

УДК 537.29:541.182.4.6

## ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ КОЛЛОИДНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ СИСТЕМ

И. Ю. Ухарцева, Ж. В. Кадолич

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

*Проиллюстрирована возможность использования метода изотермической деполаризации для исследования электрофизических свойств коллоидных полимерных систем. Приведен принцип действия анализатора дисперсных систем и представлены результаты экспериментального изучения поляризационно-деполяризационных процессов в коллоидных полимерных системах различного состава и изучено влияние магнитного наполнителя на эти процессы. Полученные данные позволяют дифференцировать наполнители по их влиянию на поляризационные характеристики гелей и свидетельствуют о возможности регулирования анизотропии физико-химических характеристик коллоидных полимерных систем.*

**Ключевые слова:** коллоидные полимерные системы, изотермическая деполаризация, магнитный наполнитель, поляризационный заряд, время релаксации

## ELECTROPHYSICAL METHOD OF INVESTIGATION OF COLLOIDAL POLYMER SYSTEMS

I. Yu. Ukhartseva, Zh. V. Kadolich

*Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus*

*The possibility of using the isothermal depolarization method to study the electrophysical properties of colloidal polymer systems is illustrated. The principle of operation of the analyzer of dispersed systems is given and the results of experimental study of polarization-depolarization processes in colloidal polymer systems of various compositions are presented and the influence of magnetic filler on these processes is studied. The obtained data make it possible to differentiate fillers by their effect on the polarization characteristics of gels and indicate the possibility of regulating the anisotropy of the physico-chemical characteristics of colloidal polymer systems.*

**Keywords:** colloidal polymer systems, isothermal depolarization, magnetic filler, polarization charge, relaxation time.

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.

Цель исследования заключалась в оценке влияния магнитного наполнителя на электрофизические свойства коллоидных полимерных систем (КПС) различного состава.

Электрофизические свойства КПС изучали с помощью компьютеризированного программно-аппаратного комплекса АДС-1, принцип действия которого состоит в наложении электрического поля на исследуемую коллоидную систему с последующей регистрацией ее отклика. Для регистрации отклика системы в АДС-1 был использован метод изотермической деполаризации (ИТД), основанный на релаксации заряда в поляризованном диэлектрике [1]. Для исследования КПС использовали ячейку объемом  $2,4 \text{ см}^3$  с плоскопараллельными электродами площадью  $6 \text{ см}^2$ , находящимися на рас-

стоянии 0,4 см друг от друга, или специальной формы, объемом 0,2 мл, при расстоянии между ними 0,4 мм.

В коллоидных системах обычно действует одновременно несколько поляризационных механизмов. Результирующее электрическое поле всей системы, подвергнутой внешней поляризации, равно сумме локальных электрических полей всех поляризационных подсистем:

$$P(t) = \sum_{i=1}^n P_{0i} e^{-t/\tau_i}; \quad (1)$$

$$I(t) = \sum_{i=1}^n I_{0i} e^{-t/\tau_i}. \quad (2)$$

Экспериментально показано [2, 3], что для коллоидных систем гелевой структуры на логарифмической кривой деполяризации имеется несколько отчетливо выраженных линейных участков. Это означает, что в общем процессе релаксационного разряда электрически поляризованной системы в отдельные интервалы времени преобладает тот или иной структурно-релаксационный механизм. Выражения (1) и (2) представляют собой совокупности компонентов, имеющих разную величину в разные временные интервалы процесса деполяризации. Логарифмируя уравнение (2), получаем зависимость, графически представляемую в виде ломаной линии, прямолинейные участки и углы наклона которой характеризуют кинетику процесса разряда структурных компонентов исследуемой системы.

