
НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

УДК 53.06;54.03;54.05;615.26

**ПОЛУЧЕНИЕ БИОРАЗРУШАЕМЫХ ПЛЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ
НА ОСНОВЕ КРАХМАЛА ДЛЯ ПРОЛОНГИРОВАННОГО
ВЫСВОБОЖДЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ВОЛНОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ****© 2021 г. С. Р. Ганиев^{1,*}, В. П. Касилов¹, О. Н. Кислогубова¹,
О. А. Бутикова¹, Н. Е. Кочкина^{1,2}**¹ *Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Москва, Россия*² *Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, Иваново, Россия***e-mail: secretar@imash.ru*

Поступила в редакцию 06.10.2020 г.

Принята к публикации 18.12.2020 г.

В настоящей статье предложена волновая технология получения пленочных композитных материалов на основе нативного крахмала с Na-монтмориллонитом, предназначенных для пролонгированного выделения биологически активных соединений. Показано, что использование волновых воздействий на стадии подготовки суспензии для пленочных композитных материалов способствует формированию композитов, характеризующихся улучшенными параметрами кинетики высвобождения биологически активных соединений из пленок в сравнении с таковыми для материалов, полученных с помощью ультразвука.

Ключевые слова: волновые технологии, волновое диспергирование, лекарственные композитные пленки, биоразрушаемые полимеры

DOI: 10.31857/S023571192102005X

Задача создания пленочных композитных материалов для пролонгированного высвобождения биологически активных соединений (БАС) является актуальным направлением исследований во всем мире. Особый интерес представляет получение подобных композитных пленок на основе биоразрушаемых полимеров, получаемых из ежегодно возобновляемого сырья. Такие системы востребованы в пищевой промышленности в качестве “активной” упаковки, способной повышать срок хранения и безопасность, а также улучшать внешний вид и вкусовые качества продукта; в медицине для контролируемой доставки лекарственных препаратов, в сельском хозяйстве в качестве пленок для мульчирования.

Настоящее исследование посвящено получению пленочных композиционных материалов для пролонгированного высвобождения БАС на основе недорогого производимого промышленностью в больших масштабах биополимера – крахмала, наполненного частицами слоистого алюмосиликата – Na-монтмориллонита (ММТ). Свойства полимерных композитов [1, 2], наполненных (модифицированных) микро- и нанодобавками, во многом определяются не только типом и количеством добавки, но и степенью ее диспергирования, а также равномерностью распределения в матрице. Проведенные в ИМАШ РАН (НЦ НВМТ) исследования показали, что качественно новых результатов в направлении диспергирования микро- и наноапполнителей в вязком



Рис. 1. Экспериментальная установка волнового смешивания VM-58.

составе полимерной матрицы можно достичь за счет применения волновых технологий [3–5].

В настоящей статье приведены результаты серии сравнительных экспериментов, позволяющих оценить влияние ультразвуковых и волновых воздействий на эффективность процесса подготовки суспензии ММТ, оказывающего существенное влияние на структуру и физико-химические свойства формируемых композитов.

Выбор исследуемой модели определялся развитием новых лекарственных форм (ЛФ), доставляющих лекарственные вещества в пораженный участок организма в точно регулируемых количествах. К таким видам относятся ЛФ с модифицированным действием. Данные формы по сравнению с обычной формой характеризуются измененным временем наступления эффекта, продолжительностью и выраженностью действия лекарственных средств. Среди лекарственных форм с модифицированным высвобождением актуальны в использовании пролонгированные ЛФ в виде лекарственных пленок, которые обеспечивают увеличение продолжительности действия лекарственного вещества путем замедления его высвобождения. Преимуществом таких форм является точность дозирования и длительность воздействия лекарственного препарата, что позволяет уменьшить расход и токсичность действия лекарственного вещества и минимизировать побочные эффекты. В качестве модели биологически активного соединения использовали окситетрациклин гидрохлорид (ОТЦ). Изучали высвобождение ОТЦ из композитных пленок в дистиллят и физиологический раствор Рингера.

Волновая технология применялась на стадии диспергирования ММТ в воде перед введением его в дисперсную систему для приготовления жидкофазного композита крахмал/ММТ. Концентрация ММТ в композите варьировалась в течение эксперимента и составляла 1.5%; 3%; 5% к весу крахмала.

Волновое диспергирование проводили на экспериментальной установке волнового смешивания VM-58 (рис. 1) с электромеханическим резонансным генератором, в которой обеспечиваются интенсивные сдвиговые напряжения как неперiodического, так и волнового воздействия.

