

В настоящее время наблюдается тенденция по существенному увеличению объемов производства и расширению областей применения нетканых материалов (НМ), которые используются практически во всех областях жизнедеятельности человека. Такие свойства НМ, как гидрофильность или гидрофобность, воздухопроницаемость, хорошие барьерные и прочностные показатели при относительной дешевизне позволяют эффективно использовать их для медицинских целей. Широкое применение в медицине нашли НМ, производимые по технологии спанлейс, благодаря своим уникальным свойствам, среди которых в первую очередь следует выделить: высокую степень впитываемости, высокую воздухопроницаемость, мягкость и хорошие тактильные ощущения, близкие к натуральным тканям, устойчивость на разрыв, безворсовую структуру, нетоксичность, антистатичность. Спанлейс (spunlace) - это технология производства НМ, в которой скрепление волокон холста осуществляется водными струями. Как правило, полотно скрепляется на перфорированном барабане струями воды, бьющими под высоким давлением из форсуночных балок. При этом волокна холста перепутываются и связываются между собой [1]. На рисунке 1 схематично представлены основные этапы производства НМ по технологии спанлейс: формирование полотна, уплотнение полотна, скрепление, сушка, намотка. Формирование полотна может осуществляться различными способами, среди которых [2]: - кардочесание штапельных волокон (drylaid); - аэродинамический способ формирования холста (airlaid); - гидравлический способ формирования холста (wetlaid); Рис. 1 - Основные этапы производства нетканого материала по технологии спанлейс - спанлейд-спанбонд (spunlaid-spunbond) - холст формируется из непрерывных нитей (филаментов), полученных из расплава полимера. Формованное полотно сначала уплотняется, чтобы устранить воздушные карманы, а затем пробивается водными струями (из форсунок) [3]. Падающие струи воды вызывают скрепление волокон. Водные струи сначала воздействуют с одной стороны полотна, затем полотно проходит через второй цикл скрепления в обратном направлении и, таким образом, закрепляется другая сторона полотна [4]. Давление воды, применяемой в переработке обычно возрастает от первой до последней форсунки [2]. Исходным сырьем для изготовления подобных материалов являются вискозные, полиэфирные, полипропиленовые и целлюлозные волокна. Важными характеристиками волокон для производства НМ по технологии спанлейс являются [3]: - модуль изгиба: волокна с низким модулем изгиба требуют меньше энергии для скрепления; - толщина волокон: полимерные волокна большего диаметра труднее скреплять из-за их большей жесткости на изгиб, чем волокна меньшего диаметра; - форма поперечного сечения: волокна треугольной формы будут иметь жесткость на изгиб в 1,4 раза больше, чем у круглого волокна; - длина: по сравнению с длинными волокнами, короткие волокна более подвижны и получается больше скрепленных частей. Прочность

ткани, однако, пропорциональна длине волокна. Поэтому, длина волокна должна быть выбрана, чтобы соблюдался наилучший баланс между количеством скрепленных участков и прочностью ткани. - смачиваемость волокон: гидрофильные волокна скрепить легче, чем гидрофобные волокна. В соответствии с мировой практикой на рынке распространение получили следующие составы НМ спанлейс [2]: - вискоза/ полиэфир; - вискоза/ полипропилен; - вискоза; - полиэфир; - хлопок; - полипропилен; - хлопок/полипропилен; - хлопок/полиэфир; - хлопок/вискоза; - целлюлоза/полиэфир. Состав определяет конечную сферу использования материала. В медицине наибольшее распространение получили нетканые материалы, производимые по технологии спанлейс на основе вискозы [5]. Чаще всего медицинские изделия из НМ должны подвергаться стерилизации. Для данных изделий принято использовать радиационную стерилизацию. Иногда используется газовая стерилизация - обработка изделий оксидом этилена, но этот метод имеет ряд недостатков: окись этилена легко воспламеняется, является пожароопасным веществом и является сильным ядом для человека, проявляя канцерогенное, мутагенное, раздражающее и наркотическое действие [6]. В настоящее время радиационным методом стерилизуется более 50% медицинских изделий одноразового пользования. Стерилизующим агентом при радиационной стерилизации является проникающее гамма-излучение или ускоренные электроны [7]. Электронно-лучевое (ЭЛ) излучение не предполагает глубинного проникновения в толщу продукта, как это делает гамма-излучение. В зависимости от плотности продукции ЭЛ-излучение проникает на глубину до 40 см от поверхности упаковки изделия. Действие ЭЛ-излучения ограничивается несколькими секундами, в отличие от многочасового воздействия на продукт гамма-излучением. Кратковременность воздействия ускоренных электронов снижает возможные эффекты окисления, сводя к минимуму нарушения в структуре, как продукта, так и упаковочного материала [8-10]. При проведении радиационной стерилизации устанавливают диапазон доз, при которых будет обеспечена стерильность изделий. Как правило, данный диапазон составляет от 20 ± 3 кГр до 40 ± 5 кГр. В некоторых случаях верхняя граница указанного диапазона может быть выше, в зависимости от вида изделия и характеристик стерилизующей установки. Известно, что ионизирующее излучение приводит к деструкции некоторых полимеров, например полипропилена, проявляющегося в уменьшении технических показателей изделий на их основе. Также возможно протекание в полимерах автоокислительных реакций инициированных радиацией, которые, могут продолжаться длительное время после облучения изделий [11, 12], способствуя разрушению материала, что отражается на его работоспособности. Учитывая то, что с каждым годом объемы производства и потребления стерильных изделий из НМ, производимого по технологии спанлейс растет, возникает необходимость в изучении влияния ионизирующего излучения

