

Хворостенко М. И.,
д-р мед. наук, профессор кафедры онкологии и медицинской радиологии
ГУ «Днепропетровская медицинская
академия МОЗ Украины», действительный член Международной
Академии Авторов Научных Открытий и
Изобретений, действительный член Международной
академии биоэнерготехнологий, г. Днепропетровск, Украина

Ткаченко В. И.,
главный специалист НЦАОНУ, г. Днепропетровск, Украина

Межуев Н. Н.,
аспирант кафедры онкологии и медицинской радиологии
ГУ «Днепропетровская медицинская академия МОЗ Украины»,
г. Днепропетровск, Украина

Хворостенко Ю. М.,
канд. мед. наук, ассистент кафедры онкологии и медицинской радиологии
ГУ «Днепропетровская медицинская академия МОЗ Украины»,
г. Днепропетровск, Украина

ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ПЛЕНОЧНЫХ СЛОЕВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ, СПОСОБНЫХ ПОГЛОЩАТЬ ИЗЛУЧЕНИЕ В ДИАПАЗОНЕ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Впервые обнаружено неизвестное ранее явление избирательной передачи массы между разной плотности много элементными фазами. Разработан пленочный композит для формирования защитных материалов, с заданными свойствами, от ионизирующего излучения.

Ключевые слова: композит; передача массы; защитные материалы; ионизирующее излучение.

Постановка проблемы. Создание материалов, обеспечивающих эффективную защиту от ионизирующих излучений, основано на открытиях аномально дискретной проницаемости для ряда дисперсных систем со специальным порошковым наполнителем, включающим ультрадисперсные частицы (УДЧ) металла. Физика процесса определена граничными кванто-механическими эффектами взаимодействия наполнителя с энергией – и ее рассеиванием в объеме системы материала и, соответственно, с кратным изменением энергии излучения. Аномальный эффект обеспечивается за счет узкого распределения УДЧ по размерам с образованием структуры, которая обеспечивает скачок поглощения или прохождения излучения при оптимальном соотношении критических масс наполнителя и выбранной основы – матрицы, что позволяет значительно уменьшить толщину и массу, создаваемых материалов [1; 2].

Порошковые наполнители вводят в состав матриц-материалов, например, пластических масс, резин, клеев, герметиков, лакокрасочных материалов, с целью повышения защитных свойств, модификации эксплуатац-

онных свойств, а также снижения их стоимости. Однако, введение наполнителя в перечисленные материалы связано с трудностями из-за высокой их физико-химической активности, что влияет на получение заданного конечного результата. В последние годы развитие радиационно-защитных материалов идет по пути усовершенствования составов материалов и технологии их смешения, и, соответственно, решением вопросов, связанных с получением бездефектной тонкодисперсной и однородной плотноупакованной структуры.

Толщина защитного слоя материала изготавливается в зависимости от частотного диапазона падающего на него излучения, и может быть рассчитана для различных материалов по кратности ослабления при помощи универсальных таблиц.

Для получения эффективности защитных свойств, создаваемых материалов при облучении их средними и высокими энергиями (0,01–1200 кэВ) увеличивают толщину материала, что является главным негативным фактором, так как увеличение весовых характеристик изделия значительно сужает технологические возможности использования материалов для защиты [3].

Материалы и методы. На основе открытия явления избирательной массопередачи между разноплотными средами, нами разработаны способы получения композиционных пленок, способных поглощать излучение в диапазоне высоких энергий [4].

На основе использования механизма рассеяния для ослабления рентгеновского излучения, проходящего через неоднородные среды, разработан метод определения критических масс компонентов дисперсной системы для создания резонансной структуры композиционных пленок.

Аномальный эффект обеспечивается в процессе синтеза УДЧ с образованием резонансной структуры, обеспечивающей скачок поглощения или прохождения излучения при оптимальном соотношении критических масс наполнителя, жидкой фазы и структурообразующего компонента.

Резонансная структура объемного материала формируется нанесением слоя на основу путем увлажнения

критической массы компонентов дисперсной системы, при этом структурообразующим компонентом является критическая масса УДЧ.

Резонансная структура композиционных пленок формируется путем нанесения на основу слоя реакционной смеси дисперсной системы при помощи жидкой фазы и редкоземельного элемента и получения приводящие, в частности, к сдвигу края поглощения и наведенному поглощению излучения.

