

УДК 541.64:539.2

СТРУКТУРА ЭТИЛЕНПРОПИЛЕНДИЕНОВЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ И ИХ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

© 2003 г. Н. М. Ливанова*, Ю. В. Евреинов**, А. А. Попов*, В. А. Шершинев**

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

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

Поступила в редакцию 24.09.2002 г.
Принята в печать 17.02.2003 г.

Исследованы термомеханические свойства этиленпропилендиеновых эластомеров различного состава и микроструктуры цепей, прошедших предварительную термообработку при 373 и 423 К. Показано существование соответствия между термомеханическими характеристиками и особенностями формирования надмолекулярных структур в СКЭПТ.

Свойства этиленпропилендиеновых каучуков (СКЭПТ) определяются их химическим составом и физической структурой. В работе [1] были исследованы микроструктура цепи, степень стереорегулярности пропиленовой компоненты и способность к формированию устойчивых надмолекулярных структур — микрокристаллитов [2], образованных этиленовыми и пропиленовыми последовательностями, в СКЭПТ фирмы "Uniroyal". Особенности химического строения, стереосостава и молекулярно-массовых характеристик СКЭПТ должны найти отражение в термомеханических характеристиках эластомеров. Наличие устойчивых (термодинамически стабильных) надмолекулярных структур влияет на технологические и физико-механические свойства эластомеров и их смесей с диеновыми каучуками [3–7].

В настоящей работе исследованы термомеханические свойства СКЭПТ фирмы "Uniroyal" и проведено их сравнение со свойствами разветвленных и линейных эластомеров фирмы DSM различного состава¹.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Объектами исследования являлись тройные этилен-пропиленовые сополимеры марки Royalen

E-mail: popov@sky.chph.ras.ru (Попов Анатолий Анатольевич).

¹ Авторы благодарят фирмы "Uniroyal" и DSM за предоставленные образцы с характеристиками их состава и структуры.

фирмы "Uniroyal", исходные характеристики которых приведены в табл. 1 работы [1].

Состав образцов СКЭПТ, соотношение этилена и пропилена, степень изотактичности последнего и количество этиленовых и пропиленовых последовательностей различной длины определяли методом ИК-спектроскопии с помощью спектрофотометра "Specord IR-71" [1, 8–12] на пленках толщиной около 40 мкм, полученных из раствора каучука в CCl_4 или прессованием.

Термомеханические кривые (ТМА) [5–7, 13, 14] получали на приборе УИП-70 в режиме импульсного нагружения. Нагрузка в 100 кПа действовала в течение 8 с с периодичностью 2 мин при постоянной составляющей 0.8 кПа при скорости нагревания 1.25 град/мин. Образцы для эксперимента готовили прессованием в течение 15 мин при 373 и 423 К.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследованные образцы марки Royalen различаются составом, ММР и вязкостью по Муни. Содержание пропилена (мас. %) и степень изотактичности пропиленовых звеньев (%) в образцах СКЭПТ составляют 52 и 15 (R 580НТ), 46 и 22 (R 521), 41 и 24 (R 505), 37 и 20 (R 512) соответственно (табл. 1 [1]). Как показано в работе [1], определяющими свойства факторами являются не только соотношение этиленовых и пропиленовых звеньев различной длины, характер распределения мономер-

Таблица 1. Состав, молекулярные характеристики и вязкость по Муни СКЭПТ фирмы DSM

Марка СКЭПТ	Соотношение этилен : пропилен, мас. % (данные фирмы)	Степень изотактичности, %	Содержание пропиленена, мас. %	Содержание этилиден-норборнена, мас. %	$M_w \times 10^{-5}$ [5]	$M_n \times 10^{-5}$ [5]	M_w/M_n MMP [5]	Вязкость по Муни, усл. ед. при 398 К
312	45 : 55	14	50	4.5	2.98	1.63	1.83	33
314	50 : 50	14	43	8	-	-	Широкое	33
378	65 : 35	10	33	4.5	2.42	1.52	1.59	33
712	52 : 48	11	43	4.5	3.01	1.60	1.88	63
714	50 : 50	12	43	8	-	-	-	63
778	65 : 35	13	30	4.5	2.00	1.35	1.48	63
4778*	70 : 30	8–9	28	4.5	1.56	1.04	1.50	63

* Линейный.

