаружения ОУ в лабораторных и полевых условиях. Авторы выделили системы органов, наиболее подверженные воздействию частиц ОУ, и заболевания, вызываемые им.

Ключевые слова: *обедненный уран; обнаружение урана; полевая химическая лаборатория; автоматизированные средства пробоподготовки; военный синдром; тубулярный некроз.*

THE RELEVANCE OF TIMELY DETECTION OF DEPLETED URANIUM IN ORDER TO PREVENT SUBCLINICAL LESIONS

Kopchenova V.E., Rozenberg S.Z., Mekhantyeve L.E., Masalytin A.V.

Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko,

Voronezh, Russia

This work is devoted to the problem of studying the timely detection of depleted uranium (DU), its effect on the body for the purpose of early prevention of subclinical lesions. The article is relevant at the time of the study in connection with the possible use of shells with DU during the SMO. The paper analyzed the methods of modern qualitative and quantitative detection of DU in laboratory and field conditions. The authors identified the organ systems most exposed to DU particles and the diseases caused by it.

Key words: *depleted uranium; uranium detection; field chemical laboratory; automated sample preparation tools; war syndrome; tubular necrosis.*

Обедненный уран (ОУ) – токсичный тяжелый радиоактивный металл с атомной массой 238,029, который представляет собой смесь трех изотопов: U^{238} (99,8%), U^{235} (0,2%) и U^{234} (0,001%). Он образуется после частичного удаления из природного урана изотопов U^{234} и U^{235} , что снижает его радиоактивность, по разным данным, на 40-60%. Период полураспада U^{238}

составляет 4,5 млрд лет, U^{235} – 0,713 млрд лет и U^{234} – 24,8 млн лет. Основное применение ОУ заключается в производстве сердечников для бронебойных снарядов и многослойной брони для танков [1,2].

В 1991 году в Ираке во время операции «Буря в пустыне» на территорию страны было выпущено 9552 танковых и 1,7 млн. малокалиберных снарядов с общей массой ОУ более 200 тонн [3]. По окончании военной операции кафедрой экологии и профессиональных заболеваний университета Стони-Брук США и Международным независимым центром исследований (UMRC) был проведен анализ почвы и воздуха, который показал превышение уровня радиации в 1000 – 1900 раз [4].

В ходе военных действий на территории бывшей Югославии, преимущественно Сербии, в 1999 году было использовано около 40 000 снарядов, в результате чего на страну сбросили более 15 тонн ОУ. По оценке ученых, данная пыль достигнет максимального пика радиоактивности лишь через 100 лет [5,6]. Снаряды с ОУ использовались на территории Ирака в 2003 г. ОУ способен распространяться на отдаленные территории за короткий промежуток времени, что подтверждено обнаружением его мельчайших частиц в фильтрах Англии спустя 7 – 9 дней после начала военной кампании, которая расположена на расстоянии 2400 миль от Ирака [7,8].

На данный момент поставки вооружения с ОУ осуществляются странами НАТО (США, Великобритания и др.) на Украину, что было подтверждено 12 сентября 2023 года Владимиром Владимировичем Путиным на Восточном экономическом форуме. Таким образом, в ходе Специальной Военной Операции по демилитаризации и денацификации Украины воздействию снарядов с ОУ могут подвергаться как военнотружущие российской армии, так и мирные жители присоединенных к территории РФ регионов и близлежащих областей, граничащих с ними [9].

Известно множество способов определения наличия радиоактивности изотопов урана. Эти методы подразделяются на качественные и количественные. К качественным методам относятся химический, люминесцентный, радиометрический и спектральный. К количественным – объемный, весовой, калориметрический, спектральный, активационный, полярографический и люминесцентный (последние два обладают значительной чувствительностью). Высокой точностью характеризуется масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС), для проведения которой необходимо произвести сбор пыли и аэрозолей на фильтры Петрянова. Эти фильтры, благодаря возможности озоления, позволяют эффективно удалить фильтрующий материал. Полученные минеральные остатки, содержащие неорганические вещества, составляют пыль и аэрозоли. Они переводятся в раствор путем растворения в азотной кислоте. Полученный таким образом раствор и используется для измерений на масс-спектрометре с ИСП [10].

Кроме того, был предложен усовершенствованный и более точный метод определения урана в образцах, основанный на масс-спектрометрии в комбинации с инструментальным нейтронно-активационным анализом с использованием тепловых нейтронов [11].

Ранее изложенные методы представляют сложности в применении, так как требуют участия высококвалифицированных специалистов и использования дорогостоящего аналитического оборудования в условиях лабораторий. В связи с этим актуальна разработка упрощенных экспресс-методов качественного обнаружения урана.

