

РОЛЬ «КВАНТОВЫХ ЛОВУШЕК» ИЗ ПОЛИДИСПЕРСНОГО МОДИФИКАТОРА В ОБЕСПЕЧЕНИИ ВЫСОКИХ РАДИАЦИОННО- ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ МАТРИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Обґрунтовано роль «квантової пастки» із багатодисперсних частинок у забезпеченні радіаційного захисту.

Ключові слова: «квантова пастка», багатодисперсні частинки, випромінювання, матриця.

Обоснована роль «квантовой ловушки» из полидисперсных частиц в обеспечении радиационной защиты.

Ключевые слова: «квантовая ловушка», полидисперсные частицы, матрица.

The role of «quantum trap» of polydisperse particles in ensuring radiation protection is substantiated.

Key words: kvant trap, polydisperse partieles, promineus ilumination, materex.

Известны закономерности проникновения ионизирующего излучения (И. И.) сквозь различные среды, в основе которых лежат классические представления:

– ослабление интенсивности потока квантов проникающего излучения, которое прошло через слой вещества, подчиняется экспоненциальной зависимости Бугера;

– коэффициент ослабления проникающего излучения через вещество не зависит от агрегатного состояния;

– траектория движения квантов ионизирующего излучения в веществе прямолинейна.

Вместе с тем нами открыты новые закономерности, вступающие в противоречие с общепринятыми, суть которых состоит в том, что некоторые полидисперсные среды позволяют резко уменьшить количество защитного вещества не увеличив при этом степень проникновения радиации [1]. Прототипом нашего открытия послужила теоретическая работа Артемьева В. А. [3], посвященная исследованию ослабления рентгеновского излучения (РИ) ультрадисперсными средами, который теоретически рассчитал величины усиления поглощения РИ этими средами по сравнению с обычными поликристаллическими материалами одинаковой массовой толщины [2].

Однако показанная им необходимость 100 % присутствия мелкодисперсного вещества для обеспечения определенного поглощения И. И. за счет известной закономерности «объем-масса» не могут служить основой обнаруженных нами эффектов, полученных экспериментальным путем.

Следует подчеркнуть, что если в резиновой матрице с помощью многослойных квантовых ловушек (КЛ), формируемых в процессе каландрования резинового

листа, нам удалось добиться феноменально высоких радиозащитных (РЗ) свойств [3], то в жидких матрицах с последующим их затверждением в свободном состоянии (т.е., без силового воздействия) создание КЛ представляет собой неизмеримо более сложную задачу. К такому типу матриц относятся эпоксидная смола, полиэтилен, капрон, различные клеевые композиции и т. п. Еще более технологически сложно создать квантовую ловушку (а тем более многослойную ее разновидность) в матрицах типа бетона, гипс, -силикатной массы, используемой для изготовления строительных кирпичей, блоков, плит и т. д., что обусловлено высокой электропроводимостью матрицы, замыкающей электростатические поля, создаваемые в квантовой ловушке.

Полученными результатами многократно подтверждено, что распределенный в объеме матрицы радиозащитный модификатор в виде полидисперсной смеси сложных окислов редкоземельных элементов при облучении в рентгеновском диапазоне (40-120 кэВ) обеспечивал более чем 20-кратную аномалию в ослаблении интенсивности потока рентгеновского излучения по сравнению с теми величинами, которые следовало ожидать из классического закона Бугера [3].

В процессе поисковых экспериментов нам удалось создать многослойную квантовую ловушку, выполненную в виде множества размещенных в резиновой матрице замкнутых самих на себя объемных тонкослойных плоскостей, размещенных внутри друг друга с зазорами (по принципу «матрешки»). «Изюминка» находки состояла в том, что многослойные квантовые ловушки (до четырех многослойных плоскостей внутри друг друга) удалось разместить в резиновом листе толщиной всего 3,2 мм. Технология

получения многочисленных КЛ является «know-how» патента [3]. При нормальной работе многослойной квантовой ловушки часть пучка трансформируется во вторичное рентгеновское излучение (ВРИ) в первом слое и, распространяясь в нем по замкнутой траектории, теряет энергию. Та же часть пучка, которая при фронтальном облучении первого слоя прошла мимо полидисперсных частиц защитного модификатора, сформировавшихся в систему ансамблей, попадает на второй слой и часть уже этого (в определенной мере ослабленного пучка) снова трансформируется во вторичное рентгеновское излучение и, распространяясь во втором слое по замкнутой траектории, дополнительно теряет энергию. Аналогично все более ослабленный пучок РИ взаимодействует с третьим, четвертым и т. д. слоями КЛ. Наряду с этим, важным геометрическим параметром многослойной, сформированной в резиновой матрице квантовой ловушке (помимо расстояния между полидисперсными частицами в каждом слое) является зазор между отдельными слоями замкнутых объемных фигур, размещенных внутри друг друга. Этот зазор однозначно должен быть больше, чем расстояние между отдельными частицами в каждом слое.

