

- 49 Международной научно-практической конференции преподавателей и студентов. В 2 томах / ВГТУ. – Витебск, 2016. – С. 315–317.
5. Липко, В. И., Широкова, О. Н. Моделирование аэрации производственных цехов с точечными источниками тепловыделений // Материалы докладов Международной научно-технической конференции, посвященной Году науки «Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности» / ВГТУ. – Витебск, 2017. – С. 319–322.
6. Широкова, О. Н. Моделирование взаимодействия вентиляционных и конвективных потоков в цехах литейного производства // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F: Строительство. Прикладные науки. – 2017. – № 16. С. 137–143.
7. Липко, В. И., Широкова, О. Н. Экспериментальный стенд и методика исследования эффективности действия экранно-шторной аэрации от теплового воздействия точечного теплоисточника // Материалы докладов 50-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвященной году науки / ВГТУ – Витебск, 2017. – С. 322–324.

УДК 541.64:677.4

## ВОЛОКНИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИЛАКТИДА С ПРОЛОНГИРОВАННЫМ ФАРМАКОЛОГИЧЕСКИМ ЭФФЕКТОМ

Щербина Л.А.<sup>1</sup>, доц., Чвилов П.В.<sup>1</sup>, ст. преп., Рыбаков А.А.<sup>2</sup>, председатель

<sup>1</sup>Могилевский государственный университет продовольствия, г. Могилев,

<sup>2</sup>Белорусский государственный концерн по нефти и химии,

г. Минск, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** полилактид, раствор, формование, волокно, иммобилизация.

**Реферат.** Полилактидные (ПЛА) волокнистые материалы могут использоваться для производства одноразовой одежды, постельного белья, индивидуальных средств защиты, шовных, тампонажных, перевязочных, аппликационных и других материалов медицинского, ветеринарного и сельскохозяйственного назначения. Рассмотрен способ получения волокнистых материалов на основе полилактоида, позволяющий вводить в них нетермостойкие биоактивные препараты.

Полилактидные (ПЛА) волокнистые материалы могут использоваться для производства одноразовой одежды, постельного белья, индивидуальных средств защиты, шовных, тампонажных, перевязочных, аппликационных и других материалов медицинского, ветеринарного и сельскохозяйственного назначения. Особый интерес представляют биodeградируемые полилактидные волокнистые материалы (нити, волокна, тканые и нетканые материалы и др.), проявляющие пролонгированную биологическую активность.

Известны разнообразные способы получения ПЛА волокон. Так, в патенте Японии [1] описан способ получения ПЛА волокон методом формования из расплава смеси поли(L-молочной кислоты) и поли(D-молочной кислоты). Полученные ПЛА волокна имеют прочность более 2,6 сН/дтекс. В патенте [2] также описан способ получения высокопрочных и термически устойчивых ПЛА волокон методом формования из расплава смеси поли(L-молочной кислоты) и поли(D-молочной кислоты) в соотношении от 30 до 70 % (масс.) поли(L-молочной кислоты) и от 70 до 30 % (масс.) поли(D-молочной кислоты). По данному способу вытягивание волокон осуществляется при кратковременном обдуве или без обдува, с последующей термообработкой при 120–180 °С.

Недостатки данных способов состоят в высокой вероятности деструкции полимера при гомогенизации и экструзии расплава и вытяжке волокна. Это также приводит к накоплению в волокне продуктов деструкции полимера, невозможности введения фармакологических препаратов в расплав из-за высоких температур его переработки в волокно и вытяжки волокна, так как высока вероятность потери препаратами активности. Малая пригодность ПЛА волокон, полученных через расплав или через раствор по «сухому» методу, для ин-

клюдации в них препаратов, связана с низкой скоростью диффузии веществ в такие волокна.

Известен также способ получения ПЛА нитей методом формования из раствора [3]. Согласно этому способу ПЛА, представляющий собой смесь поли(L-молочной кислоты) и поли(D-молочной кислоты) со средней молекулярной массой от 20000 до 100000, растворяют в хлороформе и формируют «сухим» методом. После чего сформованное волокно вытягивают при температуре от 100 °С до 220 °С при кратности вытяжки не менее 21.

Недостатки данного способа состоят в нецелесообразности введения фармакологических препаратов в раствор из-за высокой вероятности деструкции фармакологических препаратов при повышенных температурах формования волокна из концентрированных растворов по «сухому» методу и вытягивания готового волокна при температуре от 100 до 220 °С, в невозможности отмывки (экстракции) из волокна водой несмешивающихся с ней органических растворителей (хлороформ и др.), в плохой растворимости в несмешивающихся с водой органических растворителях водорастворимых фармакологических препаратов.

Описан также способ получения ПЛА волокна методом «мокрого» или «сухого» формования из смеси, состоящей из: поли(D-молочной кислоты) и поли(L-молочной кислоты) со средней молекулярной массой от 20000 до 100000 [4]. В данном случае прядильные растворы состоят из смеси 5 % раствора поли(L-молочной кислоты) в хлороформе и 5 % раствора поли(D-молочной кислоты) в хлороформе. Процесс «мокрого» формования осуществляется экструзией прядильных растворов из фильеры с диаметром отверстий 0,5 мм и числом отверстий 10 в коагуляционную ванну, состоящую из смеси этилового спирта и хлороформа в соотношении 100:30 (об.), при температуре 50 °С. Процесс формования ПЛА волокна «сухим» методом проводится в прядильной шахте длиной 50 см при температуре 50 °С со скоростью подачи прядильного раствора 0,2 см<sup>3</sup>/мин и скоростью приема 1 м/мин. Вытяжка полученного волокна осуществляется в корыте с силиконовым маслом при температуре от 100 до 220 °С с разной кратностью вытяжки.

