

УДК 541.64:539.2

ФОРМИРОВАНИЕ МЕЖФАЗНОГО СЛОЯ В СМЕСЯХ ЭЛАСТОМЕРОВ С РАЗЛИЧНОЙ ПОЛЯРНОСТЬЮ¹

© 2006 г. Н. М. Ливанова

Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук
119991 Москва, ул. Косыгина, 4

Поступила в редакцию 20.10.2005 г.
Принята в печать 27.03.2006 г.

По отклонению равновесной степени набухания в *n*-гептане от аддитивной величины сшитых гетерофазных смесей бутадиен-нитрильных каучуков различной полярности со СКЭПТ известного сомономерного состава и стереорегулярности пропиленовых звеньев охарактеризована плотность межфазного слоя и количество образующихся в нем сшивок. Проанализировано влияние изомеров бутадиеновых звеньев, соотношения сомономеров в СКЭПТ и степени изотактичности пропиленовых звеньев в нем на интенсивность межфазного взаимодействия в совулканизатах.

Ключевым фактором в механизме торможения озонной деструкции диенового каучука добавками эластомера с низкой ненасыщенностью является формирование прочного межфазного слоя [1]. В работе рассмотрено влияние соотношения сомономеров в этиленпропилендиеновых эластомерах (СКЭПТ) и стереорегулярности пропиленовых звеньев на межфазное взаимодействие и количество сшивок в межфазном слое в гетерофазных сшитых смесях с бутадиен-нитрильными каучуками (БНК) разной полярности.

Эффективная защита от озонной деструкции наблюдается при образовании непрерывной пространственной структуры СКЭПТ (содержание его в смеси с БНК более 25 мас. ч.) [2]. Плотность межфазного слоя и количество сшивок в нем определены методом набухания в селективном растворителе *n*-гептане (метод Заппа [3, 4]) по отклонению равновесной степени набухания от аддитивной величины. При этом использовали положение о том, что межфазный слой в сшитой смеси сополимеров с различной полярностью может образоваться путем диффузационного проникновения звеньев СКЭПТ в неполярные области БНК [5–10].

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке программы фундаментальных исследований РАН “Создание новых металлических, керамических, стекло-, полимерных и композиционных материалов” (код проекта 10002-251/ОХМ-03/128-124/180603-743).

E-mail: livanova@sky.chph.ras.ru (Ливанова Надежда Михайловна).

Цель настоящей работы – исследование плотности межфазного слоя, определяющей количество химических сшивок между фазами, и его объема в гетерофазных сшитых смесях эластомеров с различной полярностью, а также сравнение интенсивности взаимодействия контактирующих фаз с участием различных изомеров бутадиеновых звеньев, с одной стороны, этиленовых и пропиленовых участков молекул СКЭПТ различной степени стереорегулярности – с другой.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Объектами исследования служили гетерофазные сшитые смеси БНК с СКЭПТ состава 70:30. При этом содержании неполярного компонента образуется система взаимопроникающих сшитых сеток. В матрице БНК распределены как изолированные частицы СКЭПТ, так и их конгломераты. Размер частиц СКЭПТ в смеси зависит от совместимости компонентов и увеличивается по мере роста полярности БНК. В работе использовали СКЭПТ марки “Royalen” фирмы “Uniroyal” (США) и марки “Keltan” фирмы DSM (Голландия) с различным содержанием этиленовых и пропиленовых звеньев и диена этилиденборнена (ЭНБ). Состав, молекулярно-массовые характеристики, вязкость по Муни, степень изотактичности пропиленовых звеньев СКЭПТ и их содержание по данным ИК-спектроскопии [11, 12] и количество фракций, не растворимой в толуоле при комнатной температуре, приведены в табл. 1.