Технология изготовления композиционных пленок имеет основные стадии: стадию приготовления реакционной смеси, включающую формирование дисперсной системы, а также исходных реагентов и соединений, регулирующих процессы синтеза и стабилизации частиц. При этом область, в которой протекают процессы синтеза УДЧ и/или структур, может включать жидкую, конденсированную фазы и границу их раздела, или твердотельную поверхность основы (Рис. 1).

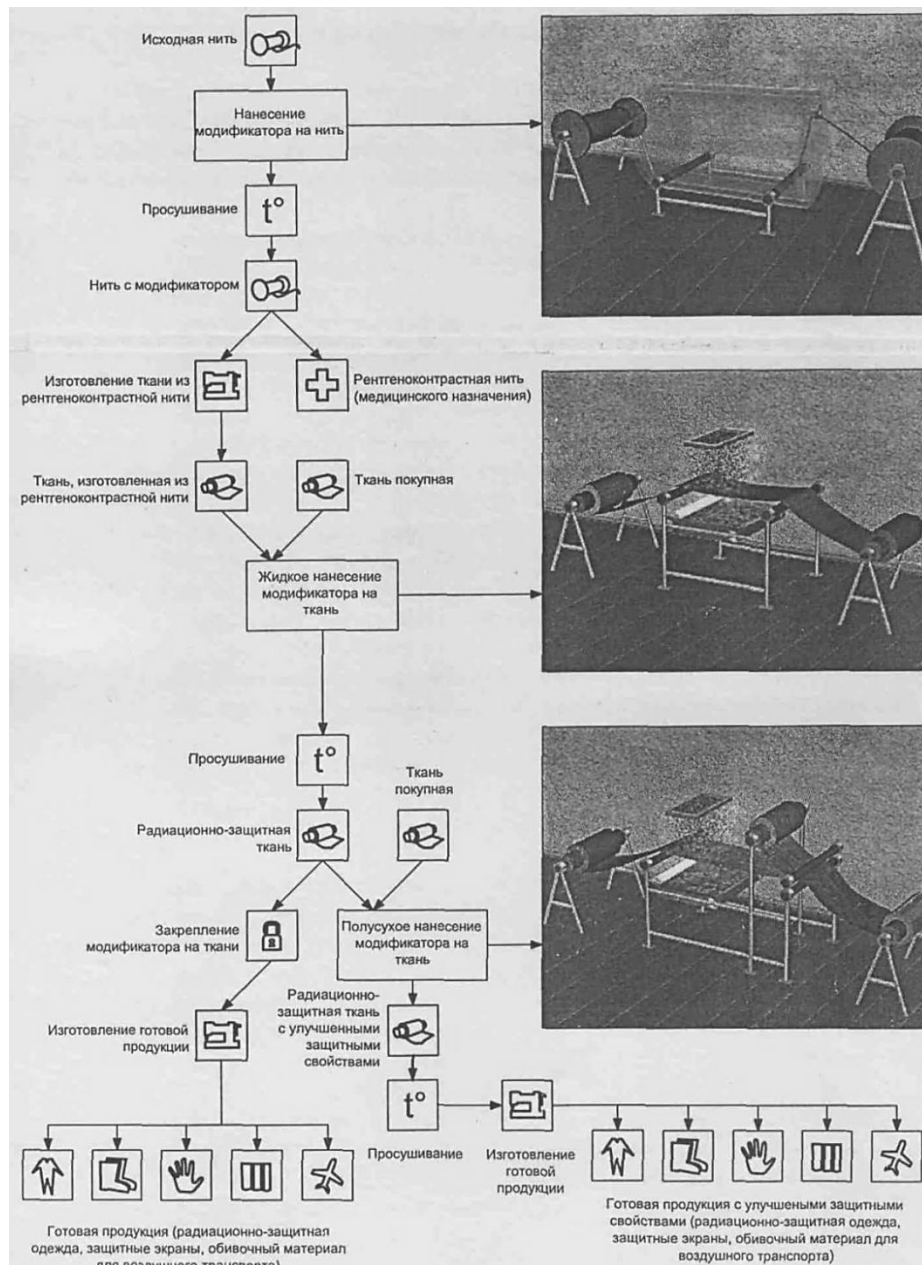


Рис. 1. Схема технологической линии производства радиационно-защитного материала

Обсуждение результатов. Предлагаемая технология может включать дополнительные стадии, заключающиеся в последовательном формировании одного слоя материала на другом слое, при этом в материале могут быть сформированы слои, не содержащие УДЧ и/или их структур и получаемые известными способами. В результате чего получается многослойная структура, при этом состав, форма и ориентация синтезированных УДЧ и/или их структур в разных слоях может быть одинаковой или различной.

