

УДК 541.64:539.2

МИКРОСТРУКТУРА СКЭПТ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ И СВОЙСТВА ИХ ВУЛКАНИЗАТОВ И СОВУЛКАНИЗАТОВ С СКИ-3¹

© 2001 г. Н. В. Печенова*, Л. С. Шибряева**, В. А. Шершинев*,
Ю. В. Евреинов*, В. Д. Юловская*

*Московская государственная академия тонкой химической технологии им. М.В. Ломоносова
117571 Москва, пр. Вернадского, 86

**Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук
117977 Москва, ул. Косыгина, 4

Поступила в редакцию 25.05.2000 г.

Принята в печать 26.06.2000 г.

Микроструктура серии СКЭПТ изучена методом ИК-спектроскопии и ДСК. Показано, что с повышением содержания этиленовых звеньев увеличивается содержание длинных метиленовых последовательностей и уменьшается количество дефектов структуры сополимеров, обусловленных инверсным присоединением пропиленовых звеньев. Это обуславливает лучшие физико-механические свойства СКЭПТ с высоким содержанием этиленовых звеньев. Методом термомеханического анализа исследованы зависимости эластических свойств бинарных смесей СКИ-3 : СКЭПТ от их состава.

Статистические аморфные этиленпропилендиеновые сополимеры (СКЭПТ) характеризуются рядом ценных свойств, обуславливающих все более широкое их применение, а именно, низкой стоимостью, хорошими эластическими свойствами и повышенной стойкостью к действию озона, высоких температур и т.д. По этим причинам СКЭПТ широко используют в составе композиционных материалов на основе высоконенасыщенных эластомеров (НК, СКИ-3, БСК, БНК), а также пластиков [1, 2].

Известно, что свойства сополимеров связаны с их молекулярно-массовым и композиционным составом, наличием коротко- и длинноцепочных разветвлений макромолекул и характером их распределения, а также надмолекулярной структурой [3]. Эти молекулярные параметры вместе с методами смешения с полидиенами определяют свойства таких композитов [4].

В литературе приведено большое количество данных по взаимосвязи условий синтеза СКЭПТ

и его микроструктуры, а также рассмотрены свойства этих каучуков, но мало данных по исследованию взаимосвязи состав-структурно-свойства [5–8].

Цель нашей работы состояла в оценке микроструктуры и свойств различных СКЭПТ, а также влияния химического состава и микроструктуры сополимеров на свойства их бинарных смесей и совулканизатов с СКИ-3, имея в виду несовместимость и разную реакционную способность компонентов смесей.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Объектами исследования служили промышленный полиизопреновый каучук СКИ-3 и тройные этиленпропилендиеновые сополимеры голландской фирмы DSM² (табл. 1), отличающиеся соотношением сомономерных звеньев и топологией основной цепи.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 97-03-32699).

² Авторы благодарны фирме DSM за предоставление серии образцов СКЭПТ с характеристиками их состава и структуры.

Таблица 1. Характеристики этиленпропилендиеновых каучуков (данные фирмы DSM)

Марка СКЭПТ	Соотношение звеньев этилен : пропилен, %	Содержание этилиденор-борнена, мас. %	Вязкость по Муни ML1 + 4, 125°C	Топология основной цепи
712	52 : 48	4.5	63	Разветвленный
778	65 : 35	4.5	63	»
4778	70 : 30	4.5	63	Линейный

Термофизические параметры сополимеров определяли на дифференциальном сканирующем калориметре DCM-2M при скорости нагревания 16 град/мин, навеску варьировали от 10 до 30 мг. Калибровка калориметра была сделана по индию с $T_{\text{пп}} = 156.6^\circ\text{C}$.

Микроструктуру цепей оценивали методом ИК-спектроскопии на спектрометре "Specord M-80" при 30°C. Пленки для ИК-анализа прессовали при 150°C, давлении 20 атм в течение 2 мин. Толщина пленок не превышала 100 мкм.

