

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ УПАКОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В статье рассмотрены результаты применения электрофизических методов исследования структуры и свойств полимерных упаковочных материалов.

The article considers the results of the application of electrophysical methods for studying the structure and properties of polymeric packaging materials.

*Ключевые слова:* полимерные упаковочные материалы; термоактивационная токовая спектроскопия; изотермическая деполаризация.

*Key words:* polymer packaging materials; thermal activation current spectroscopy; isothermal depolarization.

Среди различных материалов, применяемых для упаковывания различных товаров, лидирующие позиции занимают полимерные материалы. Для изучения структуры и свойств таких материалов применяют различные методы исследования [1]. Электрофизические методы исследования зарекомендовали себя как удобный и информативный метод контроля структуры и свойств дисперсных систем. Экспериментально и теоретически показано, что они дают существенно больший объем информации, чем традиционные, имеют широкую область применения, поддаются автоматизации и легко встраиваются в современные информационно-вычислительные комплексы [2].

Для изучения полимерных материалов различной природы был использован метод термоактивационной токовой спектроскопии (ТСТ). Функциональная схема измерительного комплекса представлена на рисунке 1.

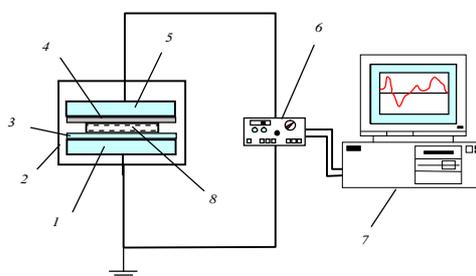


Рисунок 1 – Схема измерительного комплекса для регистрации и записи термостимулированных токов:  
1 – нижний электрод (Al); 2 – разборный экран; 3 – нижняя прокладка (фольга Al);  
4 – верхняя прокладка (тефлон); 5 – верхний электрод (Al); 6 – усилитель-преобразователь;  
7 – персональный компьютер; 8 – анализируемый образец

Установка включает измерительную ячейку с двумя алюминиевыми электродами и термокамеру. Изоляцию электродов осуществляли с помощью термостойких диэлектриков (фторопласт-4, керамика), обеспечивающих сопротивление изоляции не менее  $10^{12}$  Ом. В составе измерительного комплекса имеется автоматическое устройство для программируемого повышения температуры в термокамере (контроллер-терморегулятор с термопарой), а также пикоамперметр, обеспечивающий измерение термостимулированного тока (ТСТ) в диапазоне  $10^{-13}$ – $10^{-5}$  А с погрешностью не более 5%. Полученная база данных спектров ТСТ подвергается математической обработке путем цифровой фильтрации средствами OriginLab 7.0 с получением величины остаточного заряда электрета ( $Q_{ост}$ , Кл) по ГОСТ 25209 «Пластмассы и пленки полимерные. Методы определения поверхностных зарядов электретов» [3].

Исследуемые образцы представляли собой пленки размером  $10 \times 10 \times 2$  мм, приготовленные методом горячего прессования из полиэтилена высокого давления ПЭВД 15803-020.

Образцы электризовали в поле коронного разряда напряженностью 10 кВ/см в течение 10 мин при температуре 80 °С. Экспериментально установлено, что характер спектра ТСТ зависит от природы материала и несет информацию о типах центров захвата носителей заряда, их энергии, о внутренней структуре материала.

Для исследования «активных материалов», которые содержат в своем составе различные добавки и при определенных условиях выделяются в упаковочное пространство, оказывая воздействие на продукт, был применен метод изотермической деполяризации (ИТД) с использованием анализатора дисперсных систем АДС-1, который представляет собой компьютеризированный программно-аппаратный комплекс.

Технические характеристики АДС-1 позволяют реализовать различные виды электрических измерений, используемых при изучении состава и свойств вещества. Для регистрации электрического отклика на физико-химические процессы использован метод ИТД, обладающий большой информативностью и применяемый для контроля жидких дисперсных систем. В соответствии с моделью аддитивности вкладов дифференциальных поляризационных механизмов получили интегральный результат.

Согласно методике комплексных электрофизических исследований, принцип метода измерения токов ИТД представлен на рисунке 2 [2].

Полная кривая процесса поляризации системы состоит из двух областей: заряда и разряда. Область заряда показывает изменение напряжения на электродах ячейки в течении времени поляризации  $t$  при прохождении постоянного тока поляризации  $I_p$  от источника постоянного тока. В области разряда регистрируется ток деполяризации  $I(t)$ , а также время релаксации  $\tau$  поляризационного заряда. Метод состоит в наложении электромагнитного возмущения на дисперсную систему, находящуюся в замкнутом объеме, с последующей регистрацией ее отклика.