на технические свойства данного материала. Практический интерес представляет определение наиболее чувствительных к воздействию радиации показателей (так называемых характерных показателей радиационной стойкости) по которым возможно осуществление контроля потребительских свойств НМ спанлейс после стерилизации. Так как в настоящее время для стерилизации используется как ускоренные электроны, так и гамма-излучение, большое значение имеет также определение влияния вида ионизирующего излучения на нетканый материал. Таким образом, целью данной работы являлось определение влияния поглощенной дозы при радиационной стерилизации и вида ионизирующего излучения на свойства НМ производимого по технологии спанлейс. В качестве объекта исследования был выбран перфорированный спанлейс (состав полипропилен/вискоза), используемый в качестве салфеток, тампонов тупферов, масок и т.д. Образцы нетканых материалов были облучены в широком диапазоне поглощенных доз - от 20 до 60 кГр на радиационно-технической установке: ИЛУ-10, принадлежащей ООО «СФМ-Фарм» и радиационно-технической установке «Пинцет» (укомплектована источниками излучения кобальт 60), принадлежащей ОАО "Татхимфармпрепараты". Были проведены физико-механические испытания облученных образцов (рисунок 2, 3). В качестве показателей были выбраны: прочность при удлинении в продольном и поперечном направлении (ГОСТ Р 53226-2008), прочность на прорыв (ИСО 13938-1:1999), абсорбирующая способность абсорбента (ISO 9073-12:2002) в соответствии с техническими условиями на НМ. При облучении дозой 60 кГр происходит снижение прочности НМ в продольном направлении: в случае гамма-излучения на 40%, ускоренных электронов на 12%. Прочность НМ при удлинении в поперечном направлении имеет небольшие значения и соответственно снижается незначительно. Наблюдается изменение цвета с белого на светло-желтый при облучении НМ гамма-лучами поглощенной дозой 60 кГр. Рис. 2 - Зависимость прочности при удлинении в поперечном и продольном направлении перфорированного НМ спанлейс от поглощенной дозы радиационного облучения двух видов: ускоренные электроны и гамма-лучи Рис. 3 - Зависимость прочности на прорыв перфорированного НМ спанлейс от поглощенной дозы радиационного облучения двух видов: ускоренные электроны и гамма-лучи При облучении гамма-лучами и ускоренными электронами дозой 60 кГр снижение прочности на прорыв составляет ~ 60%. Следует отметить, что показатели прочности на прорыв НМ, облученного ускоренными электронами поглощенной дозой 20 и 40 кГр, имеют значения на ~20% больше, чем при гамма-излучении. Перфорированный НМ спанлейс характеризуется как материал с большой впитывающей способностью. Было исследовано влияние дозы облучения различных источников на абсорбирующую способность материала. Данные представлены на рисунке 4. Абсорбирующая способность НМ при облучении гамма-лучами дозой 60 кГр

падает на 50%, при облучении ускоренными электронами дозой 60 кГр падение составляет лишь 20%. Снижение физико-механических показателей НМ спанлейс при облучении, скорее всего, обусловлено присутствием в составе НМ полипропиленовых волокон. Полипропилен благодаря наличию третичных атомов углерода в основной макромолекулярной цепи имеет низкую стойкость к термоокислительной и радиационной деструкции [15]. Нужно отметить, что при поглощенной дозе выше 50 кГр начинается разрушение вязкого материала [16].

Рис. 4 - Зависимость абсорбирующей способности перфорированного НМ спанлейс от поглощенной дозы радиационного облучения двух видов: ускоренные электроны и гамма-лучи

Более значительное падение показателей при облучении гамма-излучением связано с тем, что наряду с радиационной деструкцией, более интенсивно в отличие от облучения ускоренными электронами протекает и термоокислительная деструкция, поскольку температура при стерилизации гамма-излучением составляет 70-80°C. Также, влияет время стерилизации. Как было отмечено выше при облучении ускоренными электронами действие излучения ограничивается несколькими секундами, в отличие от многочасового воздействия на продукт гамма-излучением, что также отражается на свойствах материала. Кроме того, интенсивному протеканию окислительных процессов и деструкции способствует появление озона при длительной радиационной стерилизации. Таким образом, в результате проведенных исследований перфорированного НМ полученного по технологии спанлейс показано, что все изученные показатели - прочность при пространственном растяжении, прочность при одноосном растяжении (в продольном направлении) адсорбирующая способность, в изученном диапазоне поглощенных доз могут характеризовать стойкость НМ к воздействию радиации. На основании полученных результатов, можно рекомендовать использовать, как наиболее щадящий вид радиационной стерилизации, стерилизацию ускоренными электронами.