В последние годы в ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) активно разрабатывается и модернизируется портативная химическая экспресс-лаборатория модульного типа (ПХЛ МТ), которая состоит из трех модулей и позволяет определять наличие или отсутствие агрессивных химических веществ (АХВ) на поверхностях различных объектов. Модуль № 1 выполняет функцию обнаружения аэрозоля и капельно-жидких АХВ с использованием 4 типов АУ. Модуль № 2 предназначен для обнаружения соединений урана, состоит из 2 типов АУ. Первое устройство (АУ-9/1) служит для перевода соединений урана в растворимую форму. Второе (АУ-9/2) – для обнаружения растворимых форм соединений урана. Обнаружение загрязненности поверхностей объектов проводится путем кратковременного распыления индикаторной рецептуры из АУ на анализируемую поверхность с расстояния 10-15 см. Появление характерной окраски на поверхности указывает на наличие соединений урана. Модуль № 3 предназначен для проверки годности АУ и обучения операторов их использованию. Он состоит из 5 типов АУ. Данный метод является высокочувствительным и позволяет определять концентрацию ОУ от 0,05 мг/см² [12].

Другим важным направлением, которое в настоящее время активно развивается, является наиболее точная количественная оценка степени загрязненности того или иного объекта, что требует более быстрой и качественной подготовки проб. В связи с этим разрабатываются и усовершенствуются автоматизированные устройства.

При ударе сердечника с ОУ о броню танка высвобождается пыль окисей урана, что запускает различные патологические процессы в нашем организме и способствует возникновению и обострению ряда заболеваний.

Воздействие ОУ на органы дыхательной системы ведет к образованию интерстициальных узелков в легочной ткани, развитию макрофагальной инфильтрации. Помимо этого, частицы ОУ способны накапливаться в бронхах, вследствие чего формируется их фиброз, гиперплазия и метаплазия. Данные изменения являются предрасполагающими факторами для ряда осложнений: инфекционно-воспалительных, онкологических заболеваний, легочных кровотечений [13].

Еще одним органом-мишенью являются почки. После контакта с ОУ его частицы задерживаются в организме человека на долгие годы или же сохраняются до конца жизни, что приводит к повышению уровня его концентрации в моче до 70-100 нг/кг массы тела. Наибольшему влиянию подвергаются проксимальные каналы с последующим развитием в них тубулярного некроза, что было изучено сотрудниками кафедры гистологии ВГМУ им. Н. Н. Бурденко [14, 15].

Оказывая влияние на центральную нервную систему, ОУ способствует развитию такого состояния, как «военный синдром», который проявляется головной болью, снижением физической активности, эмоциональной лабильностью, апатией, нарушениями сна, памяти, лихорадкой, болями различной локализации. Появление симптомов отмечается по прошествии 1,5 лет после контакта с частицами ОУ. Установлено, что соединения ОУ способны проникать через гематоэнцефалический барьер и накапливаться в обонятельной луковице, гиппокампе, коре головного мозга и мозжечке [16].

Еще одной структурой, в которой способен депонироваться долгое время ОУ, является костная ткань. К наиболее подверженным образованиям относятся губчатое вещество, надкостница, а также эпифиз бедренной кости и эндост. Накапливаясь, ОУ способен изменять структуру трабекулярной зоны, снижать активность остеобластов и нарушать метаболизм витамина D, что приводит к резорбции костной ткани [13]. В зубах под воздействием ОУ происходит замещение ионов кальция в фторопатите соединениями урана, вследствие чего наступает постепенная деминерализация и разрушение [17].

Пролонгированное введение малых доз ОУ вызывает такие отклонения в организме, как снижение относительного количества CD4⁺ Т-лимфоцитов и увеличение CD8⁺ Т-лимфоцитов, а также значительное снижение иммунорегуляторного индекса. Данные изменения характерны для заболеваний, сопровождающихся иммунодефицитными состояниями [18].

Важно отметить рост числа онкологических заболеваний у военнослужащих и мирных жителей после контакта с ОУ или проживания на загрязненных территориях. Установлено, что ввиду канцерогенности ОУ возникает рак легких, рак молочной железы, рак мочевого пузыря, рак яичка, опухоли головного мозга, саркома [19].

Разработка быстрых и простых в эксплуатации методов для качественного и количественного определения изотопов урана вне условий лаборатории актуальна и имеет крайне важное значение для профилактики ряда заболеваний. Своевременное выявление этиологического фактора и владение знаниями о неспецифичности отдельных клинических проявлений воздействия ОУ и необходимости учета совокупности всех симптомов пациента способствует своевременному началу лечения, предотвращению прогрессирования болезни и снижению риска осложнений, что значительно повышает шансы на выздоровление и улучшает качество жизни.