Температурные области развития высокоэластических деформаций и их величины для СКЭПТ, СКИ-3 и их смесей были найдены по данным ТМА при импульсном нагружении [9] на приборе УИП-70.

Реокинетические параметры формирования сетчатых структур в СКЭПТ, СКИ-3 и их бинарных смесях оценивали с помощью реометра "Monsanto-100". Сшивание проводили серносульфенамидной системой при 150°C в прессе под давлением 200 атм.

Физико-механические свойства вулканизатов и совулканизатов определяли по диаграммам нагрузка–удлинение, полученных при скорости растяжения 500 мм/мин на универсальной разрывной машине "Instron 1122". Термоокислительное старение образцов проводили в термошкафу при 120°C в течение 48 ч. Бинарные смеси СКИ-3 : СКЭПТ получали совмещением маточных смесей на вальцах в течение 3 мин.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Наряду с композиционной неоднородностью и разветвленностью важной характеристикой сополимера является микроструктура цепей, т.е. степень и характер чередования мономерных блоков и звеньев вдоль цепи. При одинаковом составе сополимеров характер чередования мономерных звеньев у них может заметно различаться, имея большую или меньшую тенденцию к блочности. Для

анализа распределения блоков по длинам в СКЭПТ используют область маятниковых колебаний группы CH_2 в районе полосы 720 cm^{-1} и группу полос пропилена при 970 cm^{-1} [10]. Известно, что полоса 720 cm^{-1} связана с наличием в ПЭ как аморфной, так и кристаллической областей, а полоса 973 cm^{-1} зависит от стереорегулярности пропиленовой цепи. С целью выявления наличия или отсутствия кристаллической фазы в сополимерах были получены данные ДСК, которые показали отсутствие кристаллических образований в области плавления ПЭ и ПП. Таким образом можно считать, что исследуемые СКЭПТ являются практически аморфными. Этот вывод был качественно подтвержден методом РСА.

Методом ИК-спектроскопии находили содержание изотактических пропиленовых последовательностей, состоящих из $\sim(\text{TG})_n\sim$ конформеров, где $n > 5$ (полоса 973 cm^{-1}). Пропиленовые инверсии, образующиеся при соединении пропиленовых звеньев по типу "голова к голове" определяли по полосе 752 cm^{-1} , по типу "хвост к хвосту" – по полосе 1120 cm^{-1} ; наличие стыков лево- и правовращающих 3₁ спиралей – по полосе 1155 cm^{-1} . Из литературы известно, что регулярные этиленовые цепи $\sim(\text{CH}_2)_m\sim$ находятся в конформации транс-зигзага, причем полоса 722 cm^{-1} соответствует метиленовым последовательностям с числом звеньев $m > 5$, полоса 735 $\text{cm}^{-1} - m = 3$, полоса 752 $\text{cm}^{-1} - m = 2$, полоса 815 $\text{cm}^{-1} - m = 1$. По поводу метиленовых последовательностей $\sim(\text{CH}_2)_4\sim$ имеются противоречивые сведения. Так, авторы [11] обнаружили достаточно большое количество блоков $\sim(\text{CH}_2)_4\sim$ на своих образцах, тогда как другие исследователи [12–14] вообще не обнаружили этих блоков. Следует отметить, что оценка полос в области 700–800 cm^{-1} затруднена из-за их перекрывания. Мы оценивали полосу 722 cm^{-1} , соответствующую длинным метиленовым последовательностям. Чтобы исключить влияние толщины пленки, оптические плотности выбранных полос относили к реперному пику при 4320 cm^{-1} [10].