Для понимания механизма взаимодействия радио-защитного модификатора, в различных матрицах, очень важно учесть уже имеющийся опыт в области изучения ультрадисперсных частиц. Известно, что в процессе изготовления защитных материалов их поверхности покрывают УДЧ. Назначение этого слоя, в первую очередь, состоит в локализации главного недостатка ультрадисперсных частиц: высокой химической активности, следствием которой является коагуляция, спекание, пирофорность и т. д. Однако, наряду с этим, назначение этого слоя состоит в обеспечении электрической изоляции с определенной диэлектрической проницаемостью, что очень важно для проявления аномального эффекта ослабления излучения, являющегося следствием самоорганизации УДЧ в систему энергетических ансамблей. Особенно наглядно это проявлялось в жидких матрицах. Так, ультрадисперсные частицы, полученные путем их конденсирования на замороженные поверхности растворителя и защищенные осевшими на их поверхностях молекулами растворителя, при высушивании теряют способность образовывать систему энергетических ансамблей (в виде взвеси). При этом, естественно, теряется способность и к проявлению физической аномалии. Но если система энергетических ансамблей качественно сформирована, например, в жидкой среде, ее немедленное разрушение наступает даже при незначительном снижении диэлектрической проницаемости. Достаточно только перемешать, например, взвесь УДЧ вольфрама в бидисциплированной воде (обладающей довольно высоким значением диэлектрической проницаемости, около 80) палочкой из меди, как (из-за попавших в раствор ионов меди) это приводит к полной утере зафиксированного аномального эффекта.

Поскольку частицы полидисперсных смесей при их изготовлении специально не покрывают защитным слоем, функции изолятора в радиозащитном материале должна взять на себя матрица. Поэтому проявление металлосодержащими полидисперсными порошковыми

смесями новых физических эффектов, в том числе и в КЛ, возможно только при условии, если матричный материал, в котором распределены их частицы, обладает определенными диэлектрическими свойствами. Это связано с электростатической природой самоорганизации системы энергетических ансамблей из частиц полидисперсной смеси в слое, формирующем конкретную конфигурацию КЛ.

В энергетически неоднородных средах, каковыми являются наполненные частицами полидисперсной смеси радиозащитные материалы, имеет место межповерхностная поляризация, вызванная движением свободных носителей заряда, скапливающихся вблизи границ областей с повышенным удельным сопротивлением. В нашем случае такими границами являются поверхности электропроводных частиц радиозащитного модификатора, распределенных и самоорганизовавшихся в систему взаимосвязанных энергетических ансамблей в объеме диэлектрического матричного материала. В образованной таким образом системе обеспечиваются условия для перехода электронов между частицами через матричный материал туда и обратно, т. е. обеспечиваются условия для перераспределения зарядов. Как следствие, в такой системе естественным образом протекают процессы повышения ее энергетической стабильности, обусловленные перераспределением электронов среди противоположно заряженных частиц и их ансамблей. Когда электроны из частиц с большими значениями энергий Ферми переходят в частицы с меньшими значениями энергий.

Экспериментально выявленная неизвестная ранее закономерность распространения рентгеновского излучения в полимерах с металлическими полидисперсными включениями также засвидетельствовала нарушение фундаментального постулата современной физики о том, что траектория движения квантов проникающего излучения прямолинейна. Это выразилось в том, что при облучении предварительно нагруженного касательными усилиями изогнутого слоя полимера, матрица которого содержит распределенные в ее объеме металлические включения, часть излучения распространяется вдоль кривизны слоя. Естественность, что эта закономерность может быть использована и в технологиях создания квантовых ловушек [4].

Можно заключить, что главным рабочим элементом для придания феноменальных РЗ свойств различным матричным материалам является замкнутый слой полидисперсных частиц радиозащитного модификатора (моно- или многоэлементного состава, а также различных их сочетаний) с размерами частиц 10^{-9} - 10^{-3} м, выполненный в виде КЛ, способный под действием рентгеновского излучения генерировать интенсивное вторичное рентгеновское излучение. Толщина слоя в экспериментах составила 10^{-5} - 10^{-3} м, а среднее расстояние между полидисперсными частицами $\sim 10^3$ А.

Полученные экспериментальным путем результаты можно применить для создания материалов с аномальными свойствами радиационной защиты (бетон, кирпич, резина, ткань и др.), что позволит при их использовании снизить уровень радиационного воздействия в десятках раз [5].

Проблема рентгенконтрастных материалов в медицине, особенно в хирургии, является в высшей степени актуальной. Обладая особыми физико-химическими свойствами и медико-биологическими показателями, они должны обеспечивать надежный и безболезненный контроль местоположения и формы в организме.

Существующий шовный материал (шелк, капрон, лавсан, нейрохирургические нити), к сожалению, не обладает ни одним из предъявляемых к ним требований. Это не позволяет проследить за состоянием швов после операции, отметить участки тела или органа для целенаправленной лучевой терапии, исключить вероятность оставления в организме большого инородных тел, не обладающих рентгеноконтрастными свойствами.