Таблица 2. Температурные переходы на термомеханических кривых и их характеристики

Марка СКЭПТ	Температура термообработки, К	T_c , К	$T_{\text{эл}}$, К/ $\epsilon_{\text{эл}}$, %	$T_{\text{эл}}^{\text{макс}}$, К/ $\epsilon_{\text{эл}}^{\text{макс}}$, %	$T_{\text{пп}}$, К/ $\epsilon_{\text{пп}}$, %
R 512	373	217	283/3.4	365–388/20.7	313/3.7
	423	217	283–288/3.6	361/17	313/3.9
R 521	373	219	283/3.3	388–393/35	333–343/3.6
	423	219	283–288/4.7	359–378/22.3	308–313/6.0
R 580НТ	373	215	288/4.2	383–399/32	373/2.2
	423	217	288/4.1	363–393/19.7	313–318/4.8
R 505	373	223	293/5.3	413–438/53.0	398/0.5
	423	223	293–303/4.6	443/36.0	433/3.7

ных звеньев в цепи, но и стереоизомерный состав пропиленовой компоненты.

Микроструктура СКЭПТ представлена в табл. 2 работы [1]. Соотношение этиленовых и пропиленовых звеньев с точностью 2–5% соответствует данным фирмы. Оптические плотности всех полос отнесены к оптической плотности, общей для ПЭ и изотактического ПП полосы 1470 cm^{-1} (полосы ПЭ и изотактического ПП имеют близкие коэффициенты экстинкции [15]). Отнесение полос к последовательностям $[\text{CH}_2]_n$ различной длины следующее: 815, 752, 735 и 722 cm^{-1} для $n = 1, 2, 3$ и ≥ 5 [12]. По системе уравнений, приведенных в работе [12], которые учитывают вклады в поглощение соседних полос (из спектров модельных соединений – атактического ПП, гидрогенизированного натурального каучука и α -нондекана), рассчитаны оптические плотности для близко расположенных полос. Они совпали с экспериментальными значениями, что свидетельствует об отсутствии перекрывания полос в полученных спектрах. С

использованием коэффициентов экстинкции [12] рассчитано количество этиленовых последовательностей различной длины G_n в исследуемых сополимерах (табл. 2 [1]). По полосам 973 и 1155 cm^{-1} оценено содержание G_m пропиленовых последовательностей с длиной $m \geq 4$ и $m < 10$ ($m = 8$) [11].

Из приведенных в табл. 2 [1] данных следует, что с увеличением содержания этилена линейно возрастает количество последовательностей $[\text{CH}_2]_n$ с $n \geq 5$. Микроструктура близких по составу, но различающихся по MMP эластомеров R 580НТ и R 521, неодинаковая. В эластомере R 580НТ больше, чем в R 521, конверсных присоединений пропиленовых мономерных единиц ($n = 2$) и чередующихся звеньев ($n = 3$) [12], но меньше этиленовых последовательностей с $n \geq 5$. При низкой степени изотактичности пропиленовых звеньев в R 580НТ пропиленовых микроблоков длиной $m \geq 4$ и $m < 10$ в 1.6 и 2.7 раза меньше. Таким образом, микроструктура R 580НТ отличается от микроструктуры R 521 значительно меньшей

стереорегулярностью пропиленовых звеньев и более короткими блоками этилена. В связи с этим в сополимере R 580НТ понижено содержание надмолекулярных структур, и, как предположено в работе [1], часть из них образована гетеротактической фазой. По данным гель-анализа, содержание не растворимой в толуоле при комнатной температуре фракции в R 580НТ 10%, а в R 521 – 13%.

R 505 характеризуется самой высокой степенью изотактичности пропиленовых звеньев. По сравнению с R 521 в R 505 возрастает содержание всех последовательностей $[\text{CH}_2]_n$, не меняется количество звеньев пропилена длиной $m \geq 4$ и значительно (в 3.3 раза) уменьшается содержание блоков пропилена с $m < 10$. В работе [1] на этом основании предположили, что должно резко уменьшиться количество и размер пропиленовых последовательностей. Из данных гель-анализа следует, что действительно количество “нерасторимой” фракции невелико (7%). Однако по данным ТМА, при высокой температуре прессования образца (423 К) максимум высокоэластической деформации отвечающий началу интенсивного роста пластической деформации, соответствует температуре плавления изотактического ПП (443 К). Из этого можно заключить, что в R 505 при высокой степени изотактичности пропиленовых звеньев уменьшение содержания звеньев с $m < 10$ произошло за счет увеличения числа более длинных последовательностей.