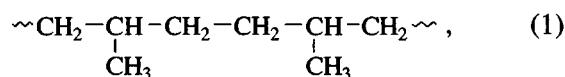
Таблица 2. Параметры микроструктуры сополимерной цепи для вальцовых этиленпропилендиеновых каучуков

Марка СКЭПТ	D_{722}/D_{4320}	D_{752}/D_{4320}	D_{973}/D_{4320}	D_{1120}/D_{4320}	D_{1155}/D_{4320}
	$-(CH_2)_m > 5-$	$-(CH_2)_{m=2}-$	$-(CH_2CH)_{n>5}-$ CH ₃	соединение пропиленовых звеньев по типу “хвост к хвосту”	стыки пропиленовых лево- и правовращающих Z ₁ спиралей
712	3.2	0.9	0.69	0.24	1.14
778	4.6	0.7	0.38	0.15	0.73
4778	5.0	0.6	0.38	0.14	0.65

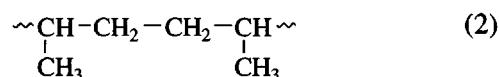
Из табл. 2 видно, что с повышением содержания этиленовых звеньев в СКЭПТ увеличивается относительная оптическая плотность полосы 722 см⁻¹, т.е. растет содержание длинных метиленовых блоков. Из этого следует, что увеличение прочностных свойств СКЭПТ обусловлено не только ростом содержания в них звеньев этилена [15], но и увеличением длины метиленовых последовательностей, т.е. общей регулярностью этиленовой составляющей СКЭПТ.

С увеличением содержания этиленового сомономера количество блоков $\sim(CH_2-CH(CH_3))_{n=4}\sim$ (полоса 973 см⁻¹) уменьшается до определенного уровня; при этом также уменьшается содержание

пропиленовых инверсий (полосы 752 и 1120 см⁻¹) и количество стыков лево- и правовращающих Z₁ спиралей (полоса 1155 см⁻¹). Следует отметить, что ярко выраженная полоса 752 см⁻¹ обусловлена не только этиленовыми мономерными звеньями, заключенными между двумя звеньями пропилена



но и инверсным присоединением пропиленовых звеньев, при котором образуются структуры типа



Так как инверсии и стыки пропиленовых спиралей приводят к разупорядочению цепи, можно предположить, что каучук 712 с наибольшим содержанием пропиленовых звеньев имеет самую нерегулярную структуру (табл. 2). В пользу этого свидетельствуют ранее полученные нами данные термомеханических испытаний (метод ТМА) непластицированных СКЭПТ [15], которые показывают самую низкую температуру стеклования у каучука 712 по сравнению с другими (378, 778, 4778).

С увеличением содержания этиленовых звеньев уменьшаются величина обратимой составляющей деформации эластомера [15] и температура, при которой она максимальна (табл. 3). Сопоставляя эти результаты с данными по микроструктуре этих СКЭПТ, видно, что понижение эластичности соответствует увеличению доли длинных этиленовых последовательностей в СКЭПТ

Таблица 3. Характеристики температурных переходов на термомеханических кривых для чистых полизопрена и этиленпропилендиеновых каучуков

Каучук	T_c , °C	$T_{\text{макс}}^{\text{эл}}$, °C	$T_{\text{пласт}}$, °C
СКИ-3	-62	46	-23
712 н/п	-52	183	147
712 п	-52	128	0
778 н/п	-41	149	110
778 п	-43	107	41
4778 н/п	-41	122	37
4778 п	-43	90	26

Примечание. $T_{\text{макс}}^{\text{эл}}$ – температура максимума эластической составляющей деформации, $T_{\text{пласт}}$ – температура начала развития пластической составляющей деформации; н/п – непластицированный, п – пластицированный.

от сополимера 712 к сополимеру 4778. При этом максимальная величина эластической составляющей деформации разветвленных СКЭПТ 712 и 778 такая же, как и у стереорегулярного СКИ-3 (рис. 1а и 1б, кривые 1 и 2). Однако ее развитие по температурной шкале протекает значительно медленнее, чем у полизопрена.

