

А. А. Щербина  
А. Е. Чалых

# **АДГЕЗИЯ И АУТОГЕЗИЯ ПОЛИМЕРОВ**

ПЕРЕХОДНЫЕ ЗОНЫ  
ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ  
ВЗАИМО- И САМОДИФФУЗИЯ

Москва

2018

УДК 544.7  
ББК 24.7  
Щ64

*Рецензент д.х.н., проф. Владимир Сергеевич Папков*

Печатается по решению секции Научного совета ИФХЭ РАН  
«Физическая химия полимеров»

**Щербина А. А.**

**Щ64** Адгезия и аутогезия полимеров. Переходные зоны. Фазовые равновесия. Взаимо- и самодиффузия / А. А. Щербина, А. Е. Чалых. — М: ООО «Сам Полиграфист», 2018. — 352 с.

ISBN 978-5-00077-803-6

Книга посвящена новым достижениям в области физической и коллоидной химии, изучающей строение и свойства переходных зон адгезионных соединений, закономерности их формирования, идентификации механизма и характера разрушения. Наибольшее внимание в книге уделено критическому рассмотрению и разработке концепций, описывающих классификацию переходных зон в полимерных адгезионных соединениях с учетом совместимости компонентов, взаимодиффузии, концентрационных и структурных градиентных состояний, неравновесности структурно-морфологической организации, многокомпонентности и многофазности адгезивов, при разностороннем их сопоставлении с результатами экспериментов.

На примере адгезионных систем с аморфным расслоением, кристаллическим и ЖК-равновесием, сложным аморфно-кристаллическим равновесием описаны процессы формирования концентрационно-градиентных и структурно-градиентных переходных зон, определен вклад диффузионных процессов в формирование и разрушение адгезионных соединений; установлены закономерности эволюции прочности адгезионной связи трансдермальных систем с кожей на этапах формирования и эксплуатации соединений с учетом кинетики фазового распада адгезивов, миграции компонентов систем вулканизации, присутствия ингибиторов структурообразования. В книге обобщены экспериментальные данные по массообменным характеристикам адгезионных систем, релаксационным процессам в межфазных слоях, уточнены детали механизма трансляционной подвижности макромолекул в растворах и расплавах полимеров.

Издание представляет интерес для научных работников, инженеров-технологов и материаловедов, специализирующихся в области разработки и эксплуатации адгезивов и адгезионных соединений. Книга может быть полезна студентам, магистрам и аспирантам старших курсов вузов технологических специальностей.

УДК 544.7  
ББК 24.7

ISBN 978-5-00077-803-6



9 785000 778036 >

© Щербина А.А., 2018.  
© Чалых А.Е., 2018.

# Оглавление

От рецензента .....	7
Предисловие .....	11
Глава 1. Классификация адгезивов и переходных зон .....	14
Глава 2. Структурно-механические переходные зоны .....	26
2.1. Шероховатые поверхности .....	26
2.2. Плазмохимическое травление полимеров .....	32
2.2.1. Кинетика травления полимеров .....	32
2.2.2. Поверхностная энергия, адгезия и микроструктуры поверхности .....	40
2.2.3. Закономерности образования микрорельефа при травлении полимеров в плазме ВЧ кислородного разряда .....	57
Глава 3. Структурно-градиентные переходные зоны .....	82
3.1. Транскристаллитные образования .....	82
3.2. Эпитаксия на поверхности полимеров .....	89
3.3. Энергетические характеристики поверхности эпитаксиальных слоев полимеров .....	99
3.3.1. Статистические сополимеры этилена и винилацетата .....	103
3.3.2. Сополимеры винилхлорида и винилацетата .....	111
3.3.3. Сополимеры винилацетата и бутилакрилата .....	112
3.3.4. Кинетика структурных перестроек в поверхностных слоях полимеров .....	114
Глава 4. Концентрационно-градиентные переходные зоны .....	126
4.1. Фазовое равновесие и структура диффузионной зоны .....	126
4.1.1. Системы с аморфным равновесием .....	133
4.1.2. Системы с кристаллическим равновесием .....	139
4.1.3. Системы со сложным аморфно-кристаллическим равновесием .....	141
4.2. Результаты экспериментальных исследований. Системы с аморфным расслоением .....	143
4.2.1. Система поливинилхлорид — полиметилметакрилат .....	143
4.2.2. Поливинилхлорид — полиметилметакрилат — дибутилфталат .....	153
4.2.3. Поливинилхлорид — сополимеры этилена и винилацетата ..	158
4.2.4. Поливинилхлорид — пространственно-сшитые адгезивы сополимеры этилена и винилацетата .....	172
4.2.5. Полистирол — полибутилакрилат .....	185
4.3. Результаты экспериментальных исследований. Системы с кристаллическим равновесием .....	192

4.4. Результаты экспериментальных исследований. Системы со сложным аморфно-кристаллическим равновесием. . . . .	200
4.4.1. Система поливинилиденфторид — полиметилметакрилат. . .	200
4.4.2. Система полиэтилен — сополимеры этилена с винилацетатом .	208
4.4.3. Система полиэтилен — полистирол . . . . .	216
4.5. Коэффициенты диффузии. . . . .	222
4.5.1. Влияние молекулярной массы. . . . .	228
4.5.2. Влияние температуры . . . . .	232
4.5.3. Влияние состава диффузионной среды. . . . .	235
4.6. О механизме трансляционной подвижности макромолекул . . . . .	240
Глава 5. Комбинированные переходные зоны . . . . .	264
5.1. Формирование и разрушение адгезионного соединения нитрильный каучук — фенолоформальдегидный олигомер — сталь . .	266
5.2. Влияние воды на прочность склеивания эластомеров адгезивами на основе реактопластов. . . . .	274
5.3. Переходные зоны в трансдермальных терапевтических адгезионных системах . . . . .	284
5.3.1. Кожа как субстрат в адгезионных соединениях. . . . .	287
5.3.2. Кинетика формирования адгезионных соединений . . . . .	305
5.3.3. Результаты фрактографических исследований. . . . .	312
5.3.4. Кинетика старения адгезионных соединений при их носке . .	317
Глава 6. Методы исследования переходных зон адгезионных соединений . .	330
6.1. Электронно-зондовый рентгеноспектральный микроанализ . . . . .	330
6.2. Сканирующая атомно-силовая микроскопия . . . . .	335
6.3. Атомно-силовая микроскопия в исследовании переходных зон . .	338
Выводы . . . . .	345
Список сокращений и условных обозначений. . . . .	348