Если исходные компоненты первоначально наносятся на поверхность основы жидкой фазой, то формируется смешанный ленгмюровский монослой резонансной структуры на границе раздела жидкость-дисперсная система. Затем производят погружение основы в жидкую фазу с находящимся на поверхности жидкой фазы ленгмювским монослоем реакционной смеси, и осуществляют перенос мономолекулярного слоя реакционной смеси на основу, при этом, повторяя процедуру переноса ленгмювского монослоя. В итоге получают не количество молекулярных монослоев реакционной смеси, нанесенных на основу, а общее суммарное число монослоев, нанесенных на основу, при этом синтез УДЧ и/или их структур и формирование ориентированных упорядоченных ансамблей УДЧ производится в реакционной области, представляющей собой слоистую упорядоченную структуру из резонансных структур на поверхности основы.

Эффективность формирования резонансной структуры композиционного пленочного покрытия достигается посредством массопередачи между разноплотными средами, выбираемых в качестве компонентных составляющих дисперсной системы.

Композиционные пленки позволят создавать высокоэффективные, легкие, удобные в эксплуатации и экологически чистые изделия, которые входят в состав комплекта средств индивидуальной защиты.

Важной областью использования материалов, содержащих в своем составе предлагаемый пленочный композит, является создание на его основе изделий, обладающих рентгеноконтрастными свойствами, которые широко применяются в медицинской практике.

Примером применения композиционных пленок с управляемой структурой, обеспечивающей поглощение и рассеивание излучения является использование покрытий на хирургических шовных и перевязочных

материалах, которые обеспечивают высокие характеристики рентгенопоглощения при сохранении их физико-механических характеристик и отсутствии в материалах токсичного свинца.

Рентгеноконтрастные салфетки, тампоны и катетеры исключают возможность их потери в организме больного после операции. Кроме того, рентгеноконтрастные катетеры обеспечивают возможность обнаружения их осколков или остатков при поломке или порче, приводящих к трагическим последствиям. Сверхтонкая, рентгеноконтрастная нить, которая может использоваться в качестве шовной нити при проведении некоторых хирургических операций, а также, как метка при рентгенодиагностике, рентгеновской КТ-томографии, при выполнении рентгенотерапевтических манипуляций, а также для изготовления тканей.

Экспериментально было установлено, что при нанесении композиционных пленок на нить происходит не химическое их соединение, а механическое без нарушения целостности и механических характеристик нити.

Контрольные рентгенографические исследования показывают, что контрастность нитей практически не изменилась за весь период исследований. На рентгенограммах плотность почернения изображения нитей с оптическим диаметром 0,2–0,3 мм находилась на уровне 0,05 мм Рв, а нить диаметром 0,5–0,7 мм по контрастности на рентгенограммах не уступает аналогичной нити марки «Microsake – 600» производства Великобритании.

В некоторых вариантах конструкции нити и ткани используются, чтобы произвести относительно легкие предметы защиты, не содержащие радиационно-защитные металлы, такие как свинец, барий, висмут, и их соединения.

Поставленная цель достигается созданием системы в тонком слое среды (10^{-5} – 10^{-3}) мм, как альтернатива использования свинца, бария и их соединений в растянутом пике поглощения (0,01–1200 КЭВ).

При выражении величин ослабления в единицах Хаунсфилда значения плотности слоя приближается к значению свинца (Pb). Так, если толщина слоя приближается < 50 мкм при средней поверхностной массе равной $0,7 \times 10^{-8}$ г/см² эквивалентна 200 мкм Рв

Приведенные исследования и ориентировочные показатели по опытному образцу нити, на которую наносится объемный материал, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Ориентировочные показатели образца нити, на которую наносится объемный материал

№ п/п	Название показателя	Значение
1	Толщина, мм	1,3
2	Определение свинцового эквивалента для энергии 661кэВ (цезий), мм Рв	0,1
3	Неоднородность материала по площади нити, % не более	10
4	Масса, 1 м не более, кг	0,132

Приведенные исследования и ориентировочные показатели по опытному образцу нити, на которую

наносится покрытие пленочного композита приведены в таблице 2.

