

УДК 542.8:544.14+537.31+691.175

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИЛАКТИДА

Л. Н. ФИЛИППОВИЧ², С. Н. ЛЕМЕШОНОК¹,
П. В. НЕСТЕРЕНКО², Ж. В. ИГНАТОВИЧ¹, А. А. РОГАЧЕВ¹¹Институт химии новых материалов НАН Беларуси²Институт физико-органической химии НАН Беларуси

Минск, Беларусь

Одним из быстроразвивающихся направлений является создание упаковки с использованием биоразлагаемых полимеров, которые способны к деструкции микроорганизмами в условиях окружающей среды.

Поверхностная обработка бумаги тонким слоем (до 100 мкм) на основе биополимера улучшает механические свойства, прочность и эластичность бумажного изделия во влажной среде. Актуальной задачей является создание композиций из нескольких биоразлагаемых материалов, в которых матричная фаза – это биоразлагаемый полимер, например полилактид, хитозан, а наполнитель – дешевое сырье – крахмал, древесная мука, лузга злаковых культур и т. д. [1, 2].

Цель работы – разработать составы для формирования композиционных материалов на основе ПЛА и отечественных наполнителей (азолигнина, наноцеллюлозы окисленной, динатриевой соли 4,4'-азобензолдикарбоновой кислоты) и исследовать их оптические и физико-химические свойства.

Материалы и методы. Составы для формирования пленок готовили из 1,0 %...5,0 % полилактида (ПЛ Mw = 215 000) – шифр ПЛ-12, содержащие (масс. %): азолигнин (1,0...1,2) – шифр ПЛ-8; азолигнин (1,0...1,2), наноцеллюлозу окисл. (11,0), AlCl₃ (4,0) – шифр ПЛ-9; азолигнин (1,0...1,2), наноцеллюлозу окисл. (11,0), AlCl₃ (4,0), УФ-стабилизатор – динатриевую соль 4,4'-азобензолдикарбоновой кислоты, ДНС (0,6) – шифр ПЛ-10; остальное – хлороформ до 100 %. Пленки сушили при комнатной температуре. Толщина пленок составила 40...60 мкм. Температуру процесса варьировали от 25 °С до 90 °С. Азолигнины получали азосочетанием активированного щелочью гидролизного лигнина с продуктами диазотирования сульфаниловой кислоты и бензида. Окисленная целлюлоза, а именно диальдегид целлюлоза, получена из бактериальной наноцеллюлозы (БНЦ), продуцируемой уксуснокислыми бактериями *Komagataeibacter* (симбиоз дрожжей и уксуснокислых бактерий), с использованием методики периодатного окисления.

В УФ-спектрах образцов пленок имеются максимумы при 239 нм (D = 2,025) – ПЛ-12, при 272 нм (D = 2,973) – ПЛ-8, при 350 нм (D = 4,000) – ПЛ-9, при 306 нм (D = 3,720) – ПЛ-10, т. е. при введении дополнительно добавок азолигнина, наноцеллюлозы и ДНС светопропускание образцов уменьшается. В области 400...500 нм образцы ПЛ-8-ПЛ-10 характеризуются невысоким светопропусканием, не превышающим 8 %. Кроме того, образцы оказались довольно устойчивыми к облучению УФ-светом ртутной лампы.

Установлено, что изученные образцы воду не сорбируют: наибольший угол краевого смачивания у образцов ПЛ-9 и ПЛ-10, содержащих наноцеллюлозу

окисленную ($77,97^\circ \dots 79,50^\circ$ и $46,65^\circ \dots 47,82^\circ$). Для образца ПЛ-8, содержащего азолигнин, угол составил $12,59^\circ \dots 13,42^\circ$ (рис. 1).



Рис. 1. Изображения капель воды

Из кривых зависимости нагрузка-удлинение рассчитаны прочностные характеристики образцов (табл. 1). Наибольшей прочностью характеризуются образцы ПЛ-12 ($1124,0 \text{ Н/мм}^2$) > ПЛ-8 ($1023,0 \text{ Н/мм}^2$) > ПЛ-10 ($851,8 \text{ Н/мм}^2$), т. е. добавка азолигнина практически не уменьшила прочности образца.

Табл. 1. Прочность образцов

Образец, пленка №	ПЛ-8	ПЛ-9	ПЛ-10	ПЛ-12
Ширина образца, мм	2	2	1	5
Толщина, мкм	100	160	110	100
Нагрузка при разрыве, Н	204,6	163,3	93,7	112,4
Прочность, Н/мм^2	1023,0	510,3	851,8	1124,0

Таким образом, можно сделать вывод, что введение в ПЛА азолигнинового красителя не ухудшает прочности образцов, добавки наноцеллюлозы окисленной, УФ-стабилизатора (ДНС) и азолигнина, защищает материал от воздействия влаги и УФ-излучения, что имеет большой потенциал при разработке упаковочных материалов.

Работа выполнена в рамках ГПНИ «Материаловедение, новые материалы и технологии», подпрограмма «Многофункциональные и композиционные материалы» задания 8.4.2.2 и Договора БРФФИ № T23УЗБ-059 «Разработка фундаментальных основ создания модифицированной углеродной ткани и производных целлюлозы с целью получения медицинских материалов с комплексными свойствами».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Подденежный, Н. Е.** Биоразлагаемые композиты на основе полилактида и органических наполнителей / Н. Е. Подденежный, А. А. Дробышевская, Е. Н. Бойко // Вестн. ГГТУ им. П. О. Сухого. – 2021. – № 3. – С. 20–25.
2. Bioactive film based on chitosan incorporated with cellulose and aluminum chloride for food packaging application: Fabrication and characterization / Eya Beji [et al.] // Food Bioscience. – 2023. – Vol. 53. – P. 102678.