Недостатками описанного способа являются: низкая концентрация прядильного раствора и, соответственно, большой расход растворителя для приготовления прядильного раствора, сложность регенерации компонентов коагуляционной ванны, загрязнение компонентами коагуляционной ванны силиконового масла для вытягивания, нецелесообразность введения фармакологических препаратов в прядильный раствор из-за высокой вероятности деструкции фармакологических препаратов при высоких (от 100 до 220 °С) температурах вытягивания волокна, проведение вытягивания в силиконовом масле, несмешивающемся с водой, и невозможность эффективного инклюдирования в пропитанное силиконовым маслом и готовое волокно фармакологических препаратов, сложность удаления из/с волокна небιοассимилируемого силиконового масла.

Разработан способ получения ПЛА волокон и нитей (а по аналогии и нетканых материалов), позволяющий вводить в них нетермостойкие модификаторы, например, биоактивные препараты, обладающие фармакологической, лечебной, биостимулирующей, заживляющей, антисептической (бактерицидной, антимицозной и т. п.) активностью. Для этого при получении ПЛА волокон и нитей из смеси, состоящей из поли(L-молочной кислоты) и поли(D-молочной кислоты) в любом соотношении со средней молекулярной массой от 20000 до 150000, прядильные растворы готовят с использованием диоксана, который смешивается с водой и этанолом в любых соотношениях, с концентрацией прядильного раствора по полимеру от 7 до 20 % (масс.) в зависимости от молекулярной массы полимеров. При этом ПЛА волокна и нити из смеси поли(L-молочной) и поли(D-молочной) кислот получают методом «мокрого» формования в коагуляционную ванну (или методом электроформования), состоящую из смеси воды, содержащей этанол от 0 до 96 % и диоксан в количестве от 0 до 80 % от общей массы ванны, при температуре коагуляционной ванны от -4 до 20 °С. Для увеличения удельной поверхности волокна предлагается использовать фильеры с большим количеством малых отверстий. Фильерная вытяжка при «мокром» формовании может зависеть от конкретного состава прядильного раствора и коагуляционной ванны и составляет от -20 до 1000 %. Вытягивание волокна можно проводить в два этапа. На первом этапе осуществляется пластификационная вытяжка волокна в гель-состоянии, а на втором этапе – дополни-

тельная ориентационная вытяжка волокна после модификационной обработки и сушки волокна.

Сформованное таким образом волокно подвергается пластификационной вытяжке с кратностью от 1 до 9 при температуре от 20 до 95 °С в ванне, состоящей из смеси воды, содержащей от 0 до 96 % этанола и диоксана в количестве от 0 до 80 % от общей массы ванны. Так как коагуляционная и пластификационная ванны содержат одинаковые компоненты, то отсутствует возможность внесения посторонних компонентов в пластификационную ванну.

Данный метод получения волокна с фармакологической активностью предусматривает проведение модификационной обработки ПЛА волокна в гель-состоянии различными модификаторами до проведения сушки волокна. Это обеспечивает большую скорость диффузии модификаторов в структуру волокна, а также надежное закрепление модификаторов в структуре волокна в результате сушки.

Сушку и дополнительную ориентационную вытяжку модифицированного волокна предполагается проводить при температурах менее 90 °С, что позволяет избежать разрушения модификаторов. При этом максимальная кратность дополнительной ориентационной вытяжки зависит от кратности и условий пластификационной вытяжки, температуры, при которой проводится дополнительная ориентационная вытяжка, и молекулярной массы полилактидов, используемых для приготовления прядильного раствора.

Серия сравнительных экспериментов показала, что полученные данным методом ПЛА волокна и нити имеют эксплуатационные характеристики, позволяющие их использовать для изготовления нетканых и тканых волокнистых материалов технического, медицинского, ветеринарного и сельскохозяйственного назначения. Наличие гель-состояния у ПЛА волокна до сушки позволяет вводить в его структуру различные препараты по технологии инклюзионной модификации. Мягкие условия «мокрого» формования и увеличение общей кратности вытяжки при поэтапном вытягивании позволяют, при необходимости, существенно увеличить прочность волокнистых материалов. Важной особенностью данного технологического решения является возможность его реализации на типовом оборудовании для производства химических волокон и нитей.

Таблица 1 – Примеры осуществления способов получения волокнистых материалов на основе полилактида

Показатели	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3
Соотношение поли(L-молочной кислоты) и поли(D-молочной кислоты)	0:1	1:1	1:0
Температура коагуляционной ванны, °С	-4	10	10
Кратность пластификационной вытяжки, раз	3	1	6,5
Температура пластификационной вытяжки, °С	50	20	50
Температура сушки, °С	50	45	-5
Кратность/Температура дополнительной ориентационной вытяжки, раз/°С	1,5/45	1,5/45	1,5/20
Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	31,5	16,9	31,1
Удлинение при разрыве, %	до 32,1	до 25,4	до 23,8

Список использованных источников

1. Пат. 2002-30523 А Японии. МПК7 D01F 6/92. Polylactic acid fiber. / Matsumoto Hiroshige (Япония). Оpubл. 31.01.2002
2. Патент 2005-23512 А Японии. МПК7 D01F 6/92. Polylactic acid fiber. / Matsumoto Hiroshige (Япония). Оpubл. 27.01.2005.
3. Пат. 0288041 МПК7 D01F 6/92. Polylactic acid fiber. / Ikada, Yoshito Ujr-shikyoto (Япония). Заявл. 20.04.1988; Оpubл. 18.09.1996; European Patent
4. Патент США 5010145 МПК7 D01F 6/92 (20060101). Polylactic acid fiber. / Ikada, Yoshito, Gen, Shokya (Япония). Оpubл. 23.04.1991; US Patent.