При высоком содержании этилена в R 512 имеется максимальное количество инверсных присоединений пропиленовых ($n = 2$) и чередующихся звеньев ($n = 3$) и наибольшее число этиленовых последовательностей длиной $n \geq 5$. Содержание пропиленовых звеньев $G_m \geq 4$ и $G_m < 10$ в изотактической конфигурации невелико. Незначительное увеличение количества этиленовых последовательностей с $n \geq 5$ с ростом содержания этилена в сополимере можно объяснить увеличением числа более длинных последовательностей, определение которых методом ИК-спектроскопии невозможно. Подтверждением этого является самое высокое содержание “нерасторимого” геля – 25%. Можно предположить, что в пределах одного способа синтеза в исследуемой области составов существует корреляционная зависимость между содержанием этилена в сополимере и числом длинных метиленовых микроблоков, образующих надмолекулярные структуры.

Особенности эластомерных свойств сополимеров определяются содержанием микрокристаллических доменов, представляющих собой полифункциональные узлы сетки, структурой аморфных областей, длиной цепей между узлами сетки. По данным электронной микроскопии, кристаллическая морфология блочных и даже статистических сополимеров классифицируется как бахромчатомицеллярная [16].

Сополимеры марки Royalen являются статистическими с микроблочным распределением звеньев сомономеров. Они имеют высокую степень изотактичности пропиленовых звеньев (в 1.6–2.4 раза выше, чем в СКЭПТ фирмы DSM) (табл. 1), что обуславливает процесс микрокристаллизации пропиленовых звеньев наряду с этиленовыми последовательностями. Этим объясняется возникновение на температурных зависимостях времени корреляции τ_c вращательной подвижности нитроксильного радикала ТЕМПО изломов – переходов, связанных с плавлением надмолекулярных структур разной природы [1]. По-видимому, размер пропиленовых надмолекулярных структур настолько мал, что методом ДСК их не удается обнаружить. СКЭПТ фирмы DSM (табл. 1) характеризуется низкой степенью изотактичности пропиленовых звеньев, и температурная зависимость τ_c зонда имеет линейный характер независимо от того, линейный полимер или разветвленный.

По данным ЭПР [1], в R 512 устойчивые надмолекулярные структуры образованы в основном этиленовыми звеньями и некоторым количеством пропиленовых звеньев; последние начинают плавиться при 321 К (область разрушения смешанных этиленовых и пропиленовых структур). Гель в СКЭПТ R 512 растворяется в толуоле при 343 К. Низкая температура растворения геля может быть связана со стереоизомерным составом пропиленовой компоненты (температура плавления гетеротактической фазы в ПП составляет 348 К [17]), малым размером изотактических последовательностей и с топологическими особенностями распределения пропиленовых структур среди большого количества этиленовых надмолекулярных образований. Расчет τ_c радикала ТЕМПО в каучуках по аддитивному вкладу пропиленовой и этиленовой компонент аморфной фазы (по значениям τ_c в ПЭНП и изотактическом ПП) дал величины, близкие к экспериментальным [1]. Следовательно, неупорядоченные области сополимеров, об-