Получение пленочных материалов с окситетрациклином гидрохлоридом (ОТЦ). Предварительное диспергирование ММТ в воде осуществляли по следующему режиму: ам-

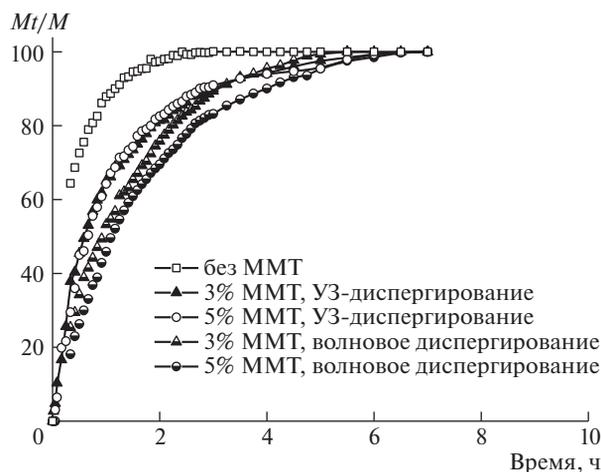


Рис. 2. Кинетика выделения ОТЦ в воду из композитных пленок на основе крахмала и ММТ, полученных различными способами.

плитуда на границе формирования волнового воздействия – 6 мм; частота – 42.7 Гц; время обработки 40 минут. В процессе перемешивания в рабочую емкость постепенно доливали воду. В результате получили желеобразную дисперсную систему с массовым соотношением ММТ/вода = 1 : 7. Крахмальный клейстер с ММТ и глицерином получали из предварительно диспергированного ММТ в воде. Взвешивали расчетное количество геля (ММТ/вода), растворяли в небольшом количестве дистиллированной воды (до исчезновения агрегатов ММТ). Затем добавляли глицерин, крахмал и оставшуюся воду, тщательно перемешивали, нагревали до 80°C и выдерживали при данной температуре в течение 20 минут.

Далее в охлажденный крахмальный клейстер вносили расчетное количество окситетрациклина гидрохлорида ОТЦ и формировали пленки методом полива на обезжиренную гидрофобную подложку. Сушка формируемых пленочных материалов проходила при комнатной температуре.

Параллельно получали систему аналогичного состава, применяя для создания жидкого композита ультразвуковое диспергирование.

Так же были получены лекарственные пленки с той же концентрацией ОТЦ без ММТ для оценки эффективности введения последнего в состав пленочного композита с целью улучшения его свойств.

Исследование кинетики высвобождения ОТЦ из пленочных материалов. Кинетические изотермы десорбции ОТЦ были получены следующим образом. В емкость с бидистиллятом вносили образец пленки и помещали в термостат WithBath, в котором поддерживалась температура $30 \pm 1^\circ\text{C}$. Через определенные промежутки времени отбирали пробы водного раствора, в котором определяли концентрацию ОТЦ. После измерения пробы возвращали в емкость с образцом.

Концентрацию ОТЦ определяли спектрофотометрическим методом с использованием спектрофотометра BiochromlibraS4, измеряя оптическую плотность на длине волны, соответствующей максимуму спектра поглощения раствора ОТЦ ($\lambda_{\text{max}} = 365 \text{ нм}$). Концентрация высвободившегося ОТЦ рассчитывали из калибровочного графика.

Результаты исследования кинетики высвобождения ОТЦ из сформированных композитных пленок представлены на рис. 2. Как видно, время высвобождения ОТЦ из

композитных пленок, полученных с применением волновой технологии, возрастает в сравнении с пленками, сформованными с использованием ультразвуковых воздействий и пленок, не содержащих ММТ. Увеличение концентрации ММТ в пленках также способствует пролонгированию выделения ОТЦ.

Таким образом, представленные результаты выполненного исследования демонстрируют принципиальную возможность получения недорогих и эффективных пленочных композитных материалов на основе крахмала и Na-монтмориллонита (ММТ) для контролируемого высвобождения БАС. Применение волнового метода подготовки суспензии ММТ в технологии формирования композитных лекарственных пленок обеспечивает улучшение качества последних с точки зрения регулирования процесса диффузии БАС.

Представленные данные показывают перспективность применения волновых технологий для решения задач данного направления.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кербер М.Л., Головкин Г.С., Горбаткина Ю.А. Полимерные композиционные материалы. Структура. Свойства. Технология: учеб. пособие, 4-е испр. и доп. изд./ под ред. А.А. Берлина ред., СПб.: ЦОП “Профессия”, 2014. 592 с.
2. Шевченко А.А. Физикохимия и механика композиционных материалов: Учебное пособие для вузов, СПб: ЦОП “Профессия”, 2010. 224 с.
3. Ганиев Р.Ф., Ганиев С.Р., Касилов В.П., Пустовгар А.П. Волновые технологии в инновационном машиностроении, Москва: Институт компьютерных исследований, 2014. С. 106.
4. Ганиев Р.Ф. Волновые машины и технологии, М.: Научно-издательский центр “Регулярная и хаотическая динамика”, 2008. С. 192.
5. Ганиев Р.Ф., Ганиев С.Р., Касилов В.П., Кислогубова О.Н., Курменев Д.В., Пустовгар А.П. Перспективы волновых технологий для создания новых полимерных композиционных материалов (нанокompозитов, высоконаполненных композитов) // Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2015. № 4. С. 3.