Список литературы

1. Гудков, С.В. Химическая и радиационная токсичность соединений урана / С.В. Гудков, А.В. Черников, В.И. Брусков // Российский химический журнал. – LVIII. – С. 73–82.
2. Ахмедова, Н.М. Воздействие урана на организм человека Н.М. Ахмедова, А.А. Ризаев, С. Ибодуллаева // Universum: технические науки. – 2023. – №2 (1). – С.107.
3. Коннова, Л.А. Вопросы медицинских и экологических последствий применения боеприпасов, содержащих обедненный уран (обзор литературы) // Л.А.Коннова, П.К. Котенко, Г.К. Артамонова // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. – 2015. – № 1 С.46–57.
4. Аль САбунчи, А. М. А. Эколого-гигиенические проблемы Ирака / А.М.А. Аль Сабунчи, А. Аль Сабунчи // Вестник РГМУ. – 2009. – №1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologo-gigienicheskie-problemy-iraka>. – Дата обращения: 01.04.2024.
5. Третьякова, В.А. К каким глобальным проблемам ведут вооруженные конфликты / В.А. Третьякова, Д.А. Фирулина, В.В. Масляков // Вестник науки. – 2023. – №11. – С.68.
6. Касперович, Е.Г. Экспресс-обнаружение урансодержащих соединений на поверхностях объектов и в водной среде при исследовании последствий применения снарядов с обедненным ураном / Е.Г. Касперович [и др.] // Технологии гражданской безопасности. – 2023. – №2 – С.76.
7. Долгов, Б.В. «Мягкая» и «Жесткая» сила Европы на Ближнем и Среднем Востоке / Б.В. Долгов // АПЕ. – 2014. – №3. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/myagkaya-i-zhestkaya-sila-evropy-na-blizhnem-i-srednem-vostoke>. – Дата обращения: 01.04.2024.
8. Официальный отчет. Генеральная Ассамблея, шестьдесят седьмая сессия, первый комитет, 13-е заседание. Понедельник, 22 октября 2012 года, 15 ч. 00м., Нью-Йорк [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://digitallibrary.un.org/naanna/record/751168/files/A_C.1_67_PV.13-RU.pdf?withWatermark=0&withMetadata=0&version=1&istarDownload=1. – Дата обращения: 01.04.2024.
9. «Конечно, это вредит нам»: Путин раскритиковал США за передачу Украине урановых снарядов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://focus.ua/voe"nnye-novosti/591984-konechno-eto-vredit-nam-putin-raskritikoval-ssha-za-peredachu-ukraine-uranovyh-snaryadov](https://focus.ua/voe). – Дата обращения: 01.04.2024.

10. Бекман, И.Н. Курс лекций Ядерная физика / И.Н. Бекман. – М.: Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Химический факультет, Кафедра радиохимии, 2010. – 511с.

11. Энхжин, Л. Определение содержания урана и тория в образцах путем двойного облучения гамма-квантами / Л. Энхжин, В.П. Перелыгин. – Физик. Сэтгуул. – 2022. – V.3, N132(1997). – С. 91–98. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.22353/physics.v3i132.436> – Дата обращения: 01.04.2024.

12. Касперович, Е.Г. Способ экспресс-обнаружения аэрозолей урана и его соединений в воздухе / Е.Г. Касперович, В.А. Пашинин, Е.И. Янзин // Технологии гражданской безопасности. – 2023. – Т. 20, № 3(77). – С. 35-38.

13. Ran, Y. A review of biological effects and treatments of inhaled depleted uranium aerosol / Y. Ran [et al.] // J. Environ Radioact. – 2020. – Oct. – P. 222:106357. doi: 10.1016/j.jenvrad.2020.106357. Epub 2020 Aug 2. PMID: 32755761.

14. Вукович М. Вред обедненного урана / М. Вукович. – М. : Институт востоковедения Российской академии наук. – 2023. – 53 с.

15. Воронцова, З.А. Полиорганный эффект обедненного урана в эксперименте / З.А. Воронцова // ВНМТ. – 2012. – №2. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/poliorgannyy-effekt-obednennogo-urana-v-eksperimente>. – Дата обращения: 01.04.2024..

16. Skalny, A.V. Environmental and health hazards of military metal pollution / A. V. Skalny [et al.] // Environ Res. – 2021. – Oct. – P. 201.

17. Fathi, R.A, Environmental pollution by depleted uranium in Iraq with special reference to Mosul and possible effects on cancer and birth defect rates / R.A. Fathi // Med Confl Surviv. – 2013. – Jan-Mar;29(1). – P. 7-25.

18. Стосман, К.И. Нарушения в функционировании иммунной системы как следствие пролонгированного низкодозового воздействия обедненным ураном / К.И. Стосман, К.В. Сивак, Т.Н. Саватеева-Любимова // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. – 2018. – № 3. – С.73-79.

19. Смит, Б. Новые факторы риска для здоровья от урана / Б. Смит. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.ieer.org/ensec/no-32/no32russ/uhealthrisks.html>. – Дата обращения: 01.04.2024.