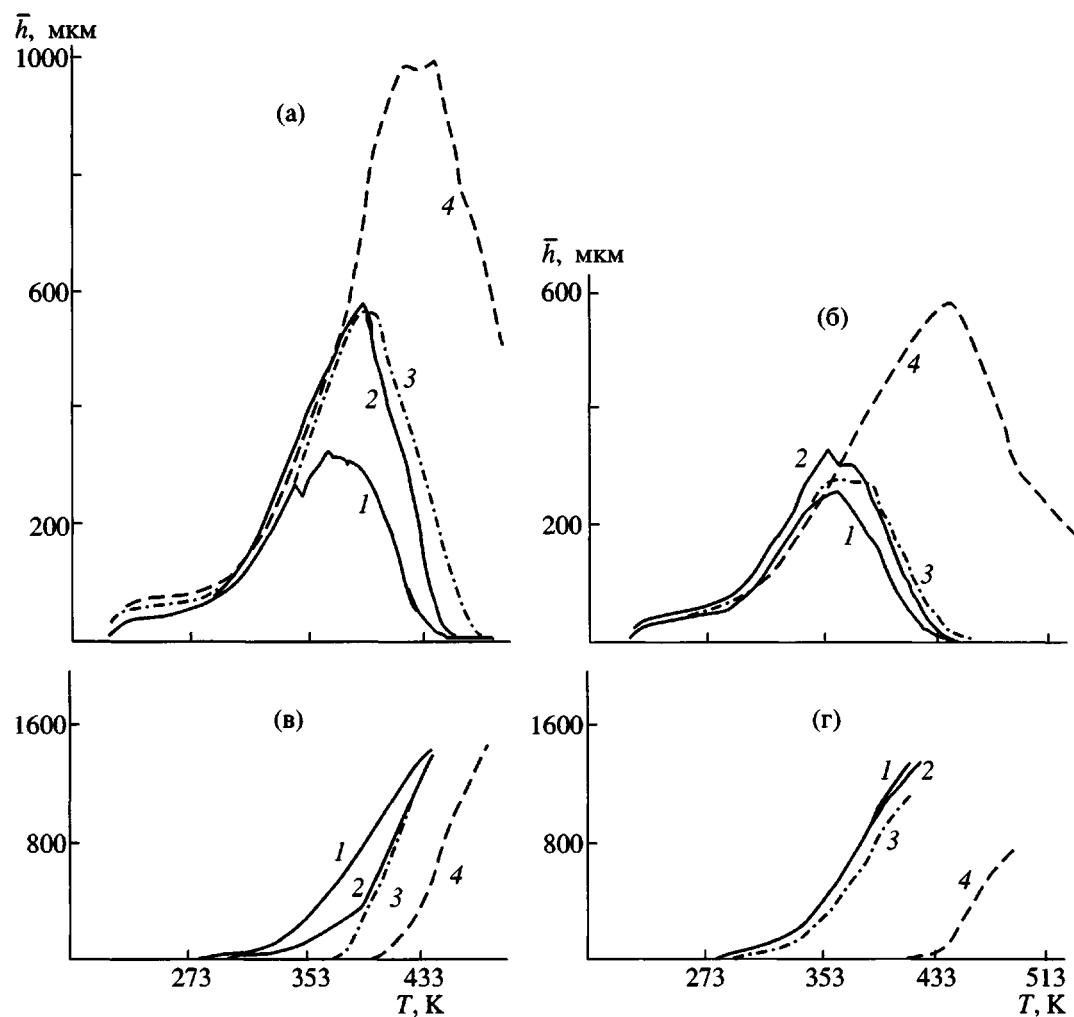


Рис. 1. Термомеханические характеристики (величина абсолютной деформации \bar{h}) СКЭПТ различного состава: 1 – R 512, 2 – R 521, 3 – R 580НТ, 4 – R 505. а, б – обратимая составляющая деформации; в, г – необратимая (пластическая) составляющая деформации. Температура предварительной термообработки 373 К (а, в) и 423 К (б, г).

разованные пропиленовыми звеньями, состоят из участков цепей в изотактической конфигурации.

В R 521 с высоким содержанием пропилена по данным ЭПР [1] при 317 К наблюдается переход, до которого происходит плавление этиленовых микрокристаллитов, а выше начинается плавление пропиленовых надмолекулярных структур. Гель в этом сополимере полностью растворяется в толуоле только при длительном кипячении (383 К). По-видимому, он состоит в основном из микрокристаллических структур, образованных достаточно длинными последовательностями звеньев пропилена в изотактической конфигурации.

В R 580НТ при высоком содержании пропилена надмолекулярные структуры, вероятно, ха-

теризуются различной стереорегулярностью и имеют большой разброс по толщине, что обусловило низкую температуру появления подвижности [1].

Таким образом, приведенные в работе [1] данные позволяют судить о размере и термической стойкости возникших надмолекулярных структур. Эти результаты подтверждаются на макроуровне термомеханическими испытаниями СКЭПТ.

На рис. 1 представлены зависимости термомеханических характеристик СКЭПТ – величины высокоэластической (рис. 1а, 1б) и пластической составляющих полной деформации (рис. 1в, 1г) образцов, прошедших предварительную термическую обработку при 373 (рис. 1а, 1в) и 423 К (рис. 1б, 1г).

В табл. 2 представлены данные по температурным границам начала интенсивного роста обратимой $T_{\text{эл}}$ и пластической $T_{\text{пл}}$ деформации и максимума высокоэластической деформации (или плато высокоэластичности) $T_{\text{эл}}^{\text{макс}}$. В этой же таблице указаны величины относительной деформации, соответствующие этим температурам, с учетом наложения артефактов.

Из рис. 1 и табл. 2 следует, что, как и для разветвленных СКЭПТ фирмы DSM [5–7], с увеличением содержания этилена (R 580НТ, R 521, R 512) величина высокоэластической деформации в максимуме или на плато высокоэластичности уменьшается и снижается $T_{\text{эл}}$, $T_{\text{эл}}^{\text{макс}}$, $T_{\text{пл}}$. Это может быть связано с повышением содержания микрокристаллических доменов [5, 6] (данные гель-анализа), обусловленным микроблочным распределением звеньев сомономеров.

Для сополимеров R 580НТ, R 521, R 512 минимальные значения высокоэластической деформации при переходе к пластическому течению наблюдаются при 443 К – температуре плавления изотактического ПП. Следовательно, узлами трехмерной сетки с максимальной температурой плавления являются микрокристаллиты ПП в изотактической конфигурации.

