

ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ НОВЫХ ЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ОТ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Обоснована можливість створення захисних матеріалів на основі полідисперсних модифікаторів.

Ключевые слова: модификатор, ионизирующее излучение, матрица, ультрадисперсные частицы.

Обґрунтовано можливість створення захисних матеріалів на основі полідисперсних модифікаторів.

Ключові слова: модифікатор, іонізувальне випромінювання, матриця, ультрадисперсні частинки.

The possibility of creating protective materials based on polydisperse materials is substantiated.

Key words: modifier, radiating, materex, polydisperse particles.

Одним из основных методов снижения радиационного облучения человека является использование специальных средств индивидуальной и коллективных защит. Создание защитных материалов базируется на известных «классических» эффектах физики взаимодействия ионизирующего излучения с веществом. Развитие науки в данной отрасли позволяет осуществить новый подход в разработке радиационно-защитных материалов (РЗМ).

Одним из подходов к созданию новых радиационно-защитных материалов является внесение в различные конструкционные матрицы наполнителя-модификатора по отработанной нами технологии [1]. Матрица определяется исходя из условий его применения, т. е., она обеспечивает необходимые механические свойства (повышенную эластичность, жесткость или прочность и т. д.)

В качестве наполнителей используются радио-защитные материалы в виде ультрадисперсных частиц (УДЧ) некоторых металлов и их соединений. Разнообразные уникальные свойства ультрадисперсных систем обусловлены специфическим характером состояний электронов в малых (порядка 1-100 нм) частицах. При соответствующем выборе материалов матрицы и вещества – наполнителя и переводе последнего в ультрадисперсное состояние (то есть, измельчение до частиц с размерами менее 1 мкм), создаются условия для перехода электронов с УДЧ наполнителя в материал матрицы и обратно, т. е. происходит перераспределение зарядов и возникновение сильных локальных электрических полей.

В течении длительного времени считалось, что удельные характеристики поглощения любых материалов однозначно определяются их элементным составом и практически не зависят от внешних условий: состояния, типов связей в химических соединениях, температуры и т. п.

На основании проведенного теоретического анализа, продолжительных экспериментов и исследований сделан вывод по выявлению условий, при которых фазовое состояние элемента существенно влияет на поглощение излучения веществом, в том числе в сторону его увеличения [2].

Поэтому особое внимание при отработке оптимального состава модификатора уделяется основным физическим параметрам (форма и размер частиц, гранулометрический состав порошка, удельная поверхность и пикнометрическая плотность порошка) и технологическим параметрам (насыпная плотность, плотность утряски, текучесть и др.) используемого модификатора. Данные величины частично являются взаимосвязанными. Например, изменение гранулометрического состава порошка модификатора повлечет за собой изменение средней величины дисперсности (при разной дисперсности частиц составляющих веществ), пикнометрической плотности, насыпного веса и т. д.

После открытия явления аномального ослабления интенсивности рентгеновского и гамма-излучения средами, содержащими ультрадисперсные частицы, был разработан модификатор на основе металлического порошка [2]. Внесение модификатора в матрицы различных материалов придает последним радиационно-защитные свойства. Основными компонентами модификатора являются металлический порошок и носитель. Металлический порошок играет роль в ослаблении интенсивности ионизирующего излучения, в то время как носитель является (несущим) элементом в модификаторе.

Исследования, проводимые по результатам открытий в области взаимодействия радиационного излучения со средами, содержащими ультрадисперсные (размером менее 1 мкм) и мелкодисперсные (размером от 1 мкм до 1 мм) частицы некоторых металлов и их соединений,

позволили получить образцы из строительных, тканевых и резиновых материалов, обладающих аномально высокими радиационно-защитными свойствами. В этой связи представляют интерес исследования по введению указанных частиц или их смесей в полимерные материалы, из которых, по сравнительно несложной технологии, могут быть получены эффективных радиационно-защитные материалы самых разнообразных конфигураций и назначений.

В современной технике известна методика введения в полимерные материалы порошков окислов редкоземельных элементов преимущественно церия, лантана, неодима, празеодима и др., с целью защиты от проникающих излучений – как радиационного, так и сверхвысокочастотного. Однако, начиная с энергии облучения ~ 60 кэВ, указанные элементы вызывают вторичное излучение, защиту от которого обеспечивают введением мелкодисперсного свинца, олова (до 25 %), что значительно усложняет технологию, увеличивает вес материалов. Кроме того, необходимо учитывать, что вышеуказанные элементы дефицитны.

Все свидетельствует о целесообразности использования в качестве наполнителей предложенных модификаторов. Несмотря на технологические трудности, возникающие при получении разработанных модификаторов, их использование в качестве наполнителей защитных материалов обеспечивает высокие эксплуатационные свойства изделий, что подтверждается технико-экономическим обоснованием.

Задача создания новых защитных материалов решается путем определения значения дифракционного максимума прохождения излучения, по заданным технологическим параметрам, за счет снижения весовой части модификатора, с обеспечением необходимых защитных свойств.