Нами разработан новый рентгеноконтрастный материал. Благодаря оригинальному сочетанию состава, концентрации и структуры наполнителей из частиц различных материалов или их соединений, его можно вводить в твердые, эластичные или жидкие матрицы.

По специально разработанной технологии рентгеноконтрастный наполнитель вводили в шелковые, лавсановые и капроновые нити, применяемые для хирургических вмешательств. Выполнены испытания на механическую прочность, изучено влияние на контрастные свойства некоторых химических и биологически активных веществ, воздействие на окружающую ткань при введении в организм животного.

Контрастные свойства изучали при рентгенографии опытного образца, в сравнении с лучшими мировыми образцами. При этом оптическая плотность эквивалентна плотности свинца толщиной 1,2 мм и превышает оптическую плотность английской применяемой нити в 1,8-2 раза.

Пребывание нити в различных химических и биологически активных жидкостях не изменяет ее контрастных свойств. Механические свойства менялись незначительно: предел прочности на разрыв исходного образца, как с контрастным составом, так и без него 4,4 кг, а спустя полгода после нахождения в химически и биологически активных жидкостях 3,9-4,3 кг.

Перед введением опытных нитей в организм животного проводилась их подготовка в целях придания стерильности. Было отмечено снижение контрастных свойств на 9-13 %, что, однако, не мешало хорошей визуализации нитей в бедре белых крыс на протяжении полугодового наблюдения.

Изучение морфологического состава тканей, окружающих опытный образец нити, по общепринятым методикам показало отсутствие влияния на них контрастного состава.

Таким образом, проведенные предварительные исследования свидетельствуют об оптимальных контрастных свойствах нового состава. Шовный материал (шелк, лавсан, капрон), обработанный (ультрадисперсной смесью) УДС, незначительно меняет свои основные физико-химические свойства и может обрабатываться согласно требованиям, установленными в хирургии. Он может сохраняться длительное время без потери качеств.

Основные выводы:

– на основе полученных фундаментальных научных результатов выполнены феноменологические обоснования оригинального концептуального подхода к созданию радиозащитных материалов нового технического уровня, заключающегося в формировании внутри или на поверхности матричных материалов квантовых ловушек, обеспечивающих резкое увеличение пути пробега квантов без увеличения толщины слоя облучаемого материала;

– наибольшей защитной способностью обладают квантовые ловушки, выполненные в виде множества сформированных в матрице замкнутых самих на себя объемных фигур, размещенных внутри друг друга с зазорами по принципу «матрешки»;

– нити с пленочными квантовыми ловушками могут непосредственно использоваться для изготовления защитной одежды, предохраняющей от проникающего излучения;

– организация производства радиозащитных изделий из новых материалов (на основе реализации эффекта квантовой ловушки) позволит значительно повысить их защитные свойства.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закономерность распространения рентгеновского излучения в полимере с металлическими включениями / [Ю. С. Алексеев, Л. Д. Кучма, В. И. Ткаченко и др.]. – М., 2002. – Вып. 2. – С. 3–4.
2. Артемьев В. А. Письма в ЖТФ – 1997. – Т. 23 – № 6. – С. 3–4.
3. Булат А. Ф. Патенты України № 32469 / А. Ф. Булат, В. І. Ткаченко та ін. – Опубл. 15.12.2000. бюлетень № 7.
4. Морохов И. Д. Физические явления в ультрадисперсных средах / И. Д. Морохов, И. Л. Трусов и др. – М., 1984. – 224 с.
5. Хворостенко М. И. НМЖ / М. И. Хворостенко, В. И. Ткаченко и др. – 2012. – Выпуск 175, Том 187. – С. 106–109.

Рецензенты: **Ковтуненко О. В.**, д.мед.н., профессор;
Іванкова В. С., д.мед.н., профессор.

© Ткаченко В. І., Хворостенко М. І.,
Кіхтенко І. М., Хворостенко Ю. М., 2012

Дата надходження статті до редколегії 27.11.2012 р.

ТКАЧЕНКО Володимир Іванович – головний спеціаліст Національного центру Аерокосмічної освіти України, м. Дніпропетровськ.

Коло наукових інтересів: експериментальна фізика, системи взаємодій, радіаційний захист.

ХВОРОСТЕНКО Михайло Іванович – д.мед.н., професор, Дніпропетровська державна медична академія, м. Дніпропетровськ, Україна.

Коло наукових інтересів: медична радіологія, променева терапія.

КІХТЕНКО Ігор Миколайович – д.мед.н., професор Дніпропетровської державної медичної академії, м. Дніпропетровськ

Коло наукових інтересів: медична радіологія, променева терапія.

ХВОРОСТЕНКО Юрій Михайлович – Дніпропетровська державна медична академія, м. Дніпропетровськ, Україна.

Коло наукових інтересів: медична радіологія, променева терапія.