В R 505 с самой высокой стереорегулярностью пропиленовых звеньев $T_{\text{эл}}^{\text{макс}}$, $T_{\text{пл}}$, $\varepsilon_{\text{эл}}^{\text{макс}}$ и $\varepsilon_{\text{пл}}$ (табл. 2) оказываются наибольшими. Высокую эластичность этого сополимера можно объяснить его особенностями структурообразования и большим содержанием громоздкого диенового звена, который препятствует упорядочиванию структуры и образованию большего количества микрокристаллитов.

Изменения в термомеханических характеристиках СКЭПТ в зависимости от температуры предварительной термообработки (прессования) показаны на рис. 1 и в табл. 2. При увеличении температуры прессования с 373 до 423 К у сополимера с высоким содержанием этилена R 512 изменения относительной деформации и температур переходов незначительны. Большая часть упорядоченных образований в этом СКЭПТ, как было сказано выше, разрушаются при ~343 К, поэтому подъем температуры термообработки с 373 до 423 К не сильно отражается на формирова-

Таблица 3. Величины “быстрой” (a) и “медленной” (b) составляющих обратимой деформации и их соотношение

Марка СКЭПТ	Температура термообработки, К	a , %	b , %	a/b
R 512	373	9.5	11.2	0.85
	423	8.4	8.6	0.98
R 521	373	15.6	20.0	0.78
	423	10.6	11.8	0.90
R 580НТ	373	15.3	16.5	0.93
	423	9.1	10.6	0.86
R 505	373	38.5	14.7	2.60
	423	22.5	13.4	1.68

ния надмолекулярных структур в процессе охлаждения и выдержки при комнатной температуре (1–2 суток).

В отличие от R 512 в СКЭПТ R 521 и R 580НТ произошли существенные изменения: снизились температуры переходов $T_{\text{эл}}^{\text{макс}}$ и $T_{\text{пл}}$, расширилось плато высокоэластичности и на 12–13% уменьшилась относительная величина $\varepsilon_{\text{эл}}^{\text{макс}}$. Следовательно, при повышении температуры термообработки до 423 К произошло более полное разрушение структур, образованных пропиленовыми и этиленовыми звеньями, и в последующем сформировались менее регулярные структуры. При этом в большем количестве возникли микроблоки малого размера из более коротких последовательностей с более низкой температурой плавления. Это подтверждает более раннее (практически одновременное с высокоэластичной) развитие пластической деформации при увеличении температуры термообработки в этих СКЭПТ (рис. 2).

Рост количества упорядоченных структур в СКЭПТ при повышении температуры термообработки подтверждается данными по соотношению “быстрой” (за первые 8 с) и “медленной” составляющей обратимой деформации, характеризующими скорости релаксационных процессов (рис. 3). “Быстрая” компонента включает истинно упругую деформацию. В табл. 3 приведены данные по “быстрой” (a) и “медленной” (b) составляющей обратимой деформации.

В R 512 с ростом температуры термообработки величины “ a ” и “ b ” и соотношение между ними