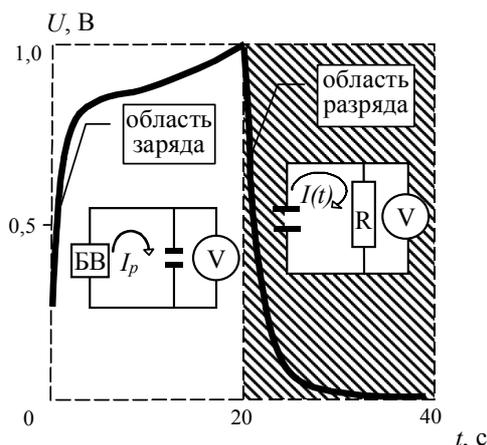


Рисунок 2 – Принцип метода измерения поляризационных процессов в дисперсных системах

Схема измерительной установки прибора представлена на рисунке 3.

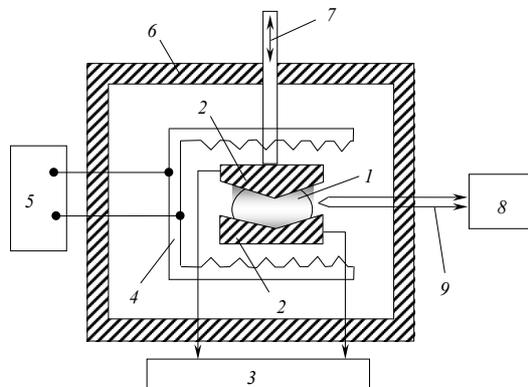


Рисунок 3 – Блок-схема экспериментальной установки для проведения изотермической деполяризации: 1 – исследуемый образец; 2 – электроды; 3 – АДС-1; 4 – нагреватель; 5 – источник питания для нагревателя; 6 – термостабилизирующая измерительная камера; 7 – микрометрический винт; 8 – вольтметр; 9 – термопара

Жидкодисперсные системы, например, полимерные гели, полученные из поливинилового спирта (ПВС), содержат компоненты, которые по-разному ведут себя в электрическом поле: происходит ориентация дипольных молекул, разнополярно заряженных частиц и надмолекулярных образований, квазидиполей, перемещение на макрорасстояния физических носителей заряда. В результате в образце появляется асимметрия в распределении заряженных частиц, он поляризуется. После снятия поляризующего поля исследуемый образец релаксирует к первоначальному равновесному состоянию, отдавая накопленную энергию. В течение времени релаксации поляризационного заряда по внешней электрической цепи течет ток деполяризации, сила и кинетика снижения которого полностью определяются составом и структурой дисперсной системы. Существование тока деполяризации означает сохранение в течение некоторого времени поляризованного состояния дисперсной системы, соответствует проявлению ею электретного эффекта [4]. Методом ИТД были исследованы поляризационные характеристики гелей ПВС, наполненных различными соединениями синтетического и природного происхождения (желатин, крахмал, папаин, Na-карбоксиметилцеллюлоза и др.) (рисунок 4).

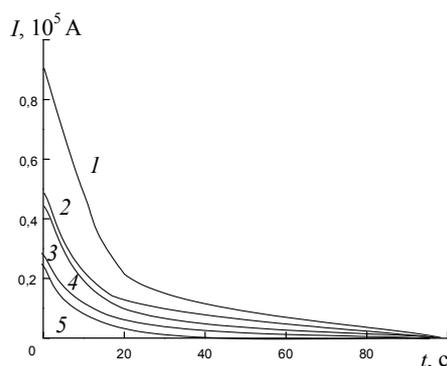


Рисунок 4 – Кинетика спада заряда ИТД в наполненных (5%) гелях ПВС в зависимости от вида наполнителя: 1 – папаин, 2 – карбоксиметилцеллюлоза; 3 – желатин; 4 – Na-карбоксиметилцеллюлоза; 5 – крахмал

Анализ кинетических зависимостей спада заряда показал, что деполяризация в значительной мере определяется физико-химическим взаимодействием наполнителя и полимерной матрицы. Метод позволил дифференцировать наполнители по их влиянию на поляризационные характеристики гелей с целью возможности регулирования анизотропии их свойств. Это открывает новые пути для разработки упаковочных материалов, обеспечивающих пролонгированное действие введенных в них функциональных наполнителей различной природы.

#### Список использованной литературы

1. Ухарцева, И. Ю. Методы и средства исследования : курс лекций / И. Ю. Ухарцева, Е. А. Цветкова. – Гомель : Бел. торгово-экон. ун-т потребит. кооп., 2013. – 212 с.
2. Программно-аппаратный комплекс АИР-1 для контроля жидкодисперсных систем / И. В. Шаламов [и др.] // Приборы и техника эксперимента. – 2002. – № 6. – С. 143–144.
3. Пластмассы и пленки полимерные. Методы определения поверхностных зарядов электретов : ГОСТ 25209-82. – Введ. 01.01.1982. – М. : Гос. ком. СССР по стандартам, 1982. – 12 с.
4. Поляризационные процессы в жидкодисперсных системах / И. Ю. Ухарцева [и др.] // Вестн. технолог. ун-та. – 2016. – Т. 19. – № 5. – С. 73–78.