Магнитные КПС формировали на основе спиртового раствора поливинилбутираля или поливинилового спирта (ПВС), наполненных функциональными компонентами различной природы (полисахариды, протеины и др.). В качестве магнитного наполнителя использовали феррит бария (ФБ). Степени наполнения полимерного раствора, использованные в экспериментах (до 30 мас. %), относятся к области умеренных концентраций дисперсной фазы. При таких концентрациях в дисперсионной жидкости начинают появляться агрегаты в виде цепочек из нескольких (10–15) частиц наполнителя. При диаметре частицы  $\sim 3$  мкм длина цепочки  $L \sim 30 \div 45$  мкм. Относительный вклад наполнения в диссипативные процессы, определяющие физико-химические характеристики КПС, мал по сравнению с действием механизмов внутреннего трения в полимерном растворе. Тем не менее наполнение обусловило неньютоновские свойства системы, связанные с магнитным взаимодействием и повышенной концентрацией частиц. Перемещение таких систем в магнитном поле (МП) происходит под действием сил, действующих на элементарные объемы жидкости. Их величина определяется ориентирующим воздействием МП на магнитные моменты агрегатов, броуновским движением частиц и другими релаксационными процессами. Механизм структурной поляризации магнитных КПС связан с деформацией и разрушением-восстановлением структурной полимерной сетки. Коллоидные частицы обладают определенной подвижностью и при наложении электрического поля происходит их смещение, а энергия затрачивается на преодоление вязкого трения. При ориентации магнитных моментов частиц нарушается изотропия системы, что оказывает влияние на ее проводимость. Изучение кинетики этих процессов является предпосылкой для создания физической модели переноса и накопления заряда в магнитных коллоидных системах.

Введение в КПС магнитного наполнителя обуславливает резкое увеличение вязкости и уменьшение проводимости систем, что сказывается на поляризационных характеристиках. С увеличением содержания феррита возрастает заряд и замедляется его релаксация. Для гелевых систем с комбинированным наполнителем (например, «феррит + Na-КМЦ») характерна корреляция между временем релаксации заряда и степенью наполнения. Аналогичные закономерности роста поляризуемости с увеличением наполнения ферритом наблюдаются для систем, содержащих желатин. При поляризации систем «гель ПВС – Na-КМЦ», наполненных ферритом (рис. 1), механизм переноса заряда близок к электролитному, поскольку Na-КМЦ обладает способностью к диссоциации.

При намагничивании КПС кинетические кривые поляризации и деполяризации занимают промежуточное положение относительно аналогичных кривых для систем «гель – немагниченный феррит» и «гель – намагниченный феррит» (кривые 2 на рис. 1, а, б). Руководствуясь принципом аддитивности вклада отдельных поляризационных механизмов в общий деполяризационный процесс, проведено вычитание измеренного отклика тока деполяризации матрицы («ПВС – Na-КМЦ») из тока деполяризации КПС с ферритом. Видно, что ФБ вносит вклад (рис. 1, в) в поляризационные процессы всех типов наполненных композиций. Вероятно, это связано со структурированием коллоидной системы в результате наполнения и с влиянием МП, обеспечивающего появление в ней цепочек проводимости.

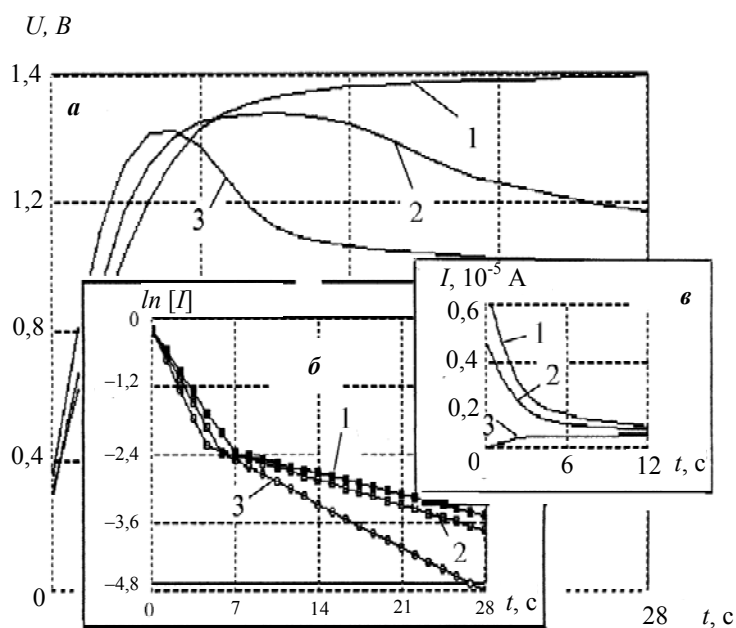


Рис. 1. Кинетические кривые процессов в коллоидных полимерных системах: а – поляризация ( $I_p = 1000 \mu A$ ) в системе «Na-КМЦ – ПВС + ФБ» (10 мас. %); б – деполяризация в системе «Na-КМЦ – ПВС + ФБ» (10 мас. %); в – разность токов деполяризации в системе «+(Na-КМЦ – ПВС + ФБ) – (Na-КМЦ – ПВС)»; 1 – феррит не намагничен; 2 – намагничена композиция; 3 – феррит намагничен

Системы «гель ПВС – папаин» и «гель ПВС – желатин» при введении немагниченного феррита демонстрируют увеличение проводимости. Добавление намагниченного феррита приводит к еще большему ее возрастанию в системах с папаином, в то время как в системах с желатином проводимость падает.

Полученные данные позволяют дифференцировать наполнители по их влиянию на поляризационные характеристики гелей и свидетельствуют о возможности регулирования анизотропии физико-химических характеристик гелевых систем. Зарядовое состояние и намагниченность последних могут способствовать иммобилизации КПС функциональных наполнителей различной природы.

#### Л и т е р а т у р а

1. Программно-аппаратный комплекс АИР-1 для контроля жидкодисперсных систем / И. В. Шаламов [и др.] // Приборы и техника эксперимента. – 2002. – № 6. – С. 143–144.
2. Шаламов, И. В. Применение кондуктометрического метода при изучении структуры полимерных растворов / И. В. Шаламов, В. А. Гольдаде, Е. А. Цветкова // Материалы, технологии, инструменты. – 2007. – № 3. – С. 94–101.
3. Поляризационные процессы в жидкодисперсных системах / И. Ю. Ухарцева [и др.] // Вестн. технолог. ун-та. – 2016. – Т. 19, № 5. – С. 73–78.

УДК 539.21

### **ОСОБЕННОСТИ ПОЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЙ В ОБЛАСТИ ДВОЙНИКА СЕРПОВИДНОЙ ФОРМЫ, НАХОДЯЩЕГОСЯ У ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДОГО ТЕЛА**

**Н. М. Симанович**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

**О. М. Остриков, М. П. Кульгейко**

*Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель*

*Представлен анализ конфигурации полей напряжений в области серповидного двойника, находящегося у поверхности твердого тела. Дана сравнительная оценка напряженного состояния у двойника серповидной формы и клиновидного двойника с прямолинейными границами. Установлены особенности полей напряжений вдоль искривленных границ двойниковой прослойки.*

**Ключевые слова:** механическое двойникование, клиновидный двойник, серповидный двойник, двойниковая граница, напряженно-деформированное состояние, поле напряжений.

### **PECULIARITIES OF THE TENSION FIELDS IN THE AREA OF A CRESCENT SHAPE TWIN NEAR THE SURFACE OF A SOLID BODY**

**N. M. Simanovich**

*Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus*

**O. M. Ostrikov, M. P. Kulgeyko**

*Educational institution “Belarusian State University of Transport”, Gomel*

*An analysis of the configuration the tension fields in the area of a crescent shape twin near the surface of a solid body was presented. A comparative assessment of the tension fields of a crescent shape twin and a wedge-shaped twin with rectilinear boundaries was given. The features of the tension fields along the curved boundaries of the twin layer were established.*

**Keywords:** mechanical twinning, wedge-shaped twin, crescent shape twin, twin boundary, tension-strain state, tension field.