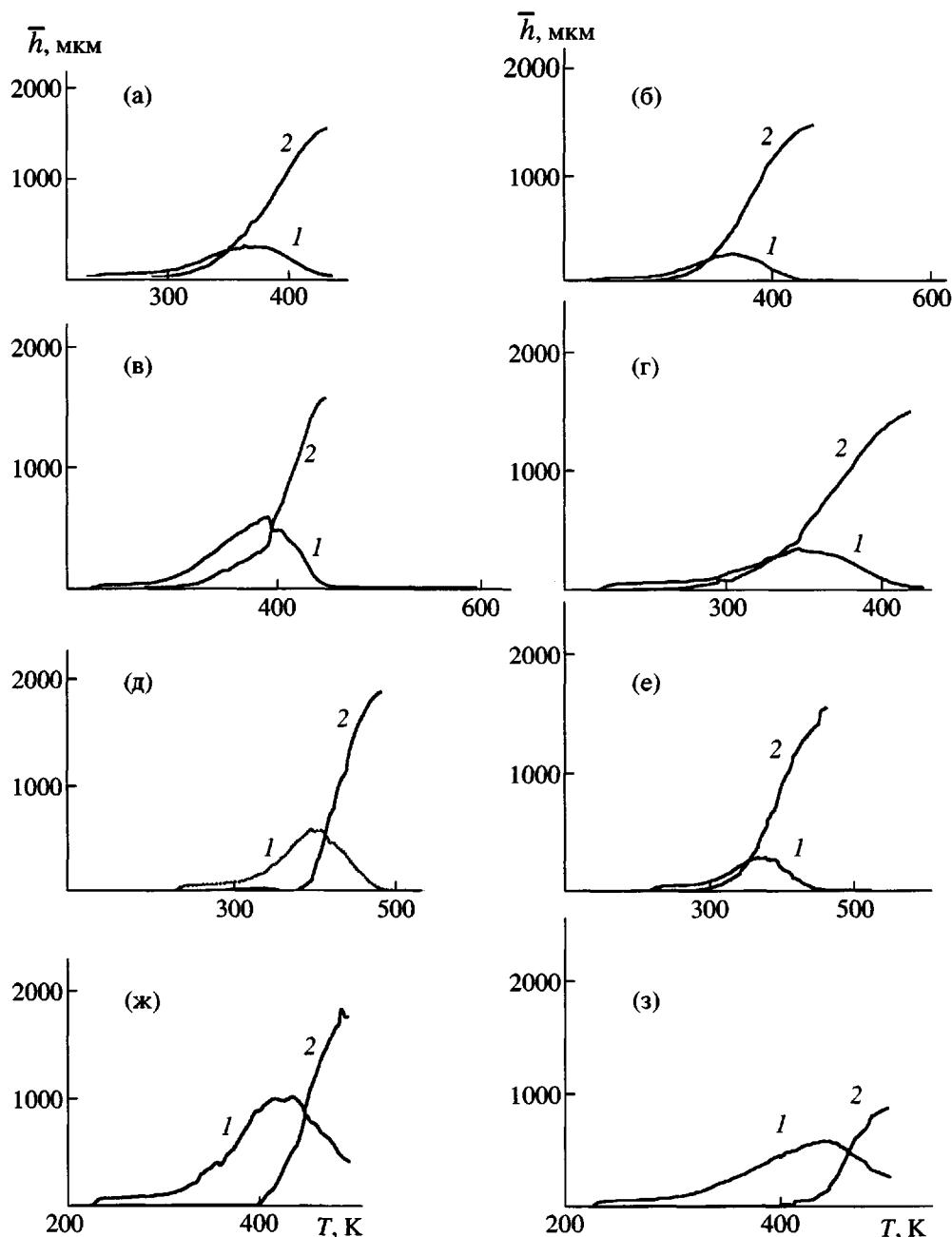


Рис. 2. Температурные зависимости обратимой (1) и необратимой (2) составляющих деформации в R 512 (а, б), R 521 (в, г), R 580НТ (д, е), R 505 (ж, з) при температуре предварительной термообработки 373 К (а, в, д, ж) и 423 К (б, г, е, з).

меняется в сторону увеличения вклада упругой составляющей. В R 521 произошло более существенное уменьшение высокоэластической деформации с заметным ростом вклада “быстрой” составляющей в суммарную обратимую деформацию с 44 до 47%. Это можно объяснить тем, что с увеличением количества упорядоченных струк-

тур размер отрезков цепей в аморфных областях уменьшился, вследствие чего возрос вклад упругой составляющей в деформацию образца. Аналогичные изменения, но в меньшей степени, произошли в образце R 580НТ. В отличие от R 521 для него наблюдается некоторое уменьшение “быстрой” составляющей с повышением температуры