Радиационно-защитный материал представляет собой матрицу, выполненную, по меньшей мере, из одного компонента или композиции на его основе, которая содержит рентгенопоглощающий модификатор в виде сегрегированной полидисперсной смеси, включающей частицы, по меньшей мере, одного металла или его химического соединения. Общая масса модификатора в материале с заданными параметрами, например, толщины и массы, отвечает значению дифракционного максимума пропускания излучения в эталонном материале и регламентирована соотношениями по формуле:

$$M = K m$$

$$K = \ln (F_{\text{прох.}} / F_{\text{погл.}}) - 1;$$

M – масса модификатора в материале с заданными параметрами в г;

K – коэффициент соотношения массы модификатора к массе модификатора в эталонном материале;

m – масса модификатора в эталонном материале в г;

$F_{\text{прох.}}$ – коэффициент значения дифракционного максимума прохождения излучения в эталонном материале (относительные единицы);

$F_{\text{погл.}}$ – коэффициент максимального поглощения (относительные единицы);

$$\text{или: } H_{\text{погл.}} = K \cdot H_{\text{прох.}},$$

где $H_{\text{погл.}}$ – оптимальная высота пласта смеси модификатора при заданном $F_{\text{погл.}}$;

$H_{\text{прох.}}$ – высота слоя смеси эталонного материала при значении дифракционного максимума прохождения излучения.

Количество модификатора в материале с заданными параметрами например, толщина и масса, отвечает значению прохождения излучения эталонным материалам и регламентированными, приведенными выше, соотношениями, разрешает использовать известную методику и устройство для определения аномальных отклонений, обнаружить максимальное его значение. Подставив найденные значения в формулу, получим массу модификатора, который соответствует заданному т.е., необходимой толщине и массе материала для изготовления определенного изделия, обеспечивающие аномальные свойства. Получение защитного материала отличается простотой, не требует значительных материальных затрат. Кроме этого, предоставляется возможность для разработки новых материалов относительно конкретных условий и свойств их использования.

Разработанный материал можно использовать для изготовления различных защитных изделий, в том числе и средств коллективной защиты.

Основная функция средств коллективной защиты – обеспечение радиационной безопасности работающего персонала при изготовлении и использовании радионуклидов и других источников ионизирующих излучений. Согласно стандарта по защите, выделяют средства коллективной защиты, по назначению:

- от внешнего облучения (оградительные и предупредительные устройства);
- от внутреннего облучения (герметизирующие устройства, защитные покрытия, устройства очистки воздуха и жидкостей, средства дезактивации);
- от комбинированного (внутреннего и внешнего) облучения;
- общего применения (устройства автоматического контроля, устройства дистанционного управления, средства защиты при транспортировке);
- для хранения радиоактивных веществ (знаки безопасности, емкости радиоактивных отходов).

При проведении работ в зонах повышенной радиационной опасности особую роль играют переносные средства коллективной защиты. Переносные средства защиты могут быть представлены в виде защитных ширм, экранов, матов, барьеров и т. д. Как правило, они используются совместно со средствами индивидуальной защиты, в совокупности обеспечивая необходимую защиту от ионизирующего излучения. В зависимости от их назначения, переносные средства защиты должны обладать конструкцией, обеспечивающей их быструю доставку и установку в местах использования.

Разработка новых средств индивидуальной защиты медицинского назначения без применения токсичного свинца и редкоземельных материалов основывается на использовании эластичных материалов резины и ткани, предназначенных для защиты от рентгеновского и гамма-излучения. Применение специальных модификаторов, при изготовлении защитных изделий на основе ткани и резины, позволило повысить технологические свойства изготавливаемых изделий, обеспечить конструирование широкой гаммы изделий (халаты, комби-

незоны, фартуки, перчатки, накидки, головные уборы, бахилы, экраны и др.). При этом достигается значительное уменьшение толщины и, соответственно, веса изделий. Повышается удобство применения изделий. Важным фактором, определяющим применение созданных материалов, является возможность снижения их стоимости по сравнению с свинецсодержащими. Введение нового модификатора в различные материалы и нанесение на различные поверхности в виде самотвердеющих материалов (краски, замазки, штукатурки, строительные смеси и др.) позволяет расширить область применения разработанных средств радиационной защиты в медицине (например, для обеспечения защиты в рентгеновских кабинетах).

Одной из проблем в области защиты медицинского персонала является проблема защиты рук. Используемые в настоящее время перчатки из просвинцованной резины крайне неудобны из-за их повышенной жесткости. Кроме того, просвинцованная резина относительно недолговечна, она быстро стареет, растрескивается и со временем значительно утрачивает защитные свойства. Решение этой проблемы основывается на применении разработанной радиационно-защитной резины, обеспечивающей более высокие защитные свойства [1].

Основными критериями, определяющими конструирование изделий из созданных материалов, являются: обеспечение коэффициентов ослабления излучения сравниваемых со свинцовыми, установленными нормативными документами; снижение весовых характеристик и стоимости, повышение эксплуатационных характеристик (прочность, долговечность, надежность).

Возможность создания средств индивидуальной защиты на основе многослойных конструкций позволяет

путем перераспределения основной толщины защиты на жизненно важные зоны организма и снижения толщины на других зонах. Например, до 70 % веса изделия на бедрах и до 30 % веса на плечах. Этим обеспечивается свобода движений. Защитные свойства могут усиливаться за счет дополнительных элементов (в виде накладок) на фронтальных частях жилетов, накидок, комбинезонов. Фартуки с облегченной спиной обеспечивают стандартную фронтальную защиту. Регулирование размеров изделий, в определенных пределах, обеспечивается за счет применения клапанов-липучек, поясов.

В результате работы сконструированы следующие виды изделий из новых материалов: жилет, оборачивающийся вокруг тела с застежкой «липучка» на левом плече и по бокам; гонадная защита, которая крепится с помощью эластичного пояса; халат двухсторонний с застежкой «липучка» по левому плечевому шву изделия; шапочка, регулируемая под разный размер.

Испытания санитарно-гигиенических свойств материалов и изделий определили их соответствие требованиям существующих санитарных норм.

Разработанные тканевые материалы могут быть использованы для изготовления радиационно-защитной одежды персонала, работающего в условиях облучения. Накидки, белье, халаты, фартуки, головные уборы, обувь, прокладки и др. могут заменить соответствующие свинецсодержащие изделия.

При толщине материала 0,3 мм радиационная защита эквивалентна слою свинца 0,14 мм. В таблице приведены усредненные радиационно-защитные свойства материала на основе хлопчатобумажных тканей.

Таблица 1

Радиационно-защитные свойства материала на основе хлопчатобумажных тканей

№ образ.	Плотность, г/см ³	Коэффициент линейного ослабления, см ⁻¹			Приведенный по стали слой половинного ослабления, см		
		²⁴¹ Am	¹³⁷ CS	⁶⁰ Co	²⁴¹ Am	¹³⁷ CS	⁶⁰ Co
		60 кэВ	661кэВ	1210 кэВ	60 кэВ	661кэВ	1210 кэВ
1	1,274	1,1913	0,1085	0,1185	0,085	1,032	0,945
2	1,6	2,089	0,1321	0,0682	0,067	1,065	2,06
3	1,78	3,502	0,1523	0,1161	0,045	1,026	1,347
Сталь	7,89	9,061	0,5028	0,3562	0,076	1,378	1,946

Разработанные образцы одежды из указанных материалов могут подвергаться дезактивации без изменения радиационно-защитных свойств.

Предлагаемые радиационно-защитные составы могут быть внесены в различные ткани и резины. Конструкция, толщина и размеры радиационно-защитных материалов

и изделий из них определяются техническим заданием заказчика. Кроме того, разработанные материалы могут найти применение в качестве подкладок в существующих образцах средств индивидуальной защиты.

Радиационно-защитные свойства материала из резины представлены в таблице 2.

Таблица 2

Радиационно-защитные свойства резинового материала

№ образ.	Плотность, г/см ³	Коэффициент линейного ослабления, см ⁻¹			Приведенный по стали слой половинного ослабления, см		
		²⁴¹ Am	¹³⁷ CS	⁶⁰ Co	²⁴¹ Am	¹³⁷ CS	⁶⁰ Co
		60 кэВ	661кэВ	1210 кэВ	60 кэВ	661кэВ	1210 кэВ
1	3,00	18,891	0,2016	0,1407	0,014	1,308	1,875
2	1,74	9,718	0,1625	0,1211	0,016	0,942	1,262
Сталь	7,89	9,061	0,5028	0,3562	0,076	1,378	1,946

На данный момент изготовление резиновых и тканевых материалов прошло отработку в лабораторных условиях и находится в стадии технического внедрения.

Производство изделий радиационно-защитной одежды на основе новых эластичных материалов может

быть освоено на производственных базах Украины. Для этого необходимо выполнение комплекса работ по утверждению технических условий на материалы и изделия, проведение натурных испытаний в медицинских учреждениях.

ЛІТЕРАТУРА

1. Хворостенко М. И. Теории и механизмы формирования полидисперсных систем для рентгено-защитных пленок / М. И. Хворостенко В. И. Ткаченко // Журнал Наукові праці. – 2012. – Випуск 175. Том 187. – С. 106–109.
2. Алексеев Ю. С. Закономерная связь между интенсивностью потока γ – квантов излучения, прошедшего слой многофазового материала / Ю. С. Алексеев, В. И. Ткаченко и др. Ст. Научные открытия. – 2010. – С. 50–51.

Рецензенти: **Ковтуненко О. В.**, д.мед.н., професор;
Іванкова В. С., д.мед.н., професор.

© Ткаченко В. І., Хворостенко М. І.,
Кіхтенко І. М., Дорофєєва Н. А., 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.

ДОРОФЄЄВА Наталія Аркадьєвна – завідувач радіологічним відділенням, Алчевський онкологічний диспансер.

Коло наукових інтересів: променева терапія злоякісних пухлин.