СКЭПТ 4778 характеризуется не только наибольшим количеством блоков этиленовых звеньев, но и наименьшим содержанием дефектов структуры, обусловленных нерегулярным присоединением звеньев пропилена (табл. 2), что также способствует понижению эластической составляющей деформации. Данный сополимер в отличие от других исследованных СКЭПТ является линейным. Вследствие этого он имеет наиболее плотную упаковку цепей, которая также приводит к низким значениям обратимой составляющей деформации.

Механическая пластикация СКЭПТ не влияет на его температуру стеклования, но приводит к понижению величины эластической деформации, смешая ее максимум в область более низких температур. При этом также при более низких температурах начинает развиваться пластическая деформация (табл. 3). Приведенные факты могут быть связаны с уменьшением ММ каучуков после механической пластикации. Величина эластической составляющей деформации в пластицированных СКЭПТ, как и для непластицированных образцов, уменьшается с увеличением содержания этиленовых звеньев в СКЭПТ, причем ее значение выше для разветвленных каучуков 712 и 778 по сравнению с линейным образцом 4778 (рис. 1, кривые 2). В связи с этим можно полагать, что блочность этиленовых звеньев сохраняется такой же, как и в исходных СКЭПТ.

Влияние типа СКЭПТ на реокинетические параметры их сшивания отражено в табл. 4. Каучук 712 с наименьшим содержанием блоков этиленовых звеньев и наибольшим содержанием пропиленовых инверсий (табл. 2) имеет наибольший индукционный период сшивания, что может быть обусловлено общей неупорядоченностью структуры этого сополимера. При содержании этиленовых звеньев более 60% аморфная фаза СКЭПТ содержит упорядоченные области. Последние не являются кристаллами, но имеют более плотную упаковку, так как состоят из блоков выпрямленных длинных этиленовых последовательностей (табл. 2), которые играют роль узлов флюктуационной сетки. Наличие таких областей вызывает неравномерное распределение вулканизующей группы [16], приводящее к увеличению локальной

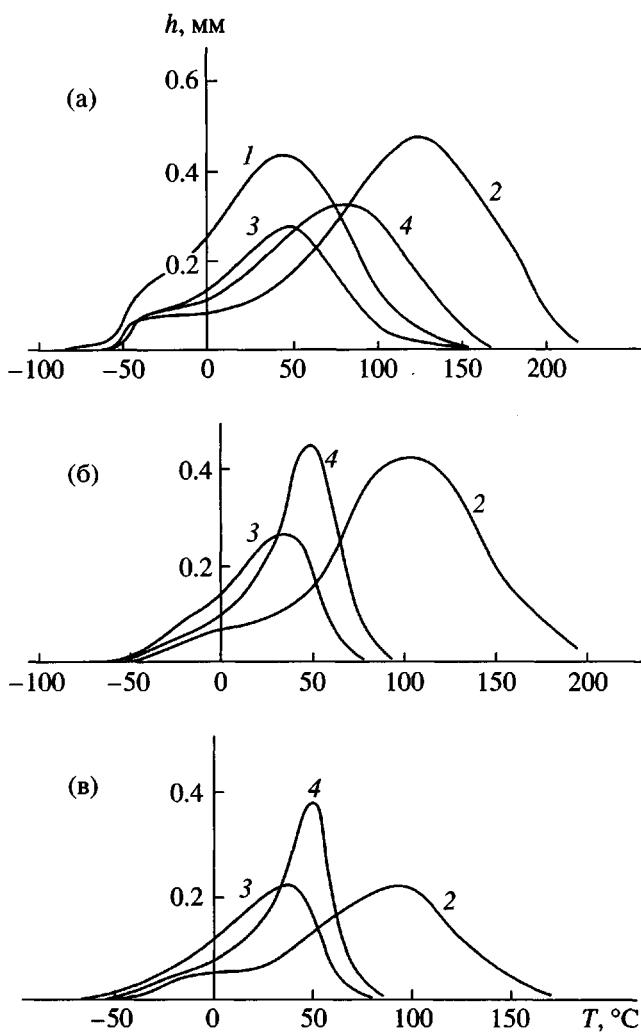


Рис. 1. Температурная зависимость эластической составляющей деформации СКИ-3 (1), СКЭПТ (2), смесей СКИ-3 : СКЭПТ состава 70 : 30 (3) и 60 : 40 (4); а – СКЭПТ 712, б – СКЭПТ 778, в – СКЭПТ 4778.