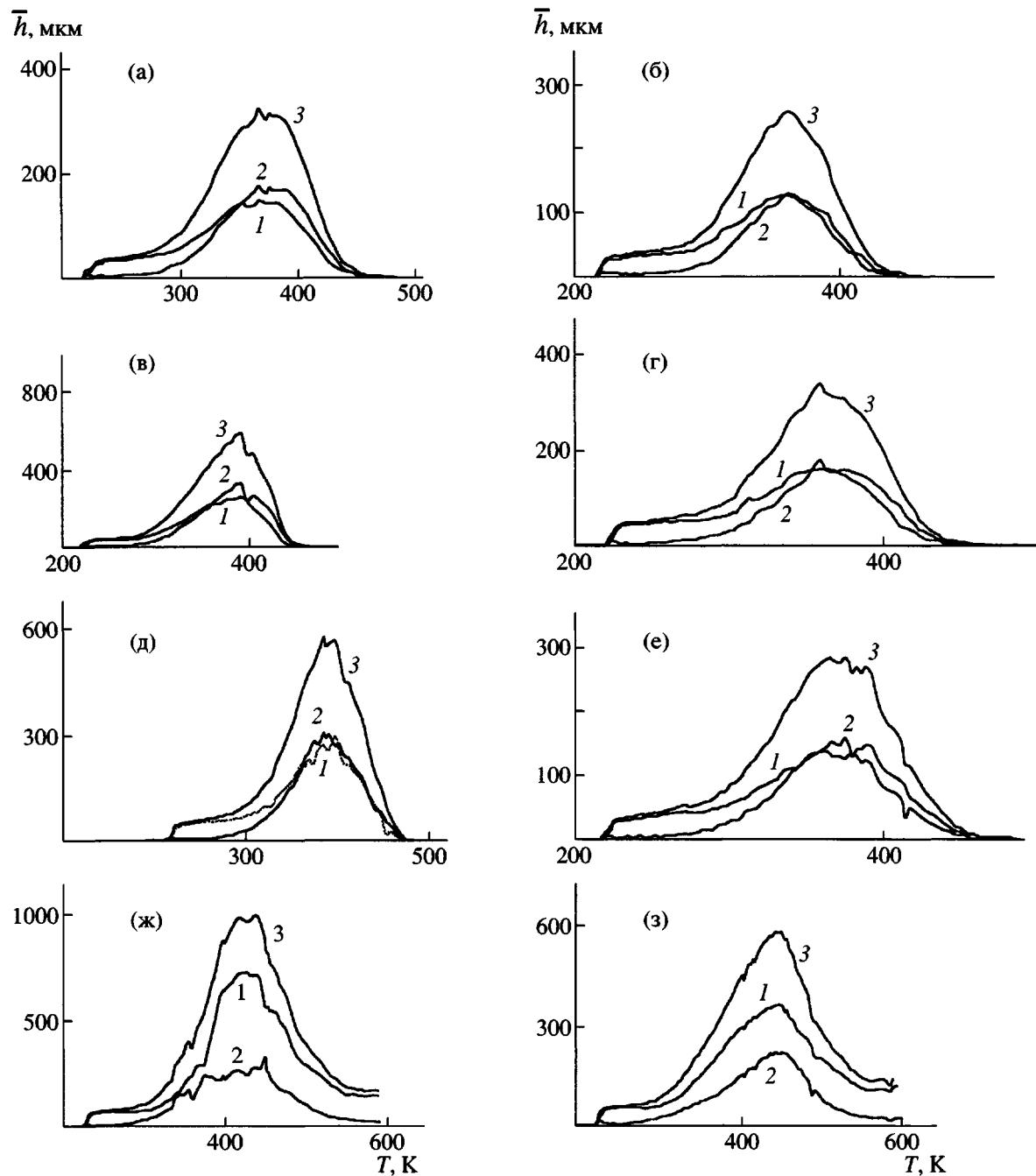


Рис. 3. Температурные зависимости “быстрой” (1), “медленной” (2) и суммарной величины (3) обратимой деформации СКЭПТ R 512 (а, б), R 521 (в, г), R 580НТ (д, е), R 505 (ж, з) при температуре предварительной термообработки 373 К (а, в, д, ж) и 423 К (б, г, е, з).

прессования. Вероятно, при наличии низкомолекулярной фракции происходит обогащение аморфных областей концами цепей.

Для R 505 картина противоположная. Этот со- полимер имеет самую высокую степень изотактичности пропиленовых звеньев, и хотя количество гель-фракции в нем невелико, но состоит

она, по-видимому, в основном из пропиленовых микрокристаллитов с высокой температурой плавления. Вероятно, высокое содержание диеновых звеньев затрудняет формирование надмолекулярных структур. Требуется высокотемпературное воздействие для облегчения формирования микрокристаллитов из наиболее длинных пропиленовых последовательностей в изотакти-

Таблица 4. Характеристики температурных переходов на термомеханических кривых для СКЭПТ фирмы DSM [5]

Марка СКЭПТ	T_c , К	$T_{\text{эл}}$, К/ $h_{\text{эл}}$, мкм	$T_{\text{эл}}^{\text{макс}}$, К/ $h_{\text{эл}}^{\text{макс}}$, мкм	$T_{\text{пл}}$, К/ $h_{\text{пл}}$, мкм
4778	232	313/60	363–423/459	333–373/40–150
778	232	298/75	422/525	383/10
712	221	283/120	455/813	433/20

ческой конфигурации. При этом плато высокоЭластичности вырождается и температура достижения максимальной обратимой деформации повышается до 443 К, а высокоэластическая деформация уменьшается на 17%. Вклад “быстрой” составляющей деформации уменьшается на 40%, а “медленной” меняется незначительно.

В процессе рекристаллизации стереорегулярные пропиленовые звенья вошли в состав надмолекулярных образований. При этом аморфная составляющая обогатилась диеновым сомономером, поскольку общая масса аморфных областей уменьшилась. Наличие диенового сомономера в большой степени способствует нарушению ближнего порядка в расположении цепей, увеличению их свернутости и длины, поэтому уменьшается относительный вклад “быстрой” составляющей обратимой деформации.

Из высокотемпературных переходов, рассчитанных по величине T_c [13], обнаружены следующие: при температуре термообработки 373 К в R 512 – 347 К (T_4), 391 К (T_5), 477 К (T_7) ($\epsilon_{\text{эл}} = 0$); в R 521 – 394 К (T_5) и 438 К (T_6); в R 580НТ – 387 К (T_5); в R 505 – 491 К (T_7); 446 К (T_6). Во всех СКЭПТ имеется переход при 443 К.

Сравнение термомеханических свойств сополимеров разных фирм (“Uniroyal” и DSM [5, 6]) (рис. 1, табл. 4), которые различаются разветвленностью цепей, показывает, что у разветвленных СКЭПТ все характеристики, приведенные в табл. 4, значительно выше, чем у линейных (марки Royalen и марки Keltan-4778). Это связано с разветвленностью цепей, низкой степенью изотактичности пропиленовых звеньев (табл. 1), нарушениями ближнего порядка в расположении цепей, большей их свернутостью и длиной в аморфных областях. Наличие довольно широкого плато высокоэластичности у СКЭПТ 4778 [5, 6] по сравнению с R 512 обусловлено, по-видимому, образованием широкого набора надмолекулярных структур

из этиленовых последовательностей разного размера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ливанова Н.М., Карпова С.Г., Попов А.А. // Высокомолек. соед. А. 2003. Т. 45. № 3. С. 417.
- Бухина М.Ф. Кристаллизация каучуков и резин. М.: Химия, 1973.
- Погорельская В.П., Саголова А.Ф., Галил-Оглы Ф.А., Донцов А.А. // Каучук и резина. 1981. № 6. С. 10.
- Миронюк В.П., Сидорович Е.А., Афанасьев И.Д., Брай-Каррэ Г.В. // Каучук и резина. 1981. № 3. С. 8.
- Шершнев В.А., Юловская В.Д., Лямкина Н.В., Моторнов М.И., Евреинов Ю.В. // Высокомолек. соед. А. 1999. Т. 41. № 3. С. 462.
- Печенова Н.В., Евреинов Ю.В., Летучий М.А., Шершнев В.А., Юловская В.Д., Мирошников Ю.П. // Каучук и резина. 2000. № 5. С. 14.
- Печенова Н.В., Шибряева Л.С., Шершнев В.А., Евреинов Ю.В., Юловская В.Д. // Высокомолек. соед. А. 2001. Т. 43. № 3. С. 478.
- Киссин Ю.В., Цветкова В.И., Чирков Н.М. // Докл. АН СССР. 1963. Т. 152. № 5. С. 1162.
- 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.
- Dechant J., Danz R., Kimmer W., Schmolke R. Ultrarotpektroskopische Untersuchungen an Polymeren. Berlin: Akademie-Verlag, 1972.
- Киссин Ю.В., Цветкова В.И., Чирков Н.М. // Высокомолек. соед. А. 1968. Т. 10. № 5. С. 1092.
- Bucci G., Simonazzi T. // Rubber Chem. and Technol. 1965. V. 38. № 1. P. 334.
- Тейтельбаум Б.Я. Термомеханический анализ полимеров. М.: Наука, 1979.

14. Соколова Л.В., Шершнев В.А. // Каучук и резина. 2000. № 6. С. 22.
15. Ливанова Н.М., Попова Е.С., Леднева О.А., Попов А.А. // Высокомолек. соед. А. 1998. Т. 40. № 1. С. 51.
16. Каргин В.А. Избранные труды. Структура и механические свойства полимеров. М.: Наука, 1979. С. 28.
17. Jones A.T., Aizlewood J.M., Bechett D.R. // Makromol. Chem. 1964. В. 75. № 1. S. 134.

The Structure of Ethylene–Propylene–Diene Monomer Rubbers and Their Thermomechanical Properties

N. M. Livanova*, Yu. V. Evreinov**, A. A. Popov*, and V. A. Shershnev**

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

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

Abstract—The thermomechanical properties of ethylene–propylene–diene monomer (EPDM) rubbers of various compositions and chain microstructures after thermal pretreatment at 373 and 423 K were studied. The thermomechanical characteristics were found to correlate with the specific features of the submicroscopic structure formation in the EPDM terpolymers.