Таблица 2

Образец нити, на которую наносится покрытие пленочного композита

№ п/п	Название показателя	Значение
1	Толщина, мм	1,0
2	Определение свинцового эквивалента для энергии 661кэВ (цезий), мм Рв	0,2–0,35
3	Неоднородность материала по площади нити, % не более	10
4	Масса, 1 м не более, кг	0,05

Пребывание нити в различных химических и биологических активных средах не изменяют ее контр-

стных свойств, механические свойства менялись незначительно: предел прочности не изменялся и равнялся

4,4 кг, а через три года после нахождения в агрессивных средах составлял 3,9–4,3 кг.

Предлагаемая композиционная пленка и технология ее нанесения позволяет получить следующий уровень защиты:

- исходный материал имеет линейный коэффициент поглощения $\mu - 0,016 \text{ см}^{-1}$;
- с нанесением пленочного композита на исходный материал равно $\mu - 1,98 \text{ см}^{-1}$;
- увеличение защиты в 125 раз.

Выводы.

Нами впервые обнаружено неизвестное ранее явление избирательной массопередачи между разноплотными многоэлементными фазами и на его основе

разработан пленочный композит для формирования защитных материалов с заданными свойствами.

На основании продолжительных экспериментов и исследований, а так же проведенного теоретического анализа сделаны выводы по выявлению условий, при которых фазовое состояние композита существенно влияет на сечение поглощения излучения, в том числе в сторону его увеличения и придает способность поглощать излучение в диапазоне высоких энергий.

Полученный, таким образом, материал решает основную задачу при конструировании защитных систем от рентген-, гамма- и нейтронного излучений, которая позволяет обеспечивать одновременное снижение массы систем, и уменьшение толщины защиты при заданной кратности излучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хворостенко М. И. Особенности создания новых защитных материалов от ионизирующего излучения / М. И. Хворостенко, В. И. Ткаченко и др. // Наукові праці. – 2013. – Вип. 175, том 293. – С. 161–164.
2. Артемьев В. А. Закономерность взаимодействия рентгеновского излучения со средами, содержащими ультрадисперсные частицы / В. А. Артемьев, В. И. Ткаченко и др. // Российская академия естественных наук. Научные открытия. Сборник кратких описаний научных открытий. – Москва, 1998.
3. Ткаченко В. И. Теории и механизмы формирования полидисперсных систем для защитных пленок / В. И. Ткаченко, М. И. Хворостенко // Наукові праці. 2012. – Вип. 175, том 187. – С. 106–109.
4. Хворостенко М. И. Явление избирательной массопередачи между разноплотными донор-акцепторами квази-кристаллическими фазами / М. И. Хворостенко, В. И. Ткаченко и др. // Сборник кратких описаний научных открытий. – 2014, Москва. – С. 55–56.

М. И. Хворостенко,

ДУ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України», м. Дніпропетровськ, Україна

В. І. Ткаченко,

НЦАОНУ, м. Дніпропетровськ, Україна

М. М. Межуєв, Ю. М. Хворостенко,

ДУ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України», м. Дніпропетровськ, Україна

ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ ПЛІВКОВИХ ШАРІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЗАХИСНИХ МАТЕРІАЛІВ, ЗДАТНИХ ПОГЛИНАТИ ВИПРОМІНЮВАННЯ В ДІАПАЗОНІ ВИСОКИХ ЕНЕРГІЙ

Уперше виявлено невідоме раніше явище виборчої масопередачі між різнощільними багатоелементними фазами і розроблено плівковий композит для формування захисних матеріалів із заданими властивостями від іонізуючого випромінювання.

Ключові слова: композит; масопередача; захисні матеріали; іонізуюче випромінювання.

М. I. Hovorostenko,

GU «Dnipropetrovsk Medical Academy of the Ministry of Health of Ukraine», Dnepropetrovsk, Ukraine

V. I. Tkachenko,

NTSAONU, Dnepropetrovsk, Ukraine

N. N. Mezhuev, Y. M. Hovorostenko,

GU «Dnipropetrovsk Medical Academy of the Ministry of Health of Ukraine», Dnepropetrovsk, Ukraine

BASES FORMING MULTICOMPONENT FILM LAYERS FOR THE PRODUCTION OF PROTECTIVE MATERIALS CAPABLE OF ABSORBING RADIATION IN THE RANGE OF HIGH ENERGY

For the first time the phenomenon of selective transfer of mass unknown earlier between different densities much element phases is revealed. The film composite is developed for formation of protective materials, with the set properties, from an ionising radiation.

Key words: a composite; mass transfer; protective materials; an ionising radiation.

Рецензенти: *Бондаренко І. Н.*, д-р мед. наук, професор;
Ковтуненко О. В., д-р мед. наук, професор.