концентрации сшивящих агентов в разупорядоченной части аморфной фазы, где сосредоточены звенья диенового компонента. Следствие этого – уменьшение индукционного периода вулканизации и увеличение значения максимального крутящего момента у образцов 778 и 4778 с высоким содержанием этиленовых звеньев. По данным равновесного набухания в хлороформе (V_k) вулканизаты каучуков 778 и 4778 имеют приблизительно одинаковую плотность химической сетки; в случае каучука 712 она меньше. Повышенная плотность сетки у СКЭПТ с содержанием этиленовых звеньев более 60% и их большей блочностью

Таблица 4. Реокинетика сшивания резиновых смесей на основе полизопрена, этиленпропилендиеновых каучуков и смесей СКИ-3 + СКЭПТ по данным реометра "Monsanto-100"

Каучук	t_s , мин	t_{90} , мин	M_h , Н·м	V_k
СКИ-3	22	30	1.8	0.15
712	20	47	3.0	0.25
778	11	40	3.7	0.30
4778	13	42	3.9	0.31
Смеси СКИ-3 : СКЭПТ = 70 : 30				
712	16	24	1.8	0.14
778	10	19	1.9	0.14
4778	12	21	1.9	0.14
Смеси СКИ-3 : СКЭПТ = 60 : 40				
712	14	24	1.8	0.14
778	13	24	1.9	0.14
4778	12	24	2.0	0.14

Примечание. t_s – время начала вулканизации (индукционный период), t_{90} – оптимальное время вулканизации, M_h – максимальный крутящий момент, V_k – доля каучука в набухшем геле. Состав резиновой смеси (в мас. частях): каучук – 100.0; оксид цинка – 5.0; стеариновая кислота – 1.0; сульфенамид Ц – 0.6; сера – 2.0.

Таблица 5. Физико-механические свойства и стойкость к термоокислительному старению вулканизатов смесей на основе полизопрена, этиленпропилендиеновых каучуков и смесей СКИ-3 + СКЭПТ (70 : 30)

Каучук	f_{300} , МПа	f_p , МПа	ε , %	K
СКИ-3	0.9	18.5	850	0.08
712	2.5	3.5	350	0.84
778	2.7	7.8	500	0.72
4778	3.0	13.9	500	0.63
Смеси СКИ-3 : СКЭПТ = 70 : 30				
712	1.4	14.6	750	0.54
778	2.0	15.7	700	0.56
4778	1.8	14.4	650	0.87

Примечание. f_{300} – условное напряжение при 300%-ном удлинении, f_p – прочность при растяжении, ε – относительное удлинение при разрыве, K – коэффициент старения вулканизатов по прочности.

может быть обусловлена тем же фактом более высокой концентрации сивающих агентов в неупорядоченной области, где содержится основное количество диенового компонента.

Известно, что разрывная прочность СКЭПТ определяется содержанием этиленовых блоков [3, 15]. Из табл. 5 видно, что с увеличением содержания этиленовых звеньев и ростом доли длинных метиленовых последовательностей от образца 712 к образцу 4778 (табл. 2) напряжение при 300%-ном удлинении и прочность вулканизатов при одноосном растяжении возрастают.

Повышенное содержание нерегулярных пропиленовых блоков при малой упорядоченности этиленовых звеньев способствует увеличению сегментальной подвижности цепей, росту свободного объема, что объясняет низкую прочность образца 712 (табл. 2 и 5). Различие прочностных показателей у каучуков 778 и 4778, близких по химическому составу и ММ, обусловлено линейным строением образца 4778, т.е. высокой степенью ориентации цепей при деформации растяжения, что сопоставимо с ориентационной кристаллизацией СКИ-3 (табл. 5).