Таблица 1. Состав и основные характеристики этиленпропилендиеновых эластомеров

Эластомер	Массовое соотношение этилен : пропилен*	Степень изотактичности, %	Содержание пропиленена, мас. %	Содержание гель-фракции, %	Содержание ЭНБ, мас. %	$M_w \times 10^{-5}$ [18]	$M_n \times 10^{-5}$ [18]	M_w/M_n	Вязкость по Муни, усл. е. (при 125°C)
СКЭПТ 778	65 : 35	13	32	15	4.5	2.0	1.35	1.48	63
СКЭПТ 714	50 : 50	12	46	9	8	—	—	—	63
СКЭПТ 712	52 : 48	11	46	13	4.5	3.01	1.60	1.88	63
СКЭПТ R 521	52 : 48	22	46	13	5	2.11	—	1.61	29
СКЭПТ R 505	57 : 43	24	41	7	8	—	—	Узкое ММР*	55
СКЭПТ R 512	68 : 32	20	37	25	4	1.95	—	1.50	57

* Данные фирмы-производителя.

Таблица 2. Содержание в СКЭПТ этиленовых (G_n) и пропиленовых последовательностей (D_m) различной длины, бутена-1 и полибутена-1

Эластомер	Этилен : пропилен*	Степень изотактичности пропиленовых звеньев	$G_{n=1} (815 \text{ см}^{-1})$	$G_{n=2} (752 \text{ см}^{-1})$	$G_{n=3} (735 \text{ см}^{-1})$	$G_{n \geq 5} (722 \text{ см}^{-1})$	$D_{m \geq 4} (973 \text{ см}^{-1})$	$D_{m < 10} (1155 \text{ см}^{-1})$	Бутен-1 (765 см ⁻¹)	Полибутен-1 (787 см ⁻¹)
СКЭПТ R 512 (раствор)	55 : 45	15	0.041	0.043	0.092	0.167	0.053	0.074	0.014	0.001
СКЭПТ R 512 (с гелем)	63 : 37	19	0.40	0.146	0.185	0.249	0.062	0.079	0.259	0.349
СКЭПТ R 505 (раствор)	59 : 41	24	0.079	0.035	0.085	0.184	0.061	0.052	~0	~0
СКЭПТ R 521 (раствор)	54 : 46	22	0.048	0.024	0.045	0.146	0.060	0.173	~0	~0
СКЭПТ R 521 (с гелем)	54 : 46	30	0.065	0.016	0.024	0.131	0.076	0.087	0.055	0.048
СКЭПТ 778 (раствор)	70 : 30	13	0.043	0.030	0.069	0.279	0.049	0.073	0.025	0.051
СКЭПТ 778 (с гелем)	68 : 32	13	0.119	0.142	0.124	0.293	0.040	0.067	0.208	0.256
СКЭПТ 714 (раствор)	57 : 43	12	0.045	0.020	0.051	0.175	0.043	0.079	~0	~0
СКЭПТ 712 (раствор)	57 : 43	11	0.053	0.027	0.096	0.167	0.035	0.065	~0	~0
СКЭПТ 712 (с гелем)	57 : 43	20	0.079	0.040	0.053	0.176	0.054	0.083	0.048	0.044

* Данные настоящей работы.

Данные по распределению этиленовых и пропиленовых последовательностей по длине, количеству бутена-1 и полибутена-1 в растворе в CCl_4 без геля и с гелем (растворение в течение 1 суток при 20°C), определенные методом ИК-спектроскопии [13, 14], представлены в табл. 2 [15, 16]. Оптическая плотность полос отнесена к оптической плотности общей для ПП и ПЭ полосы 1465 см^{-1} . Для этиленового сомономера рассчитывали содержание последовательностей раз-

личной длины по коэффициенту экстинкции [14]. Из приведенных данных следует, что у СКЭПТ с высоким содержанием этиленовых звеньев обеих фирм (R 512 и СКЭПТ 778) в геле концентрируется большое количество бутена-1 и полибутена-1.

Использовали промышленный БНК марок БНКС-18, БНКС-28 и БНКС-40 с содержанием акрилонитрильных звеньев (НАК) 18, 28 и 40 мас. % с вязкостью по Муни (при 100°C) 40–50, 45–65, 45–70 усл. ед. соответственно. Методом ИК-спект-

Таблица 3. Изомерный состав бутадиеновых звеньев в сополимерах бутадиена с акрилонитрилом

Сополимер	Содержание звеньев, %		
	<i>транс</i> -1,4	1,2	<i>цис</i> -1,4
БНКС-18	82.0	8.2	9.8
БНКС-28	76.4	1.4	9.2
БНКС-40	93.0	4.4	2.6

роскопии определено содержание *транс*-1,4-, 1,2- и *цис*-1,4-звеньев бутадиена (полосы 967, 911 и 730 см^{-1} соответственно) с использованием коэффициентов экстинкции, приведенных в работе [17] (табл. 3).

Для БНК использовали серно-сульфениамидную вулканизующую систему, а для СКЭПТ – перекисную [2]. Каждый из каучуков смешивали со своей вулканизующей системой на вальцах при 40–60°C в течение 15 мин. Затем в тех же условиях получали смесь каучуков. Вулканизацию смесей осуществляли при 170°C в течение 15 мин. В процессе смешения каучуков и вулканизации происходило перераспределение вулканизующих агентов [18].

Плотность межфазного слоя и количество сшивок в нем характеризовали по величине отклонения равновесной степени набухания Q_p от аддитивных значений в сторону увеличения в неполярном растворителе *n*-гептане [3, 4]. Отклонение обусловлено слабым межфазным взаимодействием термодинамически несовместимых полимерных компонентов, один из которых содержит полярные звенья. В таких системах возможна лишь локальная сегментальная растворимость неполярных участков цепей [5–10] в предположении парного взаимодействия разноименных молекул [6]. Меньшая плотность упаковки цепей в межфазном слое и меньшее количество сшивок являются следствием не только низкой совместимости полибутадиена с сополимерами полиолефинов, но и химической связи бутадиеновых звеньев с полярными звеньями НАК, статистически распределенными в БНКС-18, или в виде микроблоков в БНКС-40 [19, 20], снижающих сродство компонентов. Рыхłość межфазного слоя обуславливает уменьшение количества сшивок [9].

Параметры взаимодействия Флори–Хаггинаса χ полибутадиенов и СКЭПТ с *n*-гептаном приведены в работе [21] и составляют для ПБ с 97–98% *цис*-1,4-звеньев $\chi = 0.428 + 0.535V_r$, где V_r – объемная доля эластомера в состоянии равновесного набухания (20°C); для ПБ, синтезированного на бутиллитиевом катализаторе (содержание 1,4-*цис*-изомера 32–52%, 1,4-*транс*- 42–58% и 1,2-звеньев 8–15%) $\chi = 0.37 + 0.52V_r$. Для СКЭПТ состава 53:47 (аналог Р 521 и СКЭПТ 712) $\chi = 0.44$ (25°C), состава 64:36 (аналог Р 512 и СКЭПТ 778) $\chi = 0.354 + 0.083V_r$ (23°C). Для перекисного вулканизата Р 512 $V_r = 0.373$ и $\chi = 0.39$. Параметр растворимости δ для *цис*-ПБ равен 8.5×10^3 , для СКЭПТ состава 53:47 7.9×10^3 , БНК с 18% НАК – 8.7×10^3 , 30% НАК – 9.64×10^3 , 39% НАК – 10.3×10^3 (кал/м³)^{1/2} [21, 22].

Величина отклонения Q_p от аддитивных значений $-\alpha$ рассчитана по формуле [4]:

$$-\alpha = [(Q_{\text{ад}} - Q_p)/(Q_{\text{ад}} - Q_2)] \times 100\%,$$

где Q_p – равновесная степень набухания совулканизата; $Q_{\text{ад}}$ – аддитивная величина набухания в данном растворителе, рассчитанная по равновесной степени набухания вулканизатов каждого из каучуков; Q_2 – доля набухания второго эластомера (БНК).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При расчете величины $-\alpha$ обнаружено ее снижение для БНКС-28 по сравнению с БНКС-18, несмотря на более высокую полярность первого. Это связали с влиянием различных изомеров бутадиена на совмещение с этиленпропилендиеновыми эластомерами (табл. 3).

Величина $-\alpha$ зависит от количества сшивок в межфазном слое и его объема. Предположив, что полярные звенья БНК в основной массе не участвуют в его формировании, величина $-\alpha$ была пересчитана на 100%-ное содержание бутадиеновых звеньев $-\alpha^{100\%}$ (рис. 1) и использована в качестве характеристики структуры зоны межфазного взаимодействия и количества содержащихся в ней сшивок. Таким образом, намеревались минимизировать влияние на величину $-\alpha^{100\%}$ объема межфазного слоя. Как будет видно из дальнейшего изложения, это осуществимо не во всех случаях.

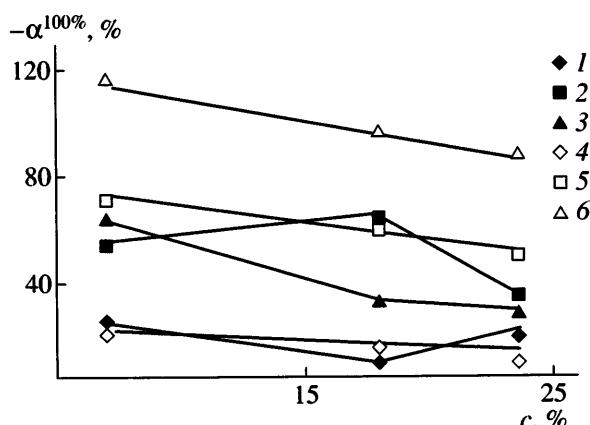


Рис. 1. Зависимость величины $-\alpha^{100\%}$ от суммарного содержания сиc-1,4- и 1,2-звеньев в БНК в совулканизатах со СКЭПТ. Здесь и на рис. 2–4 1 – R 512, 2 – R 505, 3 – R 521, 4 – 778, 5 – 714, 6 – 712.

На рис. 1 представлены зависимости $-\alpha^{100\%}$ от суммарного содержания в БНК сиc-1,4- и 1,2-изомеров бутадиена или транс-1,4-звеньев (по разности общего содержания бутадиенового сомономера и суммы сиc-1,4- и 1,2-изомеров). Видно, что линейное снижение величины $-\alpha^{100\%}$ с ростом суммарного содержания сиc-1,4- и 1,2-звеньев наблюдается для сшитых смесей БНК со всеми СКЭПТ фирм DSM с низкой степенью изотактичности пропиленовых звеньев (табл. 1). Пропорциональность снижения величины $-\alpha^{100\%}$ количеству сиc-1,4- и 1,2-изомеров бутадиеновых звеньев для смесей со СКЭПТ указывает на увеличение плотности переходного слоя, т.е. рост взаиморастворимости сомономеров СКЭПТ и бутадиеновых звеньев, находящихся преимущественно в транс-1,4-конфигурации, в соседстве с этими изомерами.

Объем области межфазного взаимодействия ограничивается неполярными звеньями БНК. Совмещение участков цепей этих СКЭПТ с полярными группами НАК исключено. С повышением содержания звеньев пропилена в СКЭПТ происходит резкое падение совместимости компонентов, плотности межфазного слоя и количества сшивок в нем (рост абсолютной величины $-\alpha^{100\%}$). Таким образом, чем больше атактических звеньев пропилена в СКЭПТ, тем ниже адгезионное взаимодействие компонентов, тем хуже он совмещается с БНК. Увеличение межфазного взаимодействия с ростом $\Sigma(\text{сиc-1,4- и 1,2-звенья})$ для СКЭПТ 778, СКЭПТ 714 и СКЭПТ 712 в 2.0,

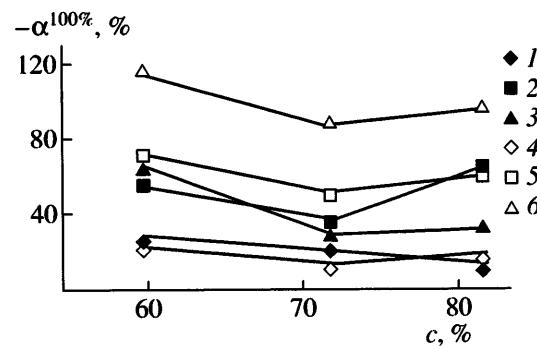


Рис. 2. Зависимость величины $-\alpha^{100\%}$ от суммарного содержания с бутадиеновых звеньев в БНК в совулканизатах со СКЭПТ.

1.4 и 1.3 раза соответственно объясняется, по-видимому, разрыхляющим влиянием этих изомеров на структуру неполярной фазы БНК, состоящей в основном из транс-1,4-звеньев (табл. 3), склонных к упорядочиванию при низком содержании НАК и других изомеров [19, 20, 23]. Упорядоченные структуры еще больше снижают совместимость полимеров [5–10, 24].

При использовании в смесях СКЭПТ фирмы “Uniroyal”, характеризующегося высокой стереорегулярностью пропиленовых последовательностей, пропорциональность обсуждаемых величин не соблюдается (рис. 1).

Для совулканизатов БНК со СКЭПТ R 512 с высоким содержанием этиленовых звеньев при наличии стереорегулярных пропиленовых последовательностей наблюдается линейное снижение величины $-\alpha^{100\%}$ с повышением содержания бутадиеновых звеньев в 2.6 раза (рис. 2). Из этого можно заключить, что, во-первых, этиленовые звенья в соседстве с изотактическими пропиленовыми участками преимущественно небольшой длины хорошо совмещаются со всеми изомерами бутадиеновых звеньев. Во-вторых, увеличение плотности межфазного слоя и количества сшивок в нем (уменьшение величины $-\alpha^{100\%}$) с ростом содержания неполярных звеньев в БНК означает, что возможно проникновение фрагментов молекул СКЭПТ в области БНК, содержащие, по-видимому, одиночные полярные группы НАК. В противном случае, величина $-\alpha^{100\%}$ не должна была бы зависеть от содержания полярных звеньев в БНК, поскольку их влияние на объем зоны межфазного взаимодействия при ее расчете уже учтен. Вероятно, находящиеся в СКЭПТ жесткие

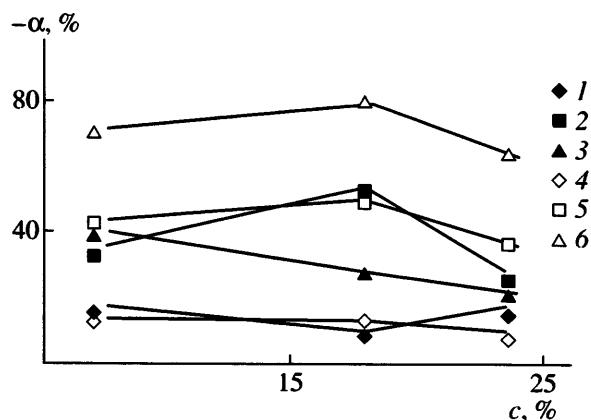


Рис. 3. Зависимость величины $-\alpha$ от суммарного содержания *цис*-1,4- и 1,2-звеньев в БНК в совулканизатах со СКЭПТ.

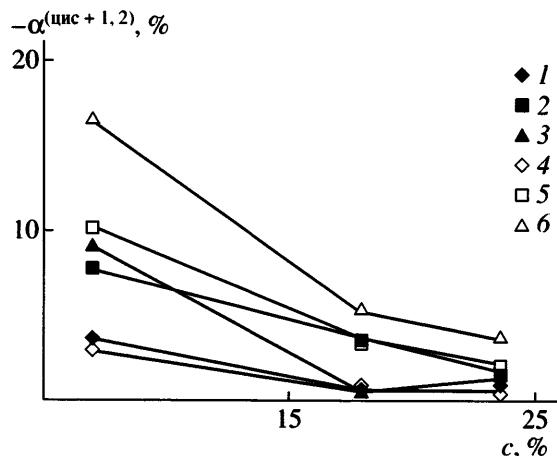


Рис. 4. Зависимость величины $-\alpha^{\text{цис} + 1,2}$ от суммарного содержания *цис*-1,4- и 1,2-звеньев в БНК в совулканизатах со СКЭПТ.

изотактические пропиленовые спиралы способны проникать в области, содержащие в основном одиночные звенья НАК.

Для совулканизатов со СКЭПТ R 521 с большим количеством изотактических пропиленовых последовательностей [15, 25] пропорциональное снижение величины $-\alpha$ в 1.85 раза наблюдается в координатах $-\alpha - \Sigma(\text{цис}-1,4- \text{ и } 1,2\text{-звенья})$ (рис. 3). Следовательно, и при высоком содержании изотактических звеньев пропилена СКЭПТ лучше совмещается с БНК, если бутадиеновый сомономер обогащен *цис*-1,4- и 1,2-звеньями (снижение величины $-\alpha$). В значения $-\alpha$ не заложены ограничения по взаимопроникновению сегментов разнородных цепей, связанные с наличием в БНК полярных групп. Вследствие этого не исключено вовлечение в область межфазного взаимодействия участков БНК, содержащих полярные звенья, что обусловлено спецификой взаимодействия БНК со СКЭПТ с большим содержанием изотактических пропиленовых фрагментов цепей. При пересчете величины $-\alpha$ на объем межфазного слоя, содержащего только неполярные звенья, в координатах $-\alpha^{100\%} - \Sigma(\text{цис}-1,4- \text{ и } 1,2\text{-звенья})$ (рис. 1) для смесей R 521 с БНКС-18 и БНКС-28 величины $-\alpha^{100\%}$ одинаковы при разном количестве $\Sigma(\text{цис}-1,4- \text{ и } 1,2\text{-звенья})$. Следовательно, в смеси БНКС-28 число сшивок меньше (величина $-\alpha^{100\%}$ больше) ожидаемого в соответствии с объемом, рассчитанным по содержанию НАК. Увеличение объема межфазного слоя могло произойти в результате проникновения изотактических пропиленовых фрагментов в обла-

сти, содержащие одиночные полярные группы, что влечет увеличение общего количества сшивок при локальном понижении плотности. Это связано с жесткостью изотактических пропиленовых последовательностей, обусловленной затрудненностью конформационных переходов. Потенциальный барьер переходов между поворотными изомерами мономерных единиц изотактического ПП составляет 21 кДж/моль, а в ПЭ потенциальный барьер *T*-G-перехода – 2.5 кДж/моль, G-G-перехода – 8.8–10 кДж/моль [26].

Для смесей со СКЭПТ R 505 с высоким содержанием диена ЭНБ линейная зависимость наблюдается при пересчете величины $-\alpha^{100\%}$ на 1% содержания суммы *цис*-1,4- и 1,2-звеньев в БНК ($-\alpha^{\text{цис} + 1,2}$) (рис. 4). При рассмотрении зависимости $-\alpha^{\text{цис} + 1,2}$ от $\Sigma(\text{цис}-1,4- \text{ и } 1,2\text{-звенья})$ обнаруживается снижение $-\alpha^{\text{цис} + 1,2}$ в 5.3 раза с ростом суммарного количества указанных изомеров бутадиеновых звеньев. Приведенные данные свидетельствуют о том, что фрагменты цепей этого СКЭПТ хорошо совмещаются только с теми участками бутадиеновых цепей, которые содержат *цис*-1,4- и 1,2-изомеры, а с *транс*-1,4-звеньями намного хуже. По-видимому, громоздкая диеновая группа, как и в СКЭПТ 714, сильно затрудняет встраивание участков цепей СКЭПТ в бутадиеновые области БНК. На аналогичной зависимости $-\alpha^{100\%}$ (рис. 1) для смеси БНКС-18 с R 505 получена более высокая величина $-\alpha^{100\%}$, чем для наиболее полярного БНКС-40, несмотря на значительно большее количество *цис*-1,4-

1,2-изомеров (табл. 3). Это объясняется меньшим содержанием в БНКС-18 полярных звеньев и большим объемом рыхлого межфазного слоя с малым количеством сшивок.

Таким образом, структура зоны межфазного взаимодействия зависит от сомономерного состава СКЭПТ, стереорегулярности пропиленовых звеньев и изомерии бутадиеновых звеньев. Количество межфазных сшивок увеличивается с ростом суммарного содержания в БНК цис-1,4- и 1,2-звеньев бутадиена за исключением СКЭПТ с большим количеством этиленовых и малым преимущественно изотактических пропиленовых звеньев. Высокая совместимость БНК с таким СКЭПТ объясняется взаимодействием с бутадиеновыми звеньями независимо от их изомерного состава.

Стереорегулярные пропиленовые звенья в силу конформационных ограничений способны проникать в области БНК, содержащие, по-видимому, одиночные полярные звенья НАК. В результате этого увеличивается объем межфазной зоны, но локально снижается ее плотность и количество содержащихся в ней сшивок. Совмещение пропиленовых фрагментов цепей СКЭПТ, находящихся в преимущественно атактической конфигурации, с бутадиеновыми звеньями значительно хуже. Межфазный слой более рыхлый, а область диффузионного проникновения фаз ограничена наличием неполярных звеньев. Пропорциональность роста плотности межфазного слоя и количества сшивок увеличению суммарного количества изомеров бутадиеновых звеньев, содержащихся в БНК в меньшем количестве, объясняется нарушением упорядоченности транс-1,4-звеньев, что облегчает их совмещение с участками молекул СКЭПТ.

Способность к совмещению с бутадиеновыми звеньями БНК у СКЭПТ с высоким содержанием диена и стереорегулярными звеньями пропилена близка к таковому у СКЭПТ с низкой степенью изотактичности пропиленового сомономера и определяется затруднениями, вызванными громоздким диеном. Однако более высокое содержание диеновых групп обеспечивает лучшее сшивание СКЭПТ с матрицей. В результате общее количество сшивок между фазами выше, чем в смесях со СКЭПТ с тем же соотношением этиленовых и пропиленовых звеньев, но с меньшим ко-

личеством диена (ср. СКЭПТ R 505 и R 521, СКЭПТ 714 и СКЭПТ 712).

Наибольшее количество сшивок в межфазном слое образуется при использовании СКЭПТ с высоким содержанием этиленовых звеньев, несмотря на умеренное количество диена.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крисюк Б.Э., Попов А.А., Ливанова Н.М., Фармаковская М.П. // Высокомолек. соед. А. 1999. Т. 41. № 1. С. 102.
2. Ливанова Н.М., Попов А.А., Карпова С.Г., Шершнев В.А., Ивашин В.Б. // Высокомолек. соед. А. 2002. Т. 4. № 1. С. 71.
3. Multicomponent Polymer Systems / Ed. by Gould R.F. Washington; Houston: Am. Chem. Sci., Houston. 1970.
4. Леднев Ю.Н., Захаров Н.Д., Захаркин О.А., Кулезнев В.Н., Усачев С.В. // Коллоид. журн. 1977. Т. 39. № 1. С. 170.
5. Кулезнев В.Н. Смеси полимеров. М.: Химия, 1980.
6. Физико-химия многокомпонентных полимерных систем / Под ред. Липатова Ю.С. Киев: Наукова думка, 1986. Т. 2.
7. Кулезнев В.Н. // Высокомолек. соед. А. 1993. Т. 35. № 8. С. 1391.
8. Кулезнев В.Н., Воюцкий С.С. // Коллоид. журн. 1973. Т. 35. № 1. С. 40.
9. Орехов С.В., Захаров Н.Д., Кулезнев В.Н., Догадкин Б.А. // Коллоид. журн. 1970. Т. 32. № 2. С. 245.
10. Воюцкий С.С., Вакула В.Л. // Механика полимеров. 1969. Т. 3. № 13. С. 455.
11. Киссин Ю.В., Цветкова В.И., Чирков Н.М. // Высокомолек. соед. А. 1968. Т. 10. № 5. С. 1092.
12. Киссин Ю.В., Попов И.Т., Лисицын Д.М., Цветкова В.И., Чирков Н.М. // Производство шин, резинотехнических и асбесто-технических изделий. 1966. № 7. С. 22.
13. Dechant J., Danz R., Kimmer W., Schmolke R. Ultrarotspektroskopische Untersuchungen an Polymeren. Berlin: Akademie-Verlag, 1972.
14. Bucci G., Simonazzi T. // Rubber Chem. and Technol. 1965. V. 38. № 1. P. 334.
15. Ливанова Н.М., Карпова С.Г., Попов А.А. // Высокомолек. соед. А. 2003. Т. 45. № 3. С. 417.
16. Ливанова Н.М., Карпова С.Г., Попов А.А. // Пласт. массы. 2005. № 2. С. 11.

17. Козлова Н.В., Сухов Ф.Ф., Базов В.П. // Завод. лаб. 1965. Т. 31. № 8. С. 968.
18. Шершнев В.А., Юловская В.Д., Ляминка Н.В., Моторнов М.И., Евреинов Ю.В. // Высокомолек. соед. А. 1999. Т. 41. № 3. С. 462.
19. Гришин Б.С., Туторский И.А., Юрковская И.С. // Высокомолек. соед. А. 1978. Т. 20. № 9. С. 1967.
20. Поддубный И.Я., Подалинский А.В. // Высокомолек. соед. А. 1969. Т. 11. № 2. С. 400.
21. The Stereo Rubbers/Ed. by William M. Saltmen. New York; London; Sydney; Toronto: Wiley, 1979. V. 2.
22. Нестеров А.Е. Справочник по физической химии полимеров. Киев: Наукова думка. 1984. Т. 1.
23. Соколова Л.В., Коновалова О.А., Шершнев В.А. // Коллоид. журн. 1982. Т. 44. № 4. С. 716.
24. Каменский А.Н., Фодиман Н.М., Воюцкий С.С. // Высокомолек. соед. А. 1969. Т. 11. № 2. С. 394.
25. Ливанова Н.М., Евреинов Ю.В., Попов А.А., Шершнев В.А. // Высокомолек. соед. А. 2003. Т. 45. № 6. С. 903.
26. Волькенштейн М.В. Конфигурационная статистика полимерных цепей. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1959.

Formation of Interfacial Layer in Blends of Elastomers with Different Polarities

N. M. Livanova

*Emanuel Institute of Biochemical Physics, Russian Academy of Sciences,
ul. Kosygina 4, Moscow, 119991 Russia*

Abstract—On the basis of experimentally measured deviations of the equilibrium degree of swelling in *n*-heptane from the additive value calculated for crosslinked heterophase blends composed of butadiene-acrylonitrile rubbers of different polarities and ethylene-propylene-diene terpolymers of the known comonomer composition and stereoregularity of propylene units, the density of interfacial layer and the amount of crosslinks in it have been characterized. The effects of isomers of butadiene units, the ratio of comonomers in ethylene-propylene-diene terpolymers, and the degree of isotacticity of propylene units in it on the intensity of interfacial interaction in covulcanizates have been analyzed.