В связи с широким распространением смесей СКЭПТ с полидиенами было изучено влияние структурных параметров сополимеров на свойства их бинарных смесей и совулканизатов с полизопреном. Термомеханические характеристики несшитых смесей СКИ-3 со СКЭПТ представлены на рис. 1, а точные характеристики температурных переходов даны в табл. 6. Вулканизационные характеристики и механические свойства содержатся в табл. 4 и 5 наряду с соответствующими данными для вулканизатов на основе индивидуальных эластомеров.

В смесях СКИ-3 со СКЭПТ состава 70 : 30 мас. % по данным термомеханического анализа имеется два перехода, отвечающие за температуры стеклования обеих фаз (табл. 6). У смесей СКИ-3 : СКЭПТ = 60 : 40 остается одна температура стеклования. Можно полагать, что в смесях СКИ-3 : СКЭПТ состава 70 : 30 СКЭПТ дискретно распределен в матрице СКИ-3. С этим может быть связано наличие двух температур стеклования, соответствующих температурам стеклования индивидуальных СКЭПТ и СКИ-3. В смесях состава 60 : 40 образуются матричные структуры СКЭПТ и СКИ-3, подобные структурам взаимопроникающих полимерных сеток. Вследствие формирования непрерывной фазы более жестко-

го СКЭПТ температура стеклования композиции одна и близка к температуре стеклования соответствующего СКЭПТ (табл. 6).

Введение любого СКЭПТ в полидиен приводит к понижению эластических свойств высоконенасыщенной матрицы. Так, у смесей СКИ-3 : СКЭПТ = 70 : 30 максимальные значения высокоэластической составляющей деформации меньше по сравнению с индивидуальным СКИ-3 (рис. 1, кривые 3), причем большими значениями указанного параметра характеризуются смеси с разветвленными СКЭПТ 712 и 778 по сравнению со смесями с линейным СКЭПТ 4778. Аналогичные зависимости, только более ярко выраженные, наблюдались и для индивидуальных сополимеров (рис. 1, кривые 2) и были обсуждены выше.

По сравнению с СКИ-3 у бинарных смесей несколько меньше и температурные области проявления эластичности. Эта область сужается при увеличении доли этиленовых звеньев в сополимере и их регулярности. Большим температурным интервалом эластичности характеризуется смесь со СКЭПТ 712, который из всех исследованных СКЭПТ имеет самую неупорядоченную структуру (табл. 2).

Переход от смеси СКИ-3 : СКЭПТ состава 70 : 30 к составу 60 : 40 сопровождается увеличением абсолютных значений максимумов эластической составляющей деформации и смещением их в область более высоких температур. У смесей с каучуками 778 и 4778 (содержание этиленовых звеньев $c > 60\%$, наиболее регулярная структура этиленовых и пропиленовых цепей) это увеличение наиболее ощутимо. Причем абсолютное значение рассматриваемой величины для смеси со СКЭПТ 778 близко к тому, которое наблюдается для индивидуальных СКЭПТ и СКИ-3, а для смеси со СКЭПТ 4778 оно существенно превышает величину максимальной эластической составляющей индивидуального СКЭПТ и близко к индивидуальному полизопрену.

Наибольшим температурным интервалом проявления эластичности характеризуется смесь СКИ-3 : СКЭПТ = 60 : 40 с сополимером 712, имеющим наименьшее содержание этиленовых звеньев и самую неупорядоченную структуру.

Отмеченные факты указывают, что эластические свойства смесей СКИ-3 со СКЭПТ определяются составом, микроструктурой и топологией последних. Кроме этих причин здесь может играть роль изменение совместимости компонентов бинарных смесей [17].

Таблица 6. Характеристики температурных переходов на термомеханических кривых для смесей полизопрена с этиленпропилендиеновыми каучуками СКИ-3 + СКЭПТ

Каучук	$T_c, ^\circ\text{C}$	$T_{\max}^{\text{эл}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{пласт}}, ^\circ\text{C}$
Смеси СКИ-3 : СКЭПТ = 70 : 30			
712	-60	45	-2
	-54		
778	-60	33	-10
	-43		
4778	-62	37	-7
	-41		
Смеси СКИ-3 : СКЭПТ = 60 : 40			
712	-54	75	-7
778	-43	51	0
4778	-41	52	33

Различия в поведении исследованных смесей СКЭПТ с СКИ-3 отмечены и по вулканизационным характеристикам и свойствам вулканизатов. Смеси СКИ-3 : СКЭПТ характеризуются меньшими индукционными периодами и временами достижения оптимума вулканизации по сравнению с одним СКИ-3 (табл. 4). Вероятно, это связано с миграцией вулканизующих агентов из фазы СКЭПТ в фазу СКИ-3, что приводит к более быстрому началу сшивания последнего.

Хотя эластичность смесей СКИ-3 : СКЭПТ состава 70:30 несколько ниже, чем у индивидуального СКИ-3 (рис. 1), физико-механические показатели совулканизатов бинарных смесей сохраняются на уровне, близком к вулканизатам на основе полизопрена. Введение исследованных СКЭПТ в указанном количестве способствует увеличению теплостойкости полизопрена в несколько раз (табл. 5). Наибольшей теплостойкостью обладают совулканизаты с линейным СКЭПТ 4778, имеющим самую регулярную структуру этиленовых звеньев и наименьшее количество дефектов пропиленовой цепи, которые способствуют процессам окислительной деструкции.

При увеличении содержания СКЭПТ в смеси до 40 мас. %, когда формируется непрерывная фаза сополимера в матрице СКИ-3, модули, разрывная прочность и относительное удлинение при разрыве совулканизатов меняются незначительно. Однако при этом существенно понижается стойкость к тепловым воздействиям совулканизатов с разветвленными СКЭПТ. Так, коэффициент старения вулканизата смеси СКИ-3 : СКЭПТ = 60 : 40 для СКЭПТ 712 и 778 составляет 0,34, а для СКЭПТ 4778 – 0,70 (ср. с данными табл. 5). Возможно, такое поведение совулканизатов со СКЭПТ 712 и 778 связано с нарушением однородности композиции, обусловленной разветвленностью основной цепи этих сополимеров при большом их содержании в смеси.

Таким образом, для ряда СКЭПТ установлено, что с увеличением содержания этиленовых звеньев в сополимерах возрастает содержание длинных метиленовых последовательностей в конформации *транс*-зигзага. Наличие таких последовательностей вместе с наименьшим количеством дефектов структуры обусловливают лучшие физико-механические показатели сополимеров с высоким содержанием этиленовых звеньев. Такие каучуки характеризуются развитой физической сеткой. Можно полагать, что в аморфных областях сополимеров содержание диенового сомономера выше, чем в среднем по образцу. В этих областях концентрируются вулканизующие агенты, и вулканизация таких сополимеров проходит более активно, чем СКЭПТ с меньшим содержанием этиленовых звеньев.

Эластические характеристики бинарных смесей зависят от соотношения СКИ-3 : СКЭПТ, а также от состава, микроструктуры и топологии СКЭПТ. Разветвленность и разупорядоченность структуры сополимеров способствует увеличению интервала развития эластической составляющей деформации их смесей с СКИ-3. Вследствие миграции вулканизующих агентов из фазы СКЭПТ в полиизопреновую матрицу бинарные смеси СКИ-3 : СКЭПТ характеризуются меньшими величинами индукционного периода и времени оптимума вулканизации по сравнению со смесью на основе только СКИ-3. По прочностным показателям вулканизаты состава СКИ-3 : СКЭПТ = 70 : 30 и 60 : 40 отличаются незначительно, однако первые характеризуются гораздо лучшей стойкостью к тепловому воздействию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стереорегулярные каучуки / Под ред. Солтмена У. М.: Мир, 1981. Т. 1. С.492.

2. Канаузова А.А., Юмашев М.А., Донцов А.А. Получение термопластичных резин методом “динамической вулканизации” и их свойства: Производство РТИ и АТИ: Тем. обзор. М.: ЦНИИТЭНефтехим, 1985.
3. Веселовская Е.В., Северова Н.Н., Дунтов Ф.И., Голосов А.П., Карасев А.Н., Гольденберг А.Л., Крейцер Т.В., Бухгалтер В.И. Сополимеры этилена. Л.: Химия, 1983.
4. Полимерные смеси / Под ред. Поля Д., Ньюмена С. М.: Мир, 1981. Т. 2. С. 453.
5. Ечевская Л.Г., Захаров В.А. // Высокомолек. соед. А. 1996. Т. 38. № 6. С. 959.
6. Портнов М.М., Салова С.Ф., Матвеев М.Г., Шеин В.С. // Высокомолек. соед. Б. 1987. Т. 29. № 4. С. 243.
7. Попов А.А., Раппорт Н.Я., Заиков Г.Е. Окисление ориентированных и напряженных полимеров. М.: Химия, 1987.
8. Shibryaeva L.S., Kiryushkin S.G., Zaikov G.E. // Polym. Degrad. Stab. 1992. № 36. P. 17.
9. Тейтельбаум Б.Я. Термомеханический анализ полимеров. М.: Наука, 1976.
10. Дехант И., Данц Р., Киммер В., Шмольке Р. Инфракрасная спектроскопия полимеров. М.: Химия, 1976.
11. Van Schooten J., Duck E.W., Berkenbosch R. // Polymer. 1961. V. 2. P. 357.
12. Bucci G., Simonazzi T. // J. Polym. Sci. C. 1964. № 7. P. 209.
13. Drushel H.V., Ellerbe J.S., Cox R.C., Lane L.H. // Anal. Chem. 1968. V. 40. P. 370.
14. Veerkamp T.A., Veermans A. // Makromol. Chem. 1961. B. 50. S. 147.
15. Шершнев В.А., Юловская В.Д., Лямкина Н.В., Моторнов М.И., Евреинов Ю.В. // Высокомолек. соед. А. 1999. Т. 41. № 3. С. 462.
16. Волынский А.Л., Гроховская Т.Е., Луковкин Г.М., Санчес А., Бакеев Н.Ф. // Высокомолек. соед. А. 1988. Т. 30. № 9. С. 1946.
17. Шершнев В.А., Шундринова И.К., Юловская В.Д., Евреинов Ю.В. // Высокомолек. соед. Б. 1997. Т. 39. № 1. С. 136.

EPT Microstructure and Its Effect on Thermal Mechanical Parameters and Properties of EPT Vulcanizates and Covulcanizates with SKI-3

N. V. Pechenova*, L. S. Shibryaeva**, V. A. Shershnev*, Yu. V. Evreinov*,
and V. D. Yulovskaya*

*Lomonosov State Academy of Fine Chemical Technology,
pr. Vernadskogo 86, Moscow, 117571 Russia

**Emanuel Institute of Biochemical Physics, Russian Academy of Sciences,
ul. Kosygina 4, Moscow, 117977 Russia

Abstract—The microstructure of the EPT series was studied by IR spectroscopy and differential scanning calorimetry. It was shown that, as the content of ethylene units increases, the content of long methylene sequences and the amount of the copolymer structural defects due to inverse attachment of propylene units increase as well. This results in improved physicomechanical properties of the EPT with high content of ethylene units. The method of thermal mechanical analysis was applied to study the dependence of the elastic properties of SKI-3